

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RILEVATI**

**Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00**

**GENERALE**

**Relazione Geotecnica**

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

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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	B	R	I	3	5	D	0	0	0	1	B	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Dicembre 2021



Progettazione:

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

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12RBRI35D0001B_01
		Cod. origine:





Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 2 di 115</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	Premessa .....	7
3.2	Geometria del rilevato .....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	9
4.1	Indagini disponibili .....	9
4.2	Inquadramento stratigrafico .....	9
4.3	Livello di falda .....	11
4.4	Condizioni geotecniche del sito .....	12
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento .....	25
4.6	Materiale da rilevato .....	26
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE .....	27
5.1	Sollecitazione sismica di progetto .....	27
5.1.1	Vita Nominale .....	27
5.1.2	Classe d'uso .....	27
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	28
5.1.4	Categorie di Sottosuolo .....	28
5.1.5	Condizioni topografiche .....	28
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento .....	29
5.2	Suscettibilità alla liquefazione .....	29
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT .....	31
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT .....	33
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO .....	43
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite .....	43
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU) .....	44
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE) .....	46
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche .....	46
6.2	Azioni di progetto .....	46
6.2.1	Azioni permanenti .....	47
6.2.2	Azioni variabili .....	47

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 3 di 115</p>

6.2.3	Azione sismica .....	47
6.3	Sezione A.....	48
6.3.1	Verifiche e risultati SLU in condizioni statiche .....	48
6.3.2	Verifiche e risultati SLU in condizioni sismiche .....	50
6.3.3	Verifica e risultati SLE .....	52
6.4	Sezione B.....	60
6.4.1	Verifiche e risultati SLU in condizioni statiche .....	60
6.4.2	Verifiche e risultati SLU in condizioni sismiche .....	60
6.4.3	Verifiche e risultati SLE .....	61
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	65
	Allegati .....	66
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO .....	67
	ALLEGATO 2 - SONDAGGI.....	69
	ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE– ANALISI SLU STATICA .....	78
	ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE– ANALISI SLU SISMICA.....	89
	ALLEGATO 5 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE .....	102
	ALLEGATO 6 - versioni software di calcolo utilizzati .....	115

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 4 di 115



## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI35D, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Il rilevato si estende tra il km 19+150,00 al km 19+531,00.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta. Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa di riferimento per il progetto (v. capitolo seguente) e gli interventi proposti sono volti a garantire la stabilità dei rilevati ed il rispetto dei requisiti prestazionali previsti per le opere in oggetto.

Il documento è così organizzato:

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 5 di 115</p>


## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000002A Relazione Geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [3] IN1710EI2RHGE0000005B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [4] IN1710EI2LZGE0000016B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico da pk 18+000 a pk 22+000
- [5] IN1710EI2P5GE0000005B Planimetrie con classificazione sismica del territorio 5 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000003C Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [7] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

### 2.2 Normativa e standard di riferimento



- [14] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30
- [15] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [16] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [17] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [18] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [19] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [20] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 6 di 115</p>

- [21] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [22] RFI DTC SICS SP IFS 001 B Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI
- [23] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [24] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 Dicembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell’Unione europea)

### 2.3 Bibliografia

- [25] Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), “Influence of confining stress on liquefaction resistance”, Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- [26] Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2004), “Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes”. In: Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake engineering, and 3d International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering. D. Doolin et al., eds., Stallion press, Vol. 1, pp. 32-56.
- [27] Liao, S.C.C. and Whitman, R.V. (1986), “Overburden Correction Factors for SPT in sand”, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 3, 373-377.
- [28] Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). “Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test”. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.
- [29] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [30] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009
- [31] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), “Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential”, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- [32] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [33] Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), “The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445.
- [34] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), “Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833.
- [35] Priebe H.J., “Vibroreplacement to prevent earthquake induced liquefaction”. Ground Engineering, September 1998.
- [36] Idriss I.M. and Boulanger R.W. (2008), “Soil liquefaction during earthquakes”.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 7 di 115</p>

### 3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

#### 3.1 Premessa

Il rilevato ferroviario in esame si estende tra il km 19+150,00 al km 19+531,00 per una lunghezza totale di circa 380 m e con altezze comprese tra 2.5m e 6.4m circa. A partire dalla progressiva d'inizio della WBS e per circa 100m si evidenzia l'interferenza tra il rilevato ferroviario ed un piazzale RFI, realizzato per mezzo di un terrapieno di altezze variabili fino ad un massimo di 5.5m circa, addossato al rilevato della linea, e sostenuto da un muro di sostegno su pali dalla parte opposta. Su tale terrapieno verrà ubicato un fabbricato (FA07). Per maggiori dettagli si rimanda alle sezioni di progetto.

Si precisa che questo documento affronta solamente le verifiche e il dimensionamento del rilevato della linea AV RI 35D. Il dimensionamento e le verifiche del terrapieno, del fabbricato e del muro di sostegno sono oggetto di altri documenti.

#### 3.2 Geometria del rilevato

Il rilevato ferroviario ha un'ampiezza massima di poco superiore a 35m ed altezze variabili da 2.5m a 6.4m circa. Le altezze massime si riscontrano nel tratto iniziale, adiacente al rilevato RI35C. Considerata la geometria del rilevato, l'interferenza con il piazzale (v. capitolo precedente) e le caratteristiche geotecniche riscontrate lungo la WBS, lo studio dell'opera è stato eseguito suddividendo la stessa in due settori.

Il primo settore è compreso tra le pk 19+150 e 19+275 circa e la sezione di riferimento (Sezione 683, pk 19+150) è illustrata nella Figura 1. È denominata Sezione A e caratterizzata dalle altezze massime del rilevato (6.4m circa) e dalla presenza del piazzale RFI. Come discusso nei capitoli che seguono, per garantire la stabilità del rilevato, al piano di posa di quest'ultimo si prevede l'impiego di colonne di ghiaia  $D=800$  mm,  $i=2.8$  m della lunghezza di 5.5 m. Al fine di limitare i cedimenti del fabbricato FA07, e di limitare i cedimenti indotti sul rilevato della linea AV in esercizio, si prevede che interventi di consolidamento simili dovranno estendersi anche al di sotto del piazzale, con medesimo schema e profondità di trattamento ed interasse pari a 2.6m (v capitolo 6.3.3). Tale dimensionamento è comunque da ritenersi preliminare, e dovrà essere confermato in sede di PE del piazzale e del fabbricato.

Il secondo settore è compreso tra le pk 19+275 circa e 19+531; la sezione tipo è costituita da un rilevato di altezza massima pari a 5m, larghezza fino a 29m circa e dotato di scarpate con pendenza 3H:2V. Come illustrato nella Figura 2, non si evidenzia la presenza di opere interferenti e, sulla base dell'esito delle verifiche qui condotte, non risultano necessari interventi migliorativi del terreno di fondazione per garantire la stabilità dell'opera.

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
8 di 115

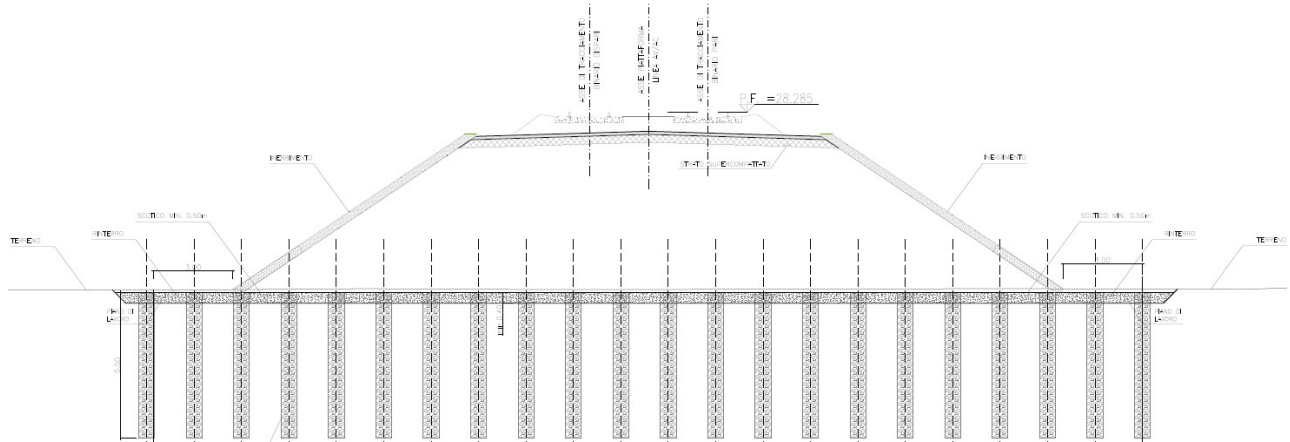


Figura 1 - Sezione di riferimento A (pk 19+150, n. 683) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

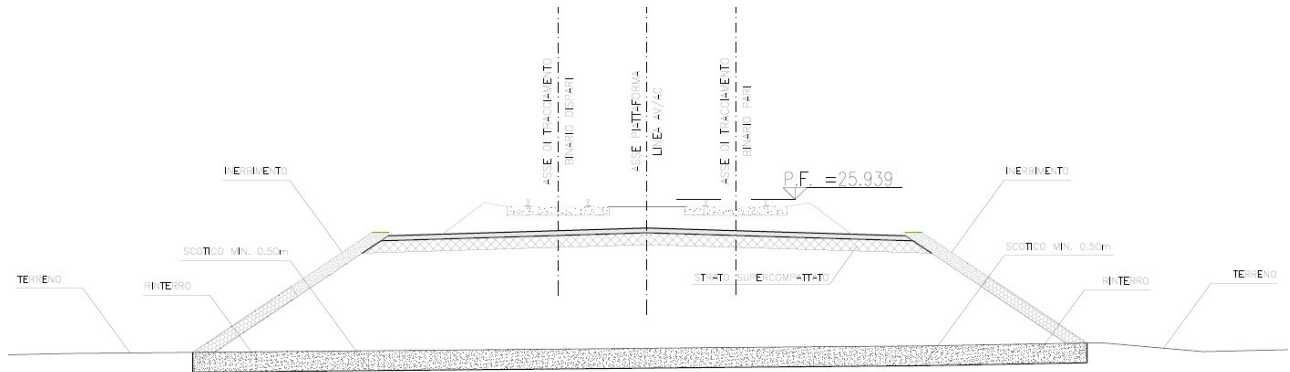



Figura 2 - Sezione di riferimento B (pk 19+275, n. 688) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 9 di 115

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini nella zona in esame è illustrata nella Figura 4, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [4]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [7] - [13]). Il risultato delle indagini è riassunto in ALLEGATO 2.

Le indagini d'interesse per lo studio del rilevato sono elencate in Tabella 1. L'opera, in continuità con i rilevati adiacenti, è stata esaminata tenendo conto delle proprietà meccaniche dei terreni caratterizzanti i rilevati RI35C e RI36C.

Nel seguente paragrafo si descrive l'esito della caratterizzazione geotecnica, eseguita sulla base dei risultati delle indagini nell'area di interesse e delle evidenze riscontrate lungo tutta la linea e discusse in dettaglio nella Relazione Geotecnica Generale (Doc. Rif. [2]), cui si rimanda per una trattazione completa dei criteri utilizzati per la stima dei parametri geotecnici.



*Tabella 1 - Indagini dal km 18+812,65 al km 19+150,00*

<b>Progressiva pk</b>	<b>ID indagini -</b>	<b>Campagna anno</b>
18+940	BH6V+CH2V	2015
19+060	CPTU10V e CPTU10Vbis	2015
19+060	CPTU-PE-21	2015
19+070	CPTU11V	2015
19+142	MASW-PE-08	2020-2021
19+360	BH7V	2015
19+510	CPTU12V	2015
19+820	BH8V	2015

### 4.2 Inquadramento stratigrafico

Dal punto di vista stratigrafico, l'area del rilevato è interessata dalla presenza di una coltre superficiale di spessore variabile tra 4m e 5.5m di terreni recenti, olocenici, di natura prevalentemente argillosa-limosa (Unità 3b). Nella porzione più occidentale (Sezione A, v. capitolo 3), i depositi coesivi superficiali sono intercalati da strati sabbiosi di modesto spessore (Unità 3a/b).

Al di sotto di questa unità di depositi recenti, si riscontra uno strato di ghiaie ben addensate (Unità 6) fino a una profondità di circa 18 m ed un substrato sabbioso (Unità 4) che si estende fino alla massima profondità indagata. All'interno di quest'ultimo, a profondità di circa 25m pc le prove penetrometriche ed i sondaggi hanno evidenziato la

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 10 di 115</p>

presenza di uno strato di argille consistenti (Unità 2), di spessore compreso tra 2m e 3m.

Dall'inquadramento stratigrafico appena descritto, si evince che le eventuali problematiche di stabilità o legate al soddisfacimento dei requisiti prestazionali del rilevato dipendano in larga misura dalle caratteristiche della coltre superficiale (Unità 3b e 3a), per la quale si è provveduto ad eseguire una caratterizzazione di dettaglio.

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico con l'individuazione del tratto di pertinenza di RI35D, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 5 di 11 (Doc. Rif. [4]).

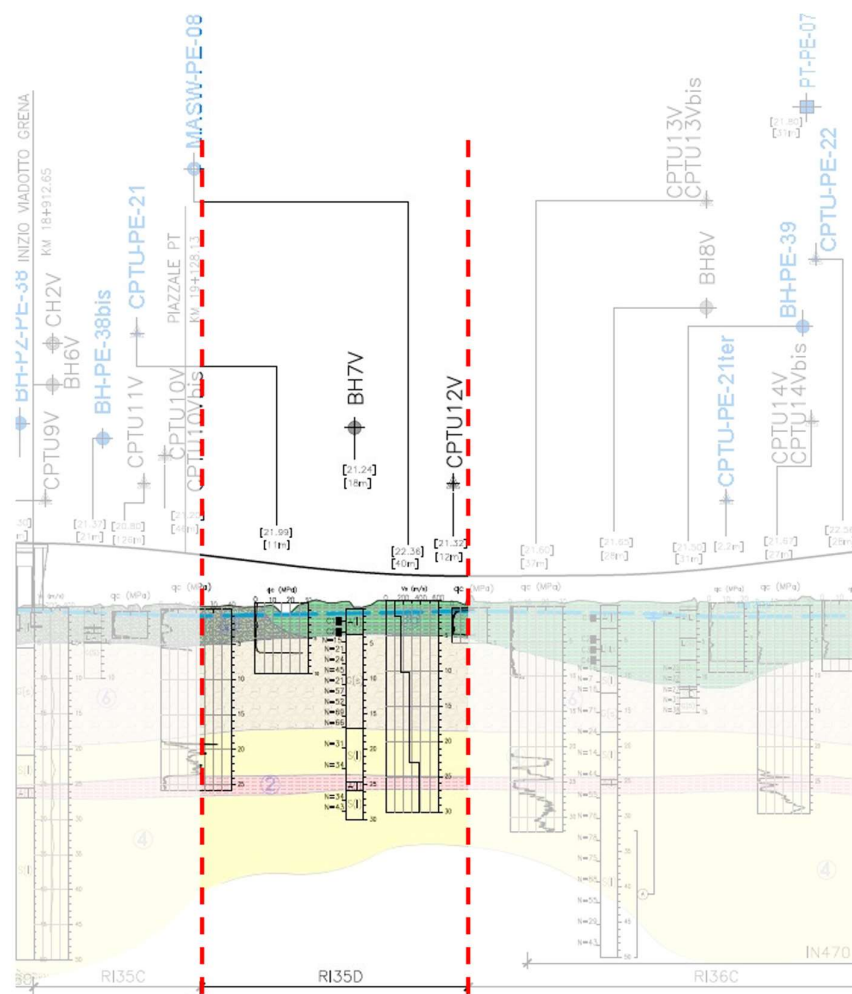




Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI35D, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [4])



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 12 di 115

#### 4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come definito dalla sezione stratigrafica, il tratto in oggetto è caratterizzato da una copertura superficiale di prevalenti limi argillosi (Unità 3b) per uno spessore di circa 4-5.5 m.

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

Le figure da Figura 5 a Figura 8 illustrano i risultati delle prove di laboratorio sui campioni della copertura superficiali, dalle quali si osserva che:

- Si tratta di limi con argilla/argillosi, da sabbiosi a debolmente sabbiosi,
- Sono costituiti da materiali a plasticità medio alta, con valori del LL nel campo 40-75, e valori di IP nel range 20-50. Si tratta pertanto di limi inorganici di plasticità da media ad alta.
- I contenuti d'acqua sono più vicini al LP rispetto all'LL, ad indicazione comunque di una relativamente buona consistenza del materiale, come risulta dal grafico della Figura 6

Per quanto riguarda la resistenza al taglio non drenata e la tensione di preconsolidazione di questi materiali, la Figura 9 e la Figura 10 riportano i dati ricavati dall'interpretazione delle prove CPTU, e dai dati di laboratorio.

Sulla base di tali dati si osserva quanto segue:



- Vi è una sottile crosta essiccata di 1-2 m di spessore, attribuibile ad oscillazioni del livello di falda, con valori dell'ordine dei 50-80 kPa,
- I valori decrescono poi con la profondità, ed oscillano nel campo 35-45 kPa.
- I valori di tensione di preconsolidazione, sia da prove CPTU che EDO, presentano andamenti congruenti con la resistenza al taglio misurata. lo stesso andamento.
- Vi sono comunque presenti orizzonti sabbiosi che portano ad un incremento localizzato di resistenza al taglio, in particolar modo nelle prove posizionate più ad Ovest (CPTU 9 e 10V).

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

$$RR = 0.2, CR = 0.18$$

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

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende fino anche 20 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 20% e si registrano valori di  $N_{SPT}$  mediamente pari a 40 colpi/30cm con valori anche di 60 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta pari al 40-50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato. Sotto lo strato di ghiaie si individua incontra un deposito di sabbia limosa mediamente addensata (Unità 4), a partire dalla profondità di 20 m pc fino alla quota di fine sondaggi. In questo deposito le percentuali di materiale fino sono

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 13 di 115</p>

inferiori al 10%, i valori medi di  $N_{SPT}$  sono pari a 20-30 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 60%.

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

Il profilo di  $V_s$  derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. Figura 14), basata sui risultati delle prove DH, MASW e infine SPT, conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Fino a 20 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di  $V_s$  pari a 320-350 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono pari a 370 m/s. Sulla base dei valori di  $V_s$  si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni ( $G_0$ ). Per le ghiaie si considera un valore di 250 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori pari a 320 MPa.

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

Le seguenti figure riportano i risultati delle principali prove di sito e dei parametri geotecnici dei terreni sottostanti la coltre superficiale, interpretati alla luce di quanto riferito in [2].

- Valori  $N_{SPT}$  da prove SPT (v. Figura 11);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 12);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 13);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 14);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 15).

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
14 di 115

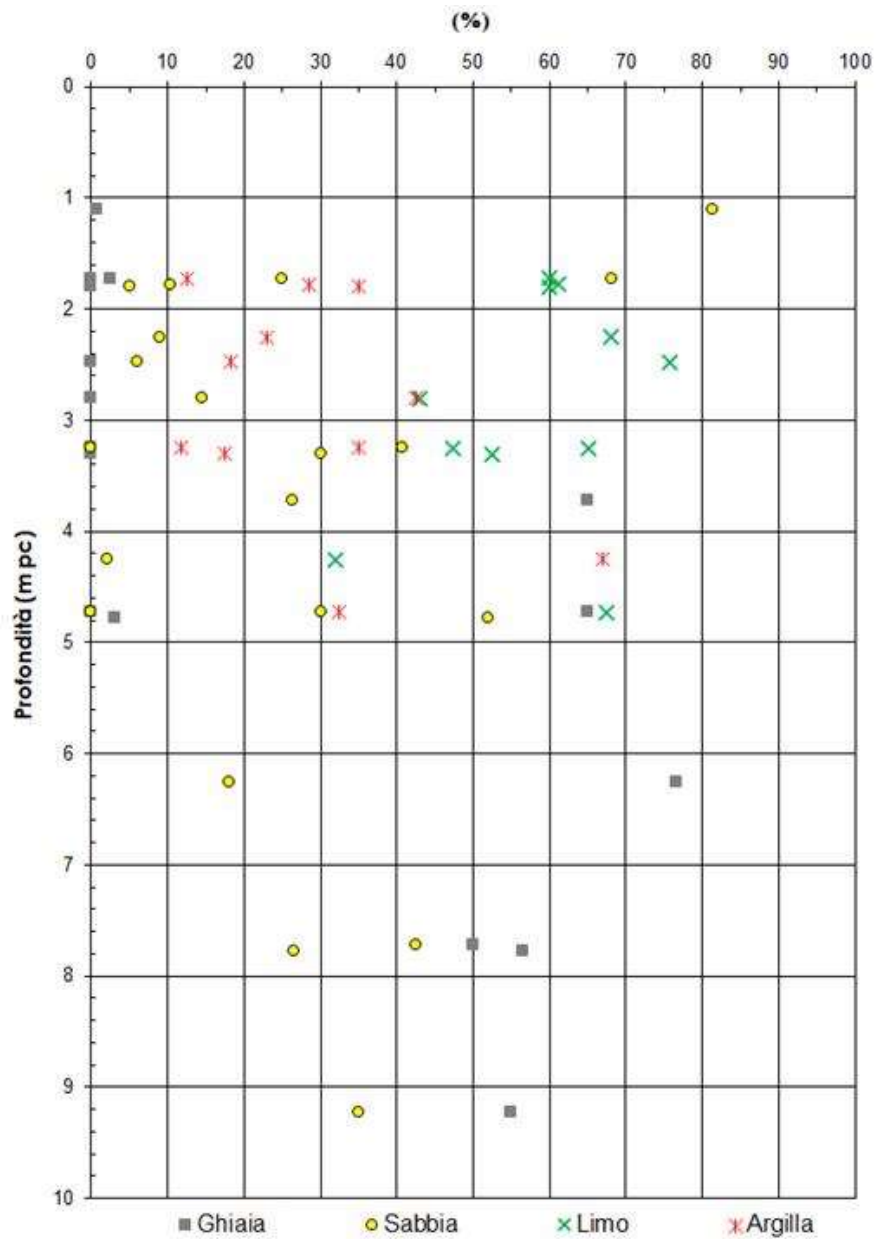


Figura 5 – Determinazioni granulometriche delle coperture superficiali, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
15 di 115

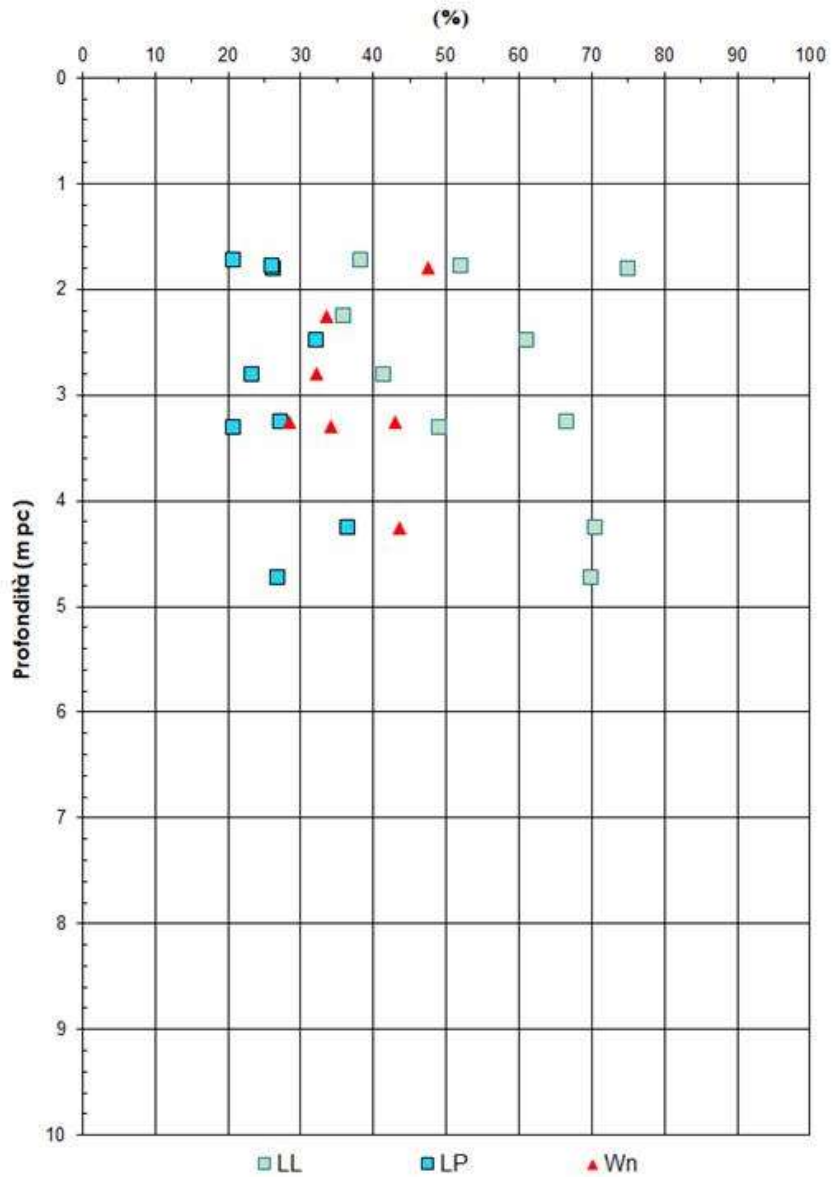


Figura 6 – LL, LP e contenuti d'acqua naturali delle coperture superficiali, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

16 di 115

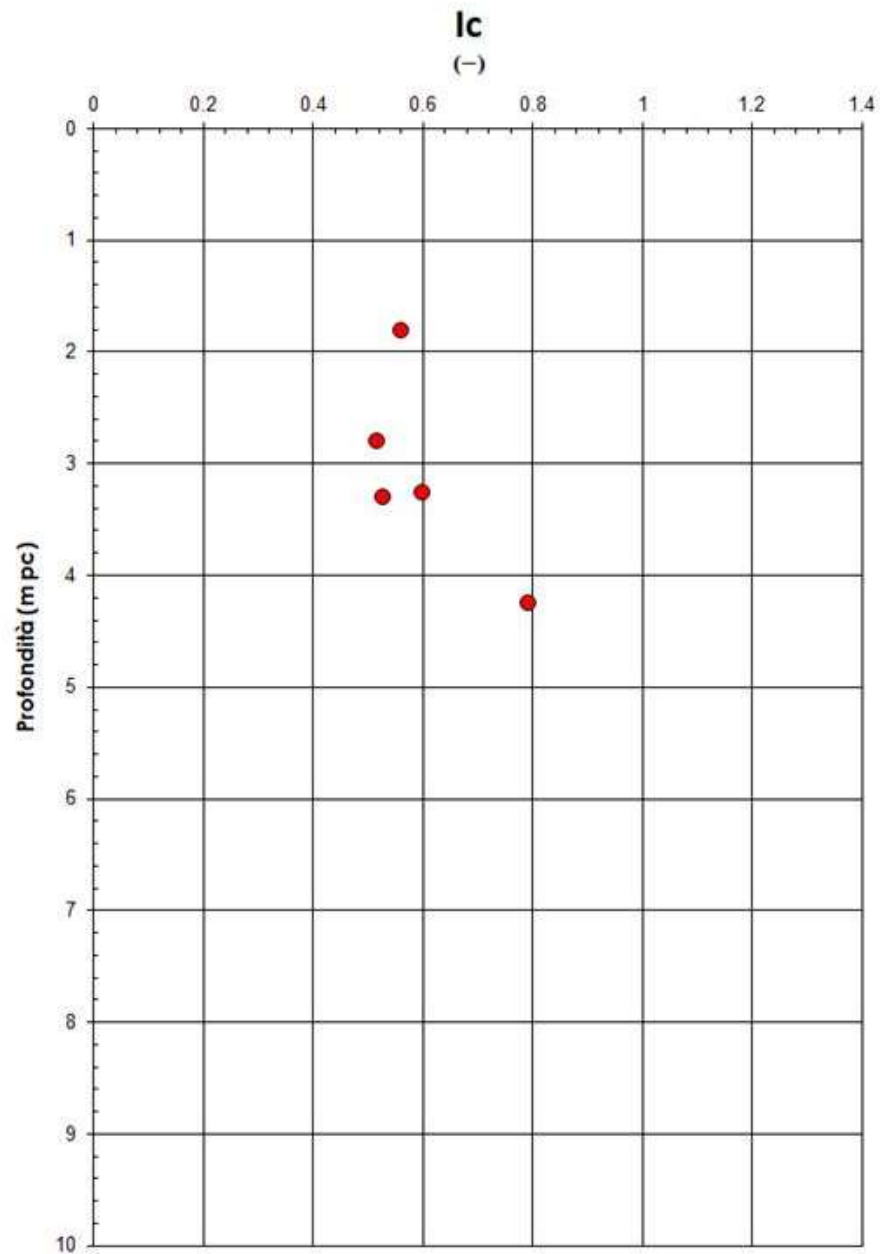


Figura 7 – Indice di consistenza  $lc$  delle coperture superficiali, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
 Relazione Geotecnica

Progetto  
 IN17

Lotto  
 12

Codifica  
 EI2RBRI35D0001B

Foglio  
 17 di 115

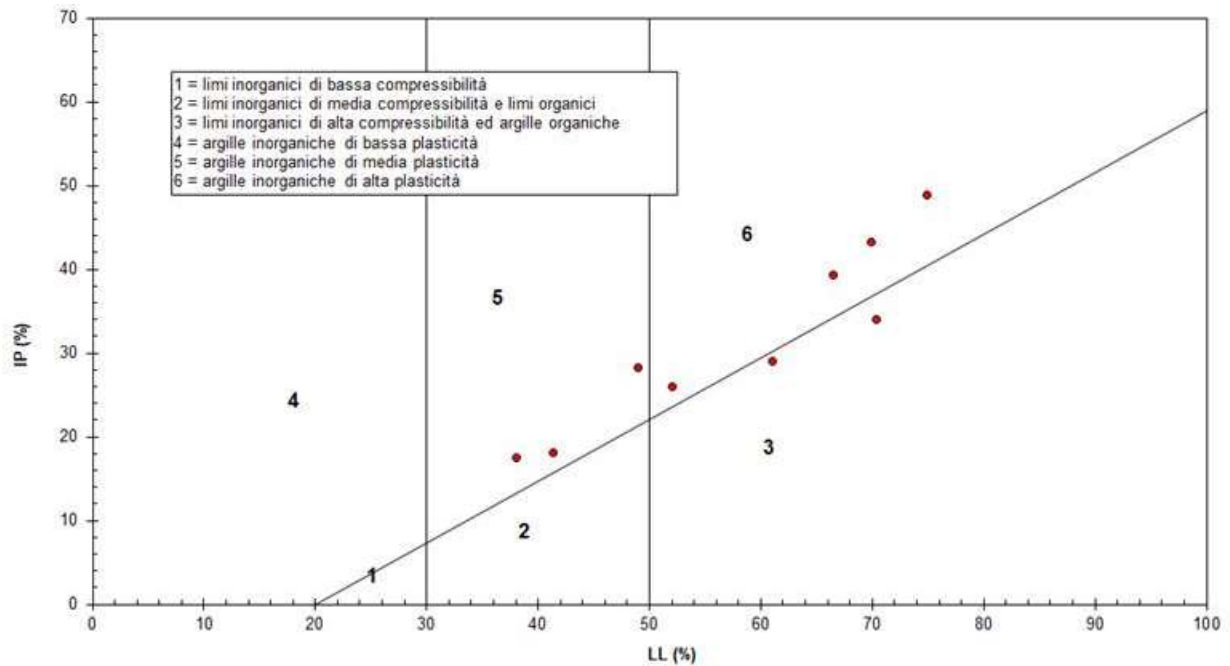


Figura 8 – Carta di plasticità di Casagrande delle coperture superficiali, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

Resistenza al taglio non drenata  $c_u$  (kPa)

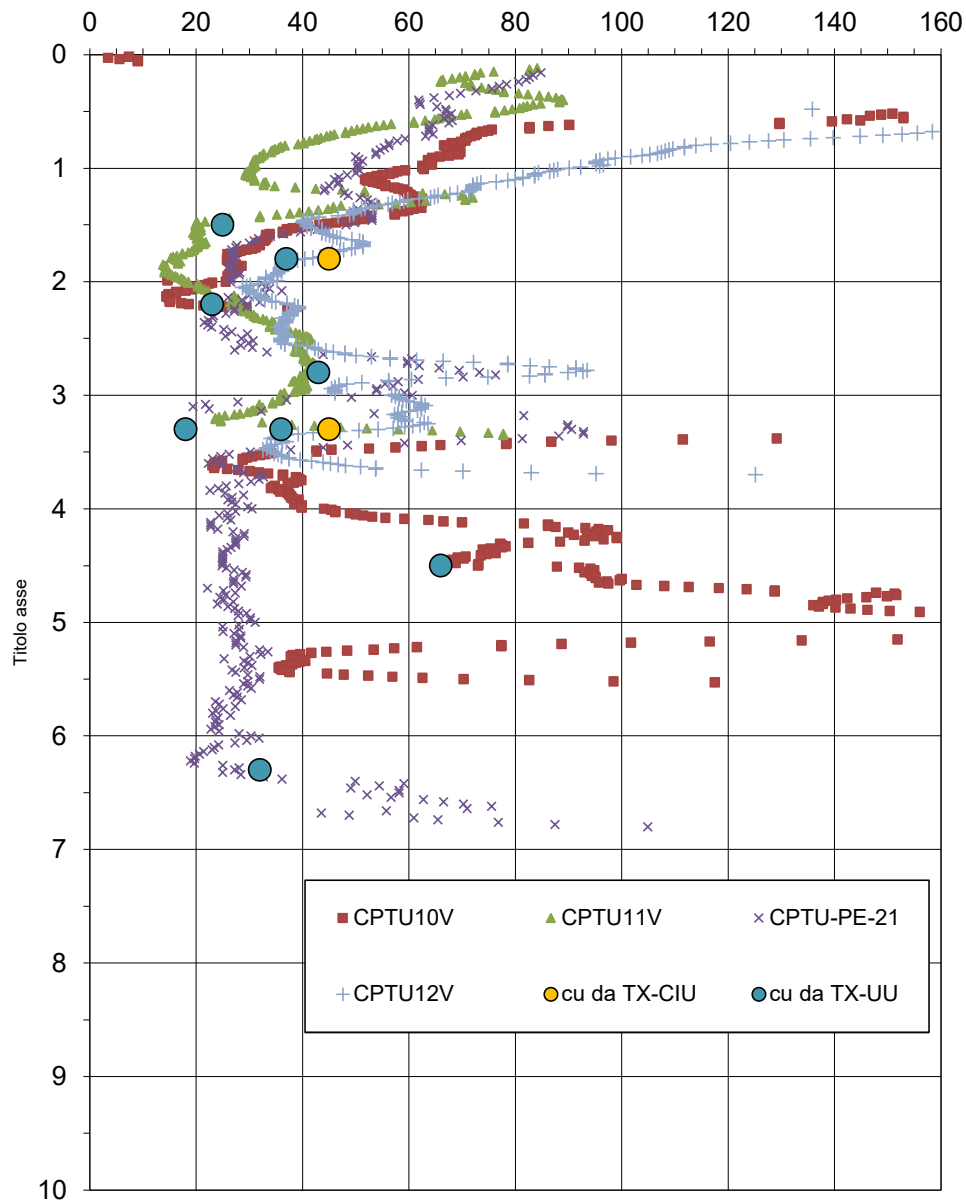


Figura 9 – Valori di  $c_u$  da prove CPTU e di laboratorio, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

Tensione di preconsolidazione (kPa)

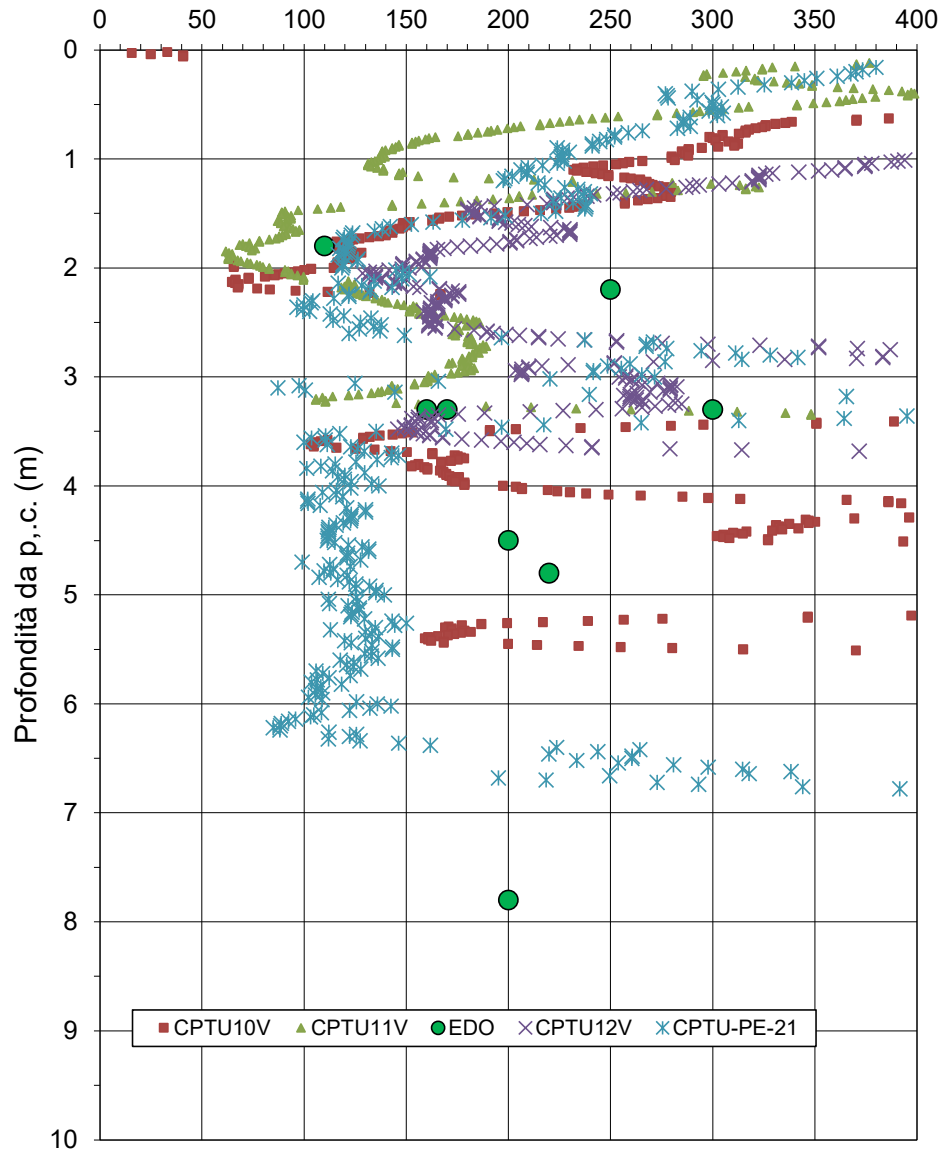


Figura 10 – Valori di tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da edometri, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

**AV/AC VERONA VICENZA**

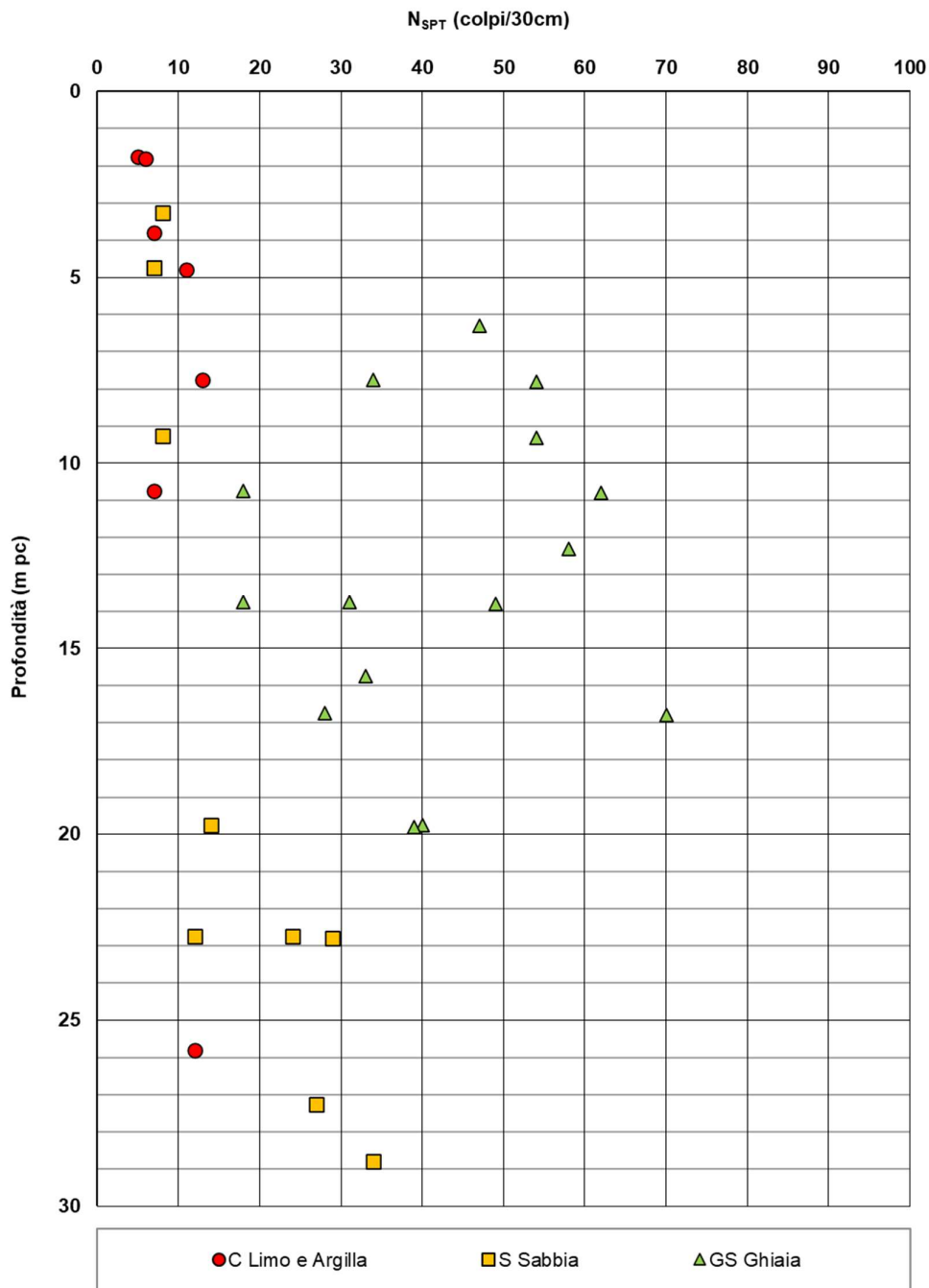


Figura 11 – Esito delle prove SPT, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

**AV/AC VERONA VICENZA**

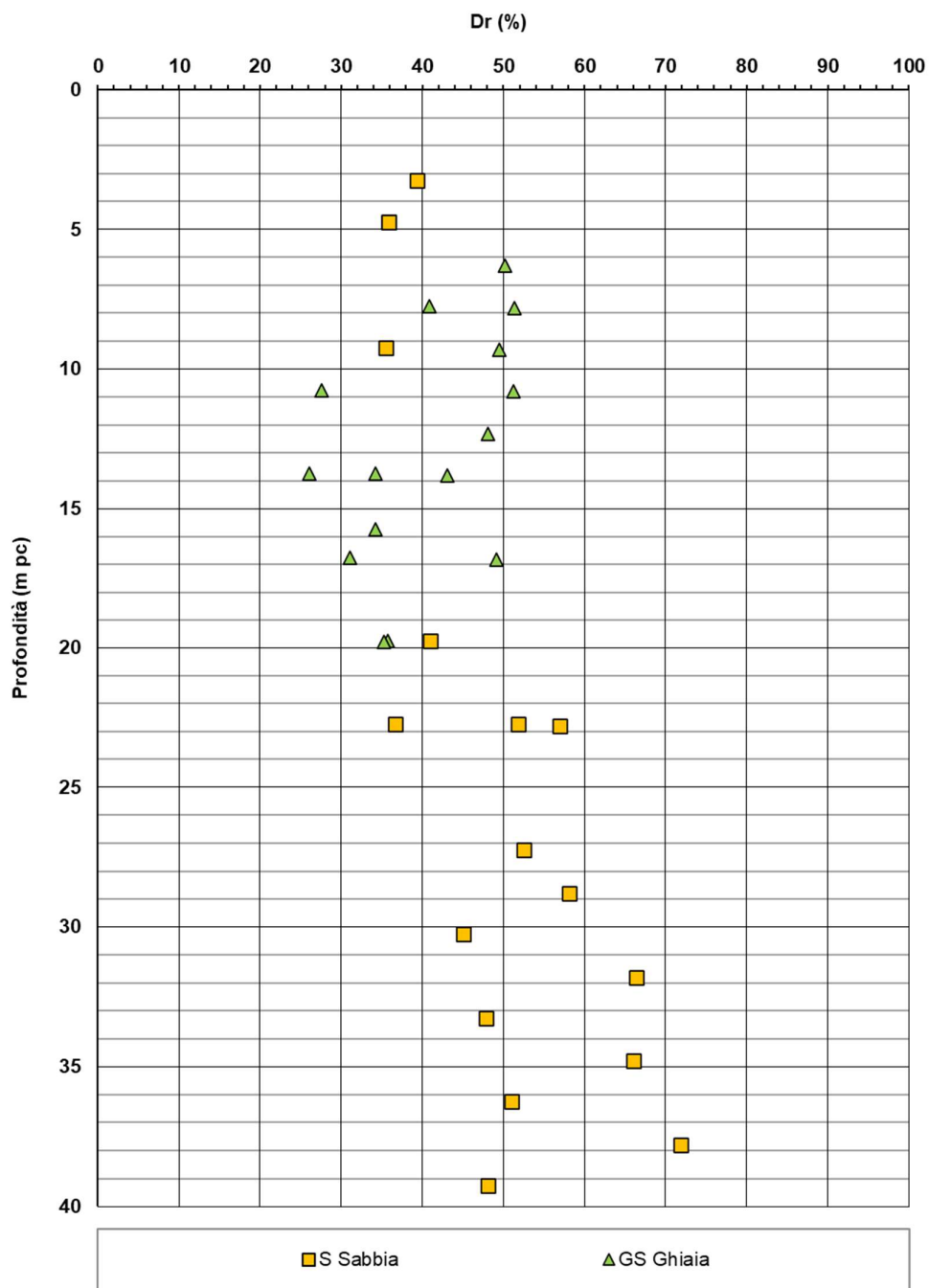


Figura 12 – Densità relativa da prove SPT, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
22 di 115

**AV/AC VERONA VICENZA**

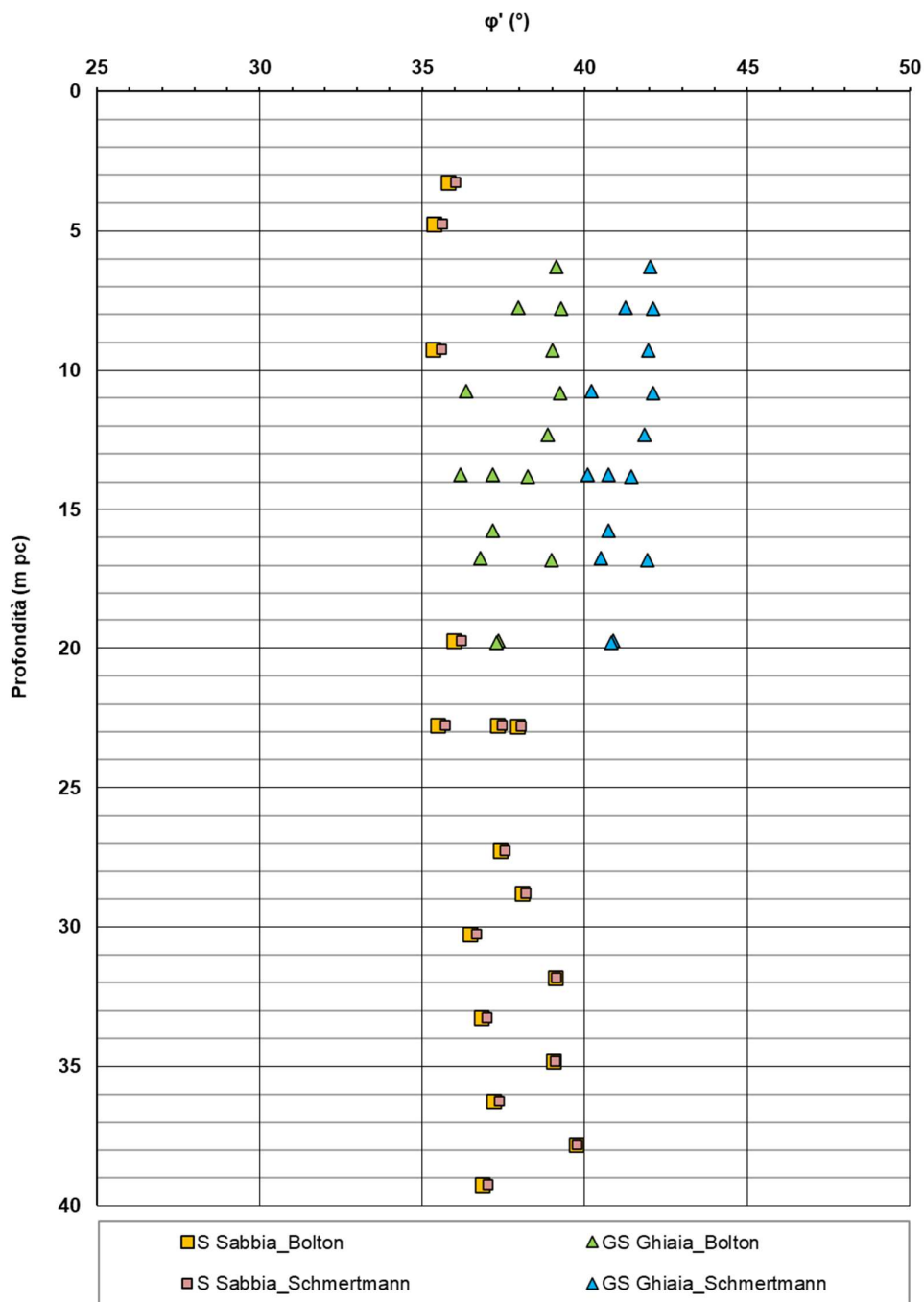


Figura 13 – Angoli di attrito da prove SPT, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

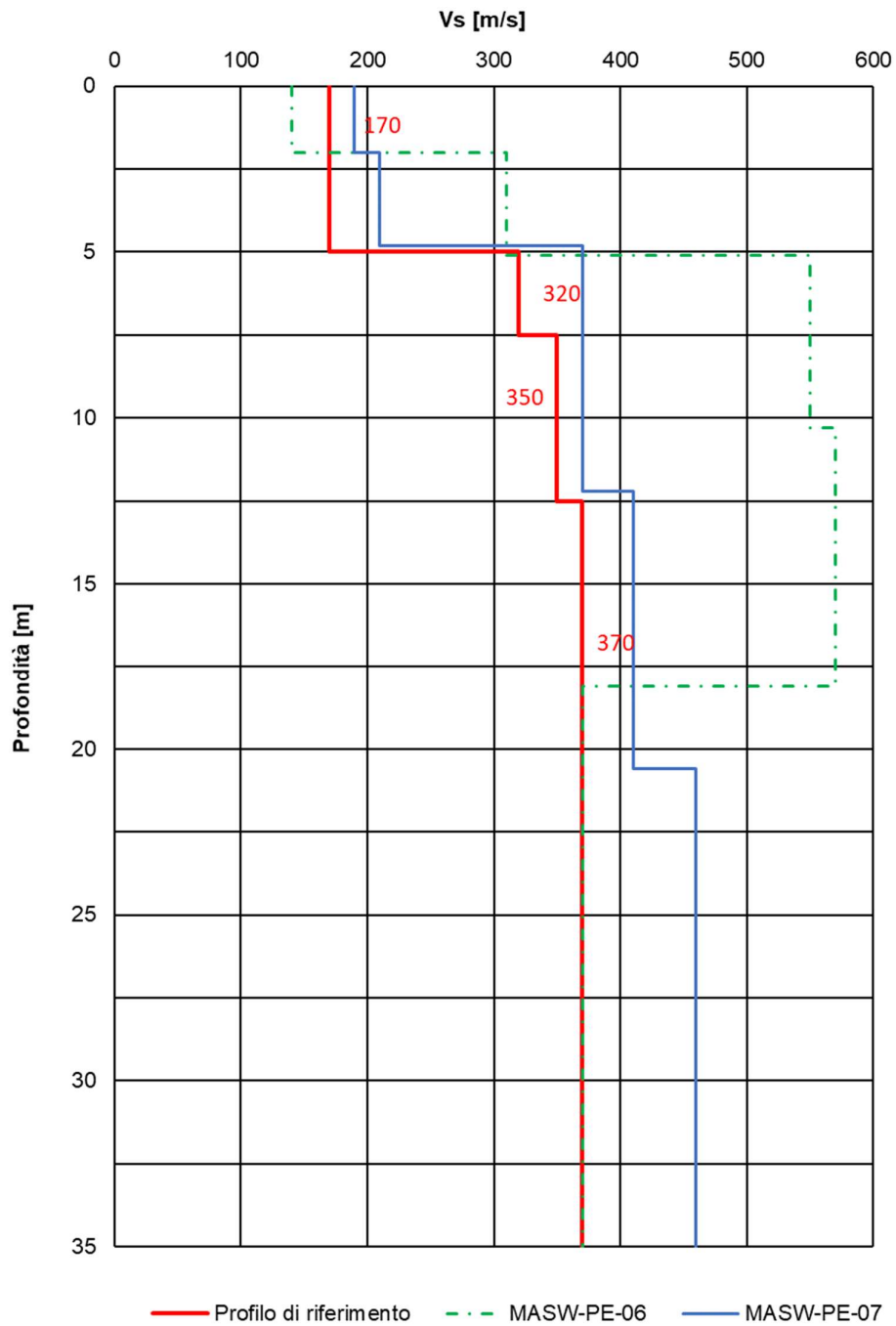


Figura 14 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW, valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
24 di 115

**AV/AC VERONA VICENZA**

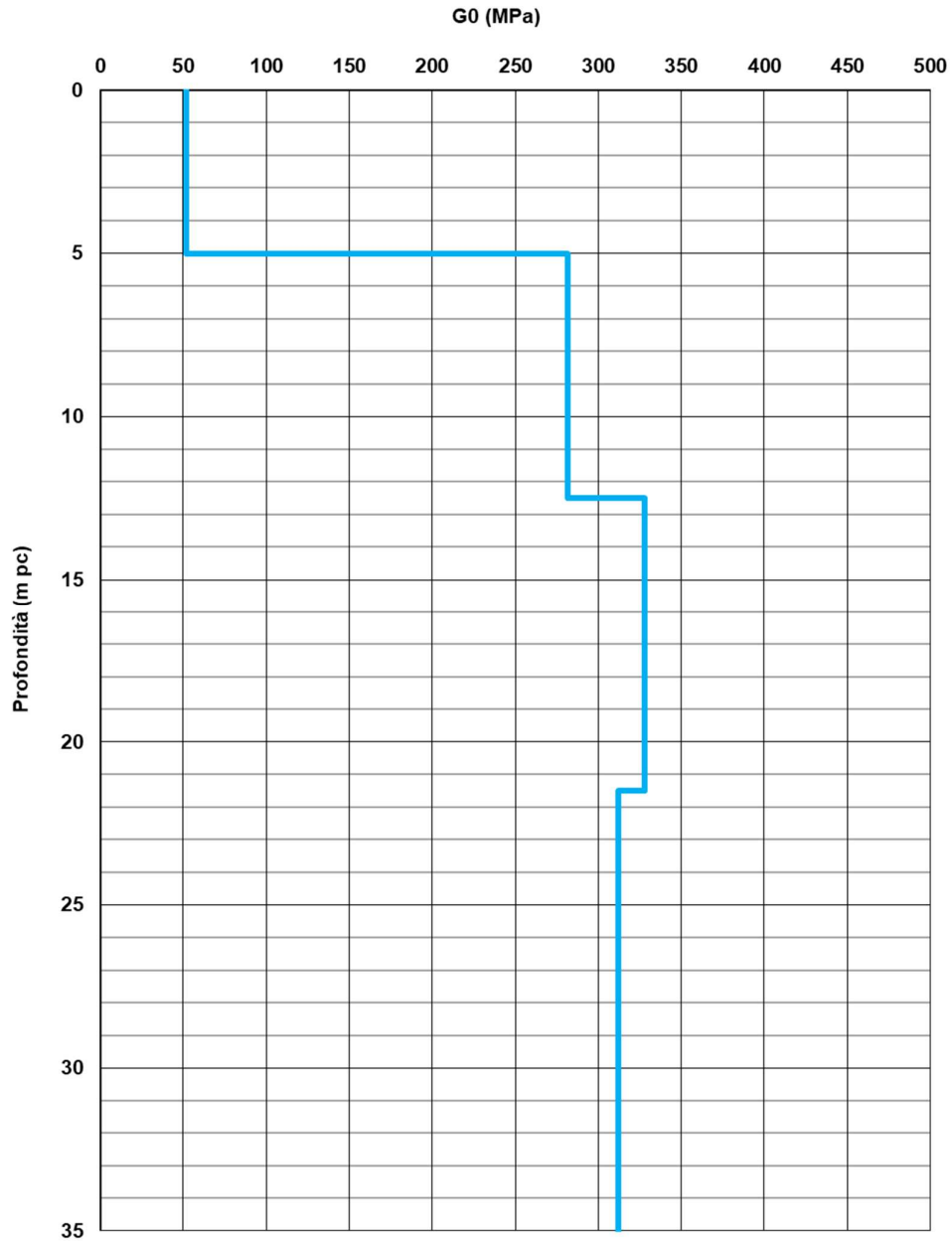




Figura 15 – Modulo di taglio  $G_0$ , valida per le pk 19+150,00 a pk 19+531,00



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 25 di 115

#### 4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto esposto al punto precedente, si riportano di seguito i modelli geotecnici assunti per lo studio delle sezioni di calcolo Sezione A e Sezione B, descritte nei capitoli precedenti.



Tabella 2 – Sezione A: modello geotecnico di riferimento da pk 19+150 a pk 19+275

Unità	da m pc*	a m pc*	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi_k$ °	$c_{u,k}$ kPa	$\sigma'_p$ kPa	RR -	CR -	$k_v$ (m/s)	$G_0$ MPa	$E'_{op}$ MPa
3b	0.5	1	18	-	60	250	0.025	0.18	$3 \times 10^{-9}$	-	6(9.5)**
3b	1	2	18	-	50	250	0.025	0.20	$3 \times 10^{-9}$	-	6(9.5)**
3b	2	3.5	18	-	40	170	0.025	0.20	$3 \times 10^{-9}$	-	4.5(98.1)**
3a	3.5	4.5	18	34	-	-	-	-	-	-	20(22.6)**
3b	4.5	5.5	18	-	35	170	0.025	0.20	$3 \times 10^{-9}$	-	6(9.5)**
6	5.5	12	19	39	-	-	-	-	-	200	90
6	12	20	19	39	-	-	-	-	-	250	100
2	20	22	19	-	120	-	-	-	-	-	25
4	22	30	19	38	-	-	-	-	-	350	100
4	30	-	19	38	-	-	-	-	-	350	200

\* quota piano campagna = 21.6 m s.l.m.

\*\* i valori tra parentesi sono da assumersi nel caso di adozione di colonne di ghiaia  $\Phi 800$  lunghe 5.5m e disposte con uno schema a maglia quadrata ed interasse di 2.8m. Tali valori si riferiscono a strati omogenei equivalenti caratterizzati da rigidezze calcolate per mezzo di medie pesate sulle superfici occupate dai terreni naturali e dalle colonne di ghiaia (aventi  $E' = 60\text{MPa}$ ).

Per il materiale granulare delle colonne, si prescrive un angolo di resistenza al taglio  $\geq 43^\circ$ .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 26 di 115

*Tabella 3 – Sezione B: modello geotecnico di riferimento da pk 19+275 a pk 19+531*

Unità	da m pc*	a m pc*	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi_k$ °	$c_{u,k}$ kPa	$\sigma'_p$ kPa	RR -	CR -	$k_v$ m/s	$G_0$ MPa	$E'_{op}$ MPa
3b	0.5	1	18	-	60	250	0.025	0.18	$3 \times 10^{-9}$	-	6
3b	1	2	18	-	50	250	0.025	0.20	$3 \times 10^{-9}$	-	6
3b	2	3.5	18	-	40	170	0.025	0.20	$3 \times 10^{-9}$	-	4.5
3b	3.5	4.5	18	-	35	170	0.025	0.20	$3 \times 10^{-9}$	-	6
6	5.5	12	19	39	-	-	-	-	-	200	90
6	12	20	19	39	-	-	-	-	-	250	100
2	20	22	19	-	120	-	-	-	-	-	25
4	22	30	19	38	-	-	-	-	-	350	100
4	30	-	19	38	-	-	-	-	-	350	200

\* quota piano campagna = 21.6 m s.l.m.



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

#### 4.6 Materiale da rilevato

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

*Tabella 4 - Caratteristiche materiale da rilevato*

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 27 di 115

## 5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

### 5.1 Sollecitazione sismica di progetto

#### 5.1.1 Vita Nominale

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

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

Tabella 5 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

<i>Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM 14.01.2008 a velocità convenzionale (<math>V &lt; 250</math> km/h)</i>	$V_N = 50$ anni
<i>Altre opere nuove a velocità <math>V &lt; 250</math> km/h</i>	$V_N = 75$ anni
<i>Altre opere nuove a velocità <math>V \geq 250</math> km/h</i>	$V_N = 100$ anni
<i>Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m</i>	$V_N \geq 100$ anni

#### 5.1.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso III (Tabella §2.5.1.1.2.1 di RFI DTC SI PS MA IFS 001 B):

- I *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*
- II *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*
- III *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- IV *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

Il coefficiente d'uso è pari a 1.50, coerentemente a quanto indicato nella Tab. 2.4.II delle NTC.


GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 28 di 115

Tabella 6 – Valori del coefficiente di uso  $C_u$

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente d'uso	0.7	1.0	1.5	2.0

### 5.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento  $V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 1.5 = 150$  anni.

### 5.1.4 Categorie di Sottosuolo


Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. Come discusso nella Relazione sulla modellazione sismica (Doc. rif. [3]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [5]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

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

### 5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 29 di 115</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)	0.218
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.382
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
$a_{max}$ (g) ( $a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ )	0.301

## 5.2 Suscettibilità alla liquefazione

Lo studio della suscettibilità alla liquefazione dei terreni identificati nell'area di realizzazione del rilevato è stato eseguito nel rispetto della normativa vigente (Doc. rif. [14]). Le analisi di liquefazione sono descritte in dettaglio nelle Relazioni sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [3]), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.



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

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

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

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [3] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni esposte in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.0.

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 30 di 115</p>

(CRR) così definiti:

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

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

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

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

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  $M=7.5$ .

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 31 di 115</p>

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per  $M = 6.0 - MSF = 2$ .

Il rapporto di resistenza ciclica CRR è stato valutato mediante relazioni empiriche che correlano la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT o CPT.

### 5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

Per la stima del CRR sulla base di prove in-situ o di laboratorio sono disponibili diverse procedure. La procedura basata sui risultati di prove CPT è piuttosto ben consolidata e diffusa e viene qui utilizzata ai fini di una analisi del potenziale di liquefazione, considerando i dati di prove in sito disponibili allo stato attuale delle conoscenze.

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 16: 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 16, la resistenza alla punta  $q_c$  è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ( $p_a = 100 \text{ kPa}$ ) e corretta ( $q_{c1N}$ ) mediante la seguente relazione:

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

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

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



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

dove:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 32 di 115

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):

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

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

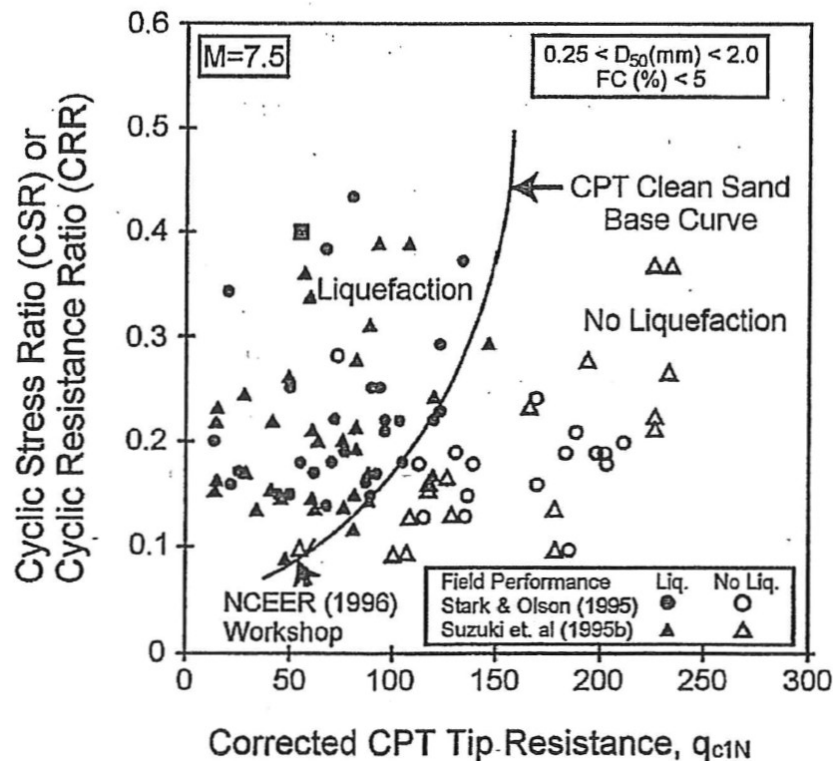




Figura 16 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta  $q_{c1N}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 33 di 115

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

In Figura 17, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti  $N_{1(60)}$ , ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

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

dove:

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

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

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

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

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


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

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

Sempre in Figura 17, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di  $N_{1(60)}$  da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con Magnitudo pari  $M = 7.5$ . Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

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

Si può osservare dalla Figura 17 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 34 di 115

fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita (FC < 5%).

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

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

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

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

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

$p_a$  = pressione atmosferica di riferimento

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

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

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

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

35 di 115

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

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

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

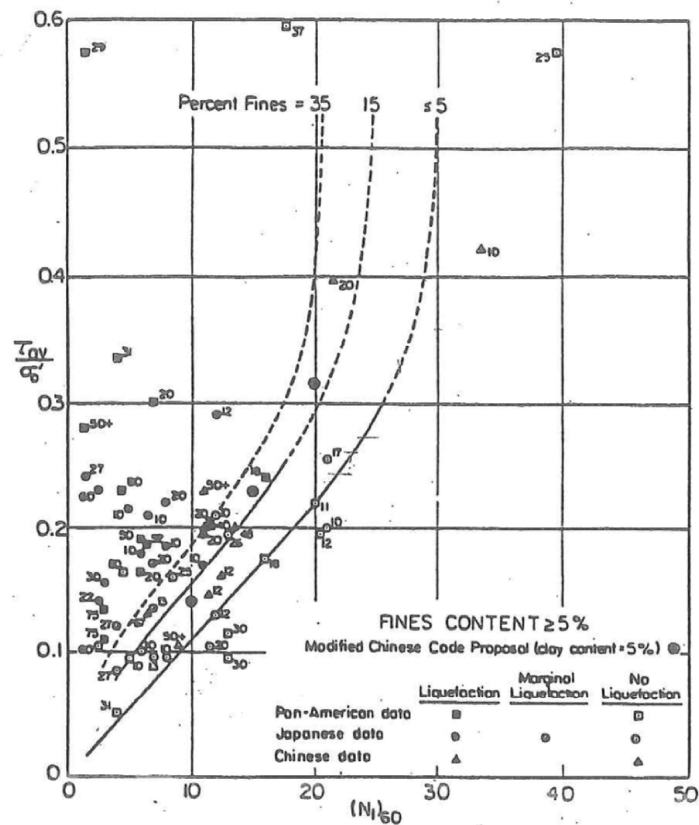


Figura 17 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati (cfr. Figura 18-Figura 24) non indicano rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI35D.

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
36 di 115

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

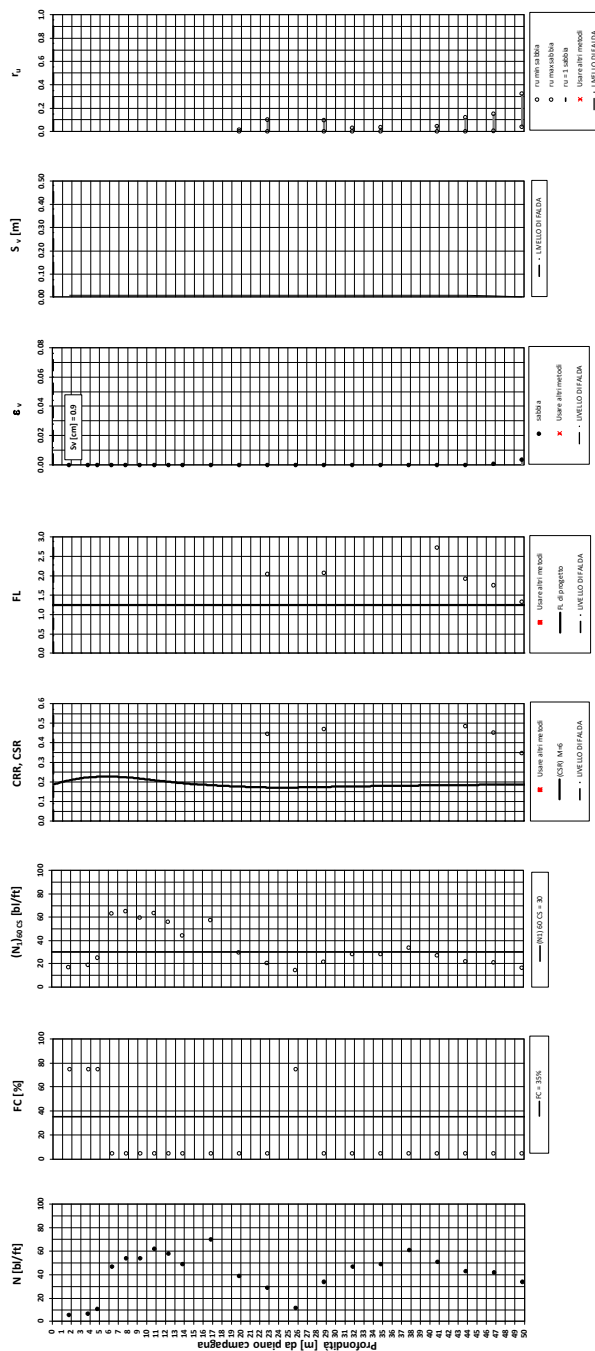


Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati BH6V

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
37 di 115

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

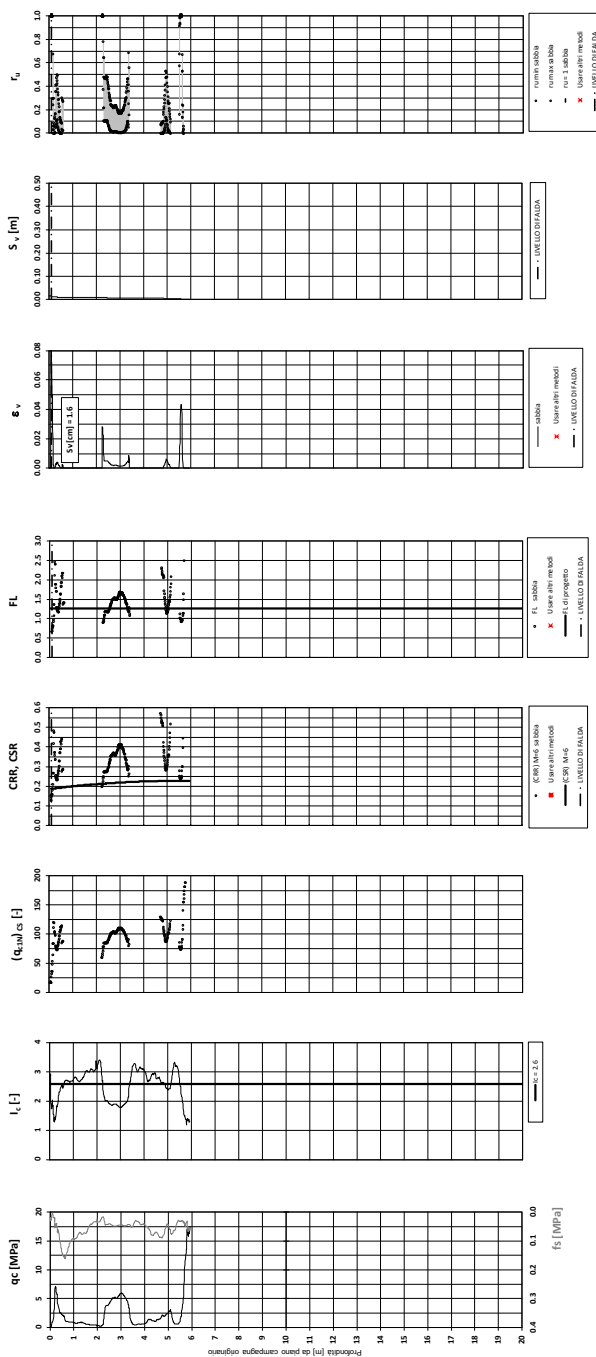


Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU10V

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
38 di 115

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-21 Pr. 19+060  
 $a_{max} = 0.30g$ ;  $M_{calc} = 6$ ;  $M_{SF} = 2$ ; Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
 Altezza rilevato = 6m

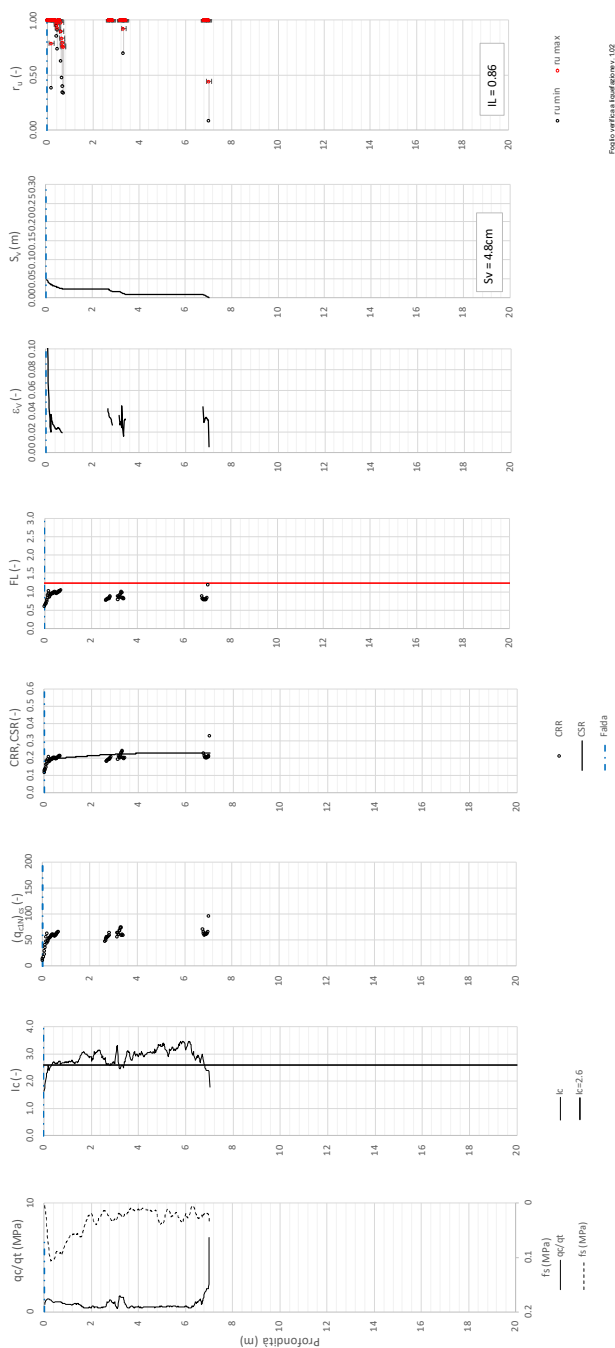


Figura 20 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-21

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
39 di 115

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova CPTU-11V km19+060

Amax\_calc/g = 0.301 M\_calc = 6 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2

Riempimento h = 6 m Sovraccarico = 0 kPa

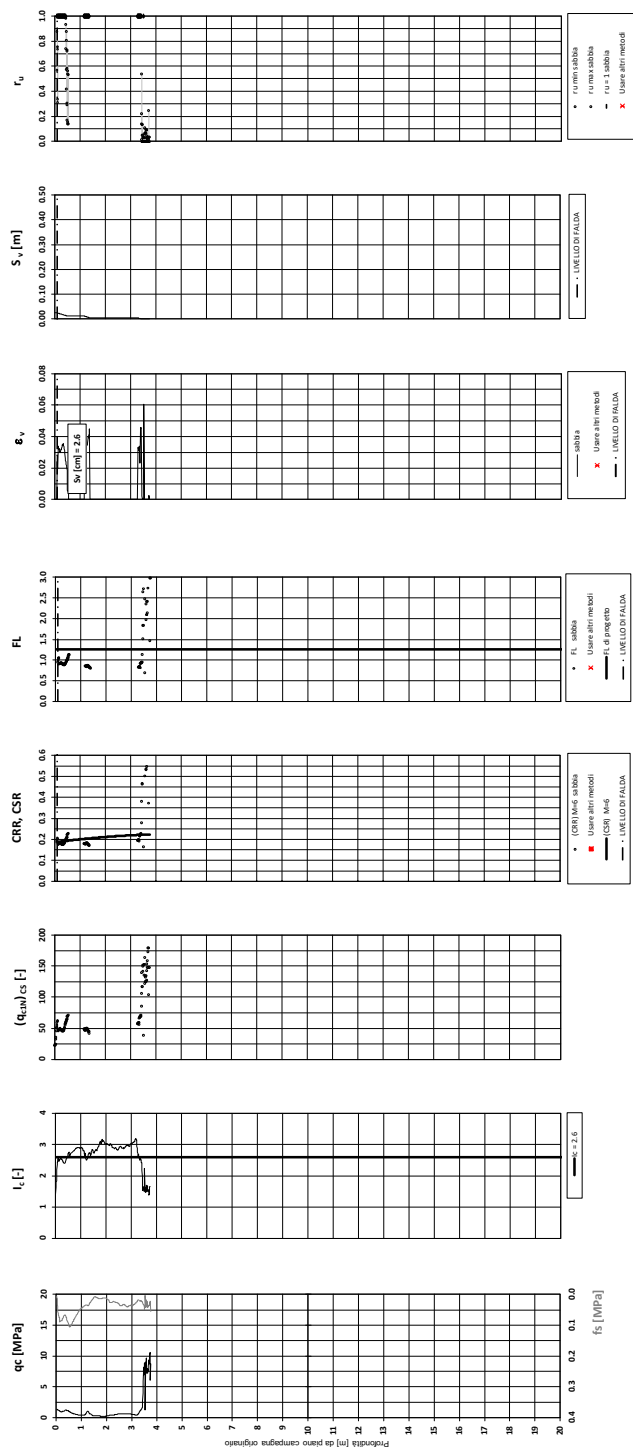


Figura 21 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU11V

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
40 di 115

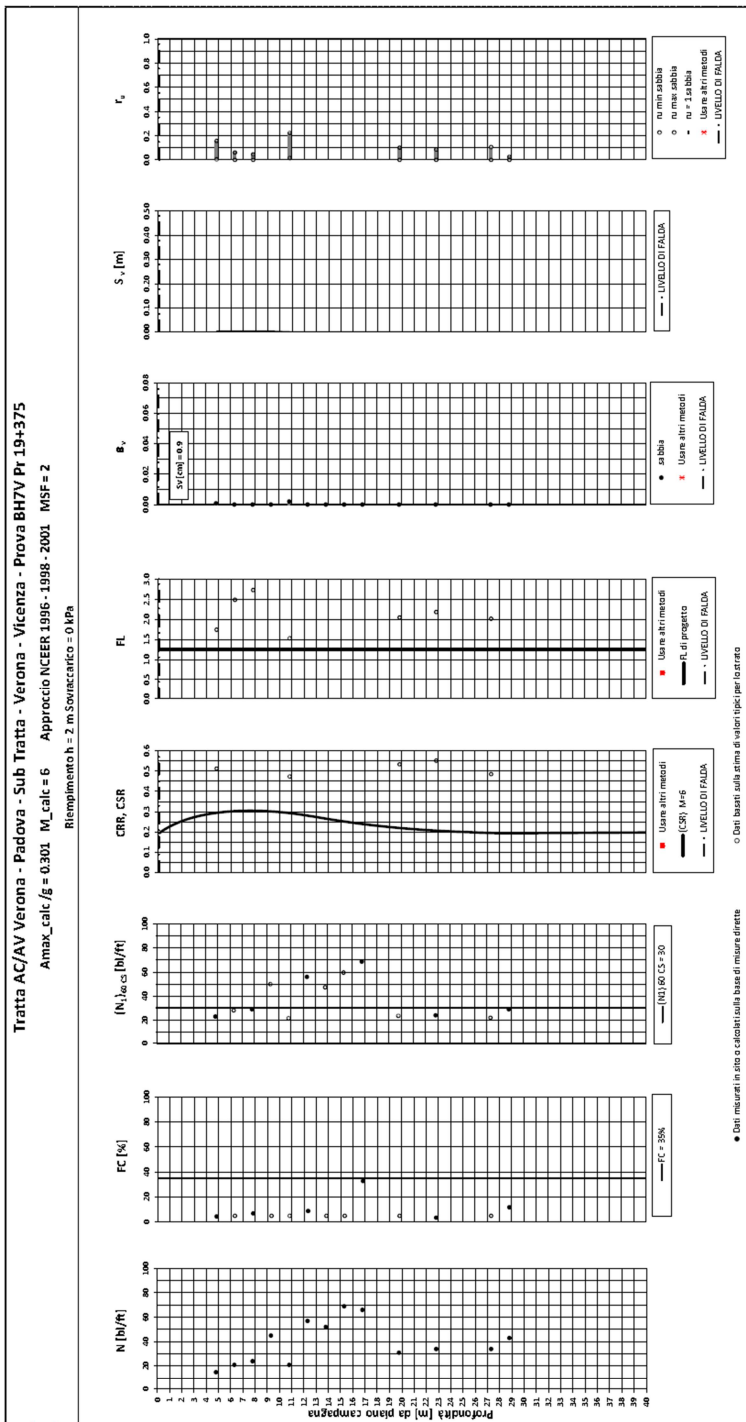


Figura 22 – Verifica Liquefazione da risultati BH7V



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
41 di 115

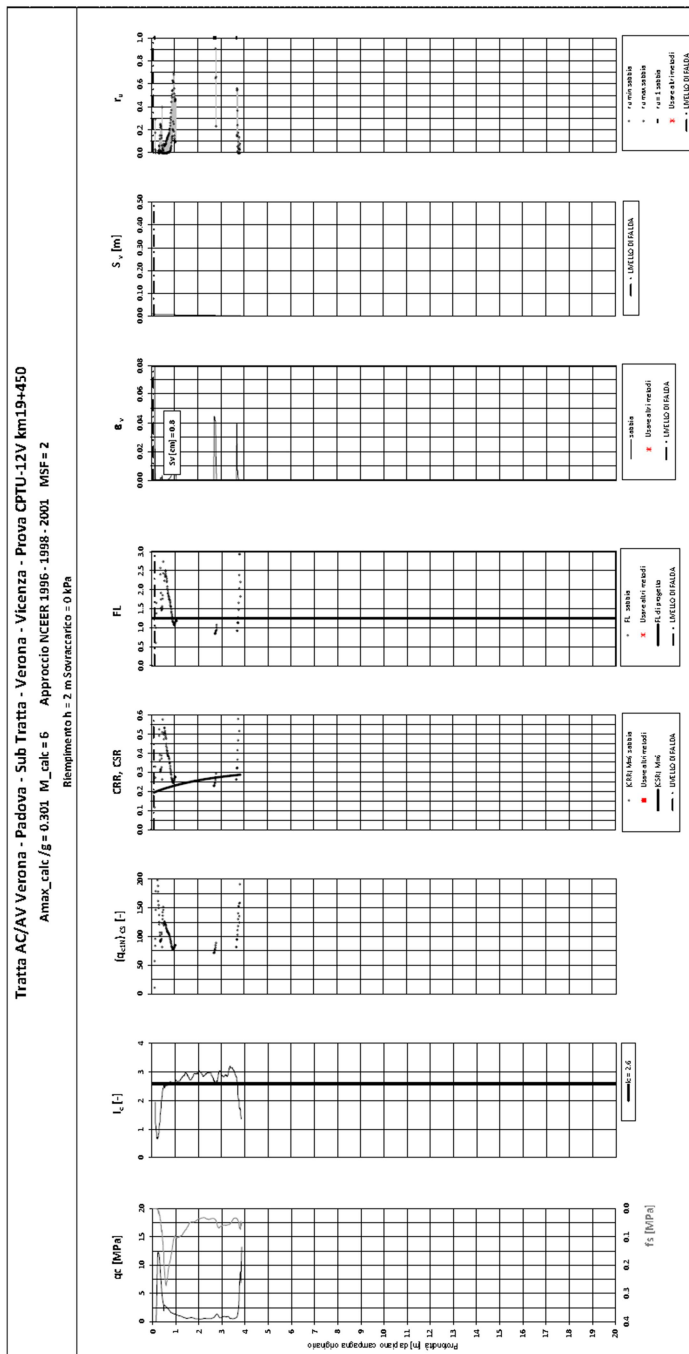


Figura 23 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU12V

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
42 di 115

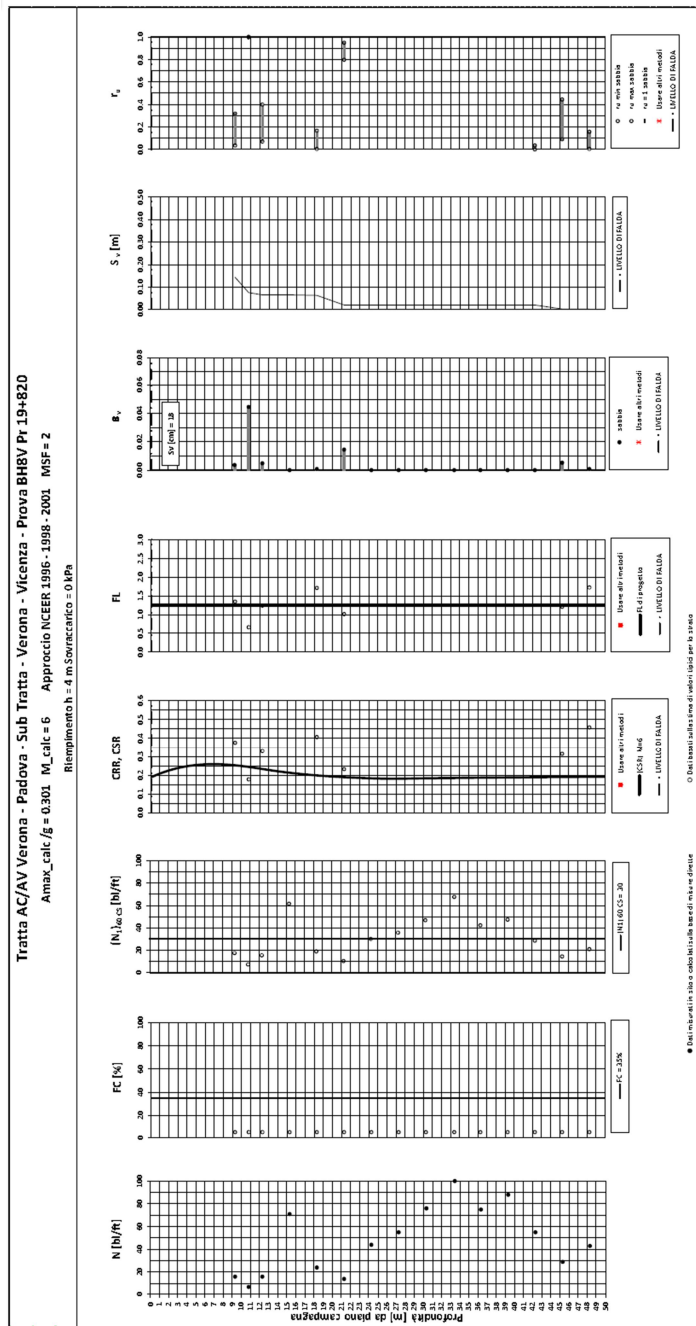




Figura 24 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU12V

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 43 di 115

## 6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO

Le verifiche discusse nella presente relazione riguardano la stabilità e le prestazioni del rilevato ferroviario. Per ciò che concerne il fabbricato, il piazzale e le relative opere di sostegno si rimanda agli elaborati di progetto dedicati.

Sulla base di quanto descritto nel capitolo 3.2, le verifiche del rilevato sono state eseguite con riferimento a due differenti sezioni:

- Sezione A (tra pk 19+150 e 19+275 circa), caratterizzata da un rilevato ferroviario alto 6.4m e dalla presenza del piazzale RFI e del fabbricato FA07. Considerata l'interferenza del rilevato ferroviario con l'adiacente terrapieno, ai fini della verifica del rilevato si assume quanto segue:
  - o il terrapieno in affiancamento al rilevato ferroviario sarà realizzato prima delle lavorazioni per l'installazione degli impianti e della posa in opera del ballast e dell'armamento ferroviario;
  - o per le verifiche agli Stati Limite Ultimo, si trascura cautelativamente la presenza del piazzale (la cui stabilità globale è stata verificata negli elaborati di progetto dedicati);
  - o per le verifiche agli Stati Limite di Esercizio, a favore di sicurezza si trascura la presenza del muro di sostegno del piazzale, assumendo la presenza di scarpate 2V:3H lungo il limite esterno del piazzale (in direzione opposta rispetto al rilevato ferroviario);
  - o nella zona di realizzazione del fabbricato FA07, si assume un carico distribuito di 60kPa, mentre sulle superfici circostanti si applica un carico di esercizio di 10kPa - tali dati sono da assumere come indicativi, e dovranno essere confermati nella relazione di calcolo del piazzale. ;
  - o il calcolo dei consolidamenti previsti nella zona del piazzale è sintetizzato nel capitolo 6.3.3. Per maggiori informazioni si rimanda agli elaborati di progetto del piazzale e del fabbricato.
  - o Per un dimensionamento degli interventi nell'area del piazzale, si è assunto che il cedimento del fabbricato, in presenza di un carico di esercizio di 60 kPa sia inferiore a 25 mm (1"), valore usualmente preso a riferimento nella pratica ingegneristica come cedimento ammissibile di strutture civili. Anche questo dato dovrà tuttavia essere confermato in sede di PE del fabbricato.
- Sezione B (da pk 19+275 circa a 19+531), costituita da un rilevato di altezza massima pari a 5m, larghezza fino a 29m circa e dotato di scarpate con pendenza 3H:2V. Non si evidenzia la presenza di opere interferenti.

### 6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

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

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


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

$$E_d \leq R_d$$

(Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [14])

dove:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 44 di 115

$R_d$  valore di progetto della resistenza.

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

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

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

dove:

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

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

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

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

### 6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

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

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:



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

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

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

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

Facendo riferimento a quanto richiesto dalle NTC (Doc. rif. [14]), per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 45 di 115</p>

*Tabella 7 – 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 8 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [14])*

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 9 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale*

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 46 di 115</p>

### 6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

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

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

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

Tabella 10 – 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 I.r.s.		

### 6.1.3 Verifiche in condizioni 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. [19]).

## 6.2 Azioni di progetto

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 47 di 115

### 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.

Come accennato nei capitoli precedenti, nella zona di realizzazione del fabbricato FA07 si assume un carico distribuito di 60kPa (si vedano gli elaborati di progetto dedicati per maggiori informazioni).

### 6.2.2 Azioni variabili

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

Nella zona circostante il fabbricato, si assume un carico di esercizio di 10kPa, a rappresentare il transito di mezzi operativi.

### 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 11)

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

$g$                      accelerazione di gravità.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 48 di 115

*Tabella 11 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[14])*

	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

### 6.3 Sezione A

#### 6.3.1 Verifiche e risultati SLU in condizioni statiche

Le verifiche della stabilità globale del rilevato sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [29]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2, v. Tabella 8).

Secondo le NTC 2008 (Doc. Rif. [14]), la verifica SLU di stabilità globale risulta essere soddisfatta se

$$FS \geq R2 = 1.1.$$



Il carico da traffico ferroviario (q), assunto pari a 61.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile- sfavorevole, pertanto, in accordo al coefficiente parziale sulle azioni A2 riportato e pari a 1.3. La quota di falda è stata assunta con riferimento alla condizione di lungo termine, con livello coincidente con il piano campagna, come riportato nel paragrafo 4.3.

In Figura 25 sono riportate le superfici di rottura critiche per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.07 < R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico non risulta soddisfatta; sono pertanto necessari interventi volti ad aumentare la resistenza del sistema per escludere il verificarsi di superfici di scivolamento con  $FS < 1.1$ .



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 49 di 115</p>

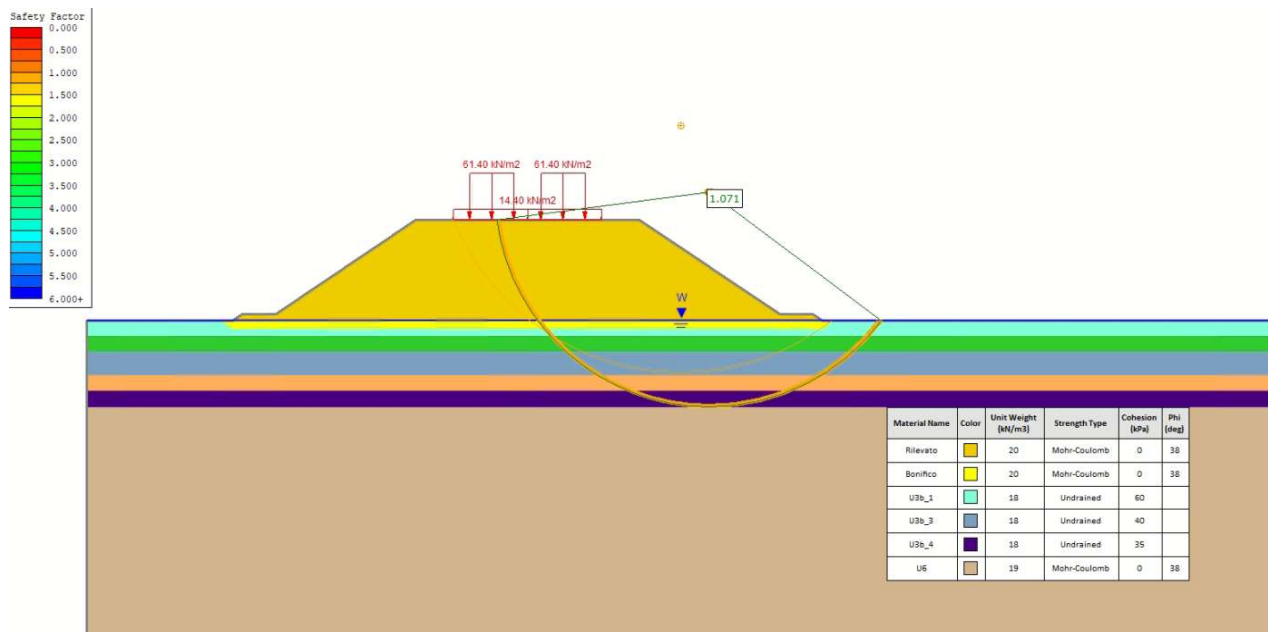


Figura 25 – Sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2

In considerazione dell'intervento previsto per il rilevato adiacente (RI35c), per tutto il tratto d'interesse si adottano colonne di ghiaia D=800 mm, i=2.8 m della lunghezza di 5.5 m (fino allo strato di ghiaie) al di sotto del piano di posa del rilevato.

Per ulteriori dettagli circa la geometria dell'intervento, si rimanda agli elaborati grafici del rilevato ferroviario e del piazzale.



Le colonne di ghiaia, disposte in pianta con uno schema regolare, sono state rappresentate nel dominio bidimensionale per mezzo di geometrie equivalenti definite sulla base di rapporti areali.

In particolare, si è modellata la loro presenza mediante "pannelli" di ghiaia, avente larghezza (nella sezione trasversale), pari a  $A_c/i = 0.50/2.8 \approx 0.18$  m.

Il comportamento dei materiali costituenti è stato descritto per mezzo di un modello Mohr-Coulomb, assumendo un angolo di attrito pari a 43° ed una coesione drenata nulla; il peso per unità di volume è stato imposto pari a 20 kN/m³.

I risultati dell'analisi sono rappresentati nella figura che segue:

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.136 > R2 = 1.1$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 50 di 115</p>

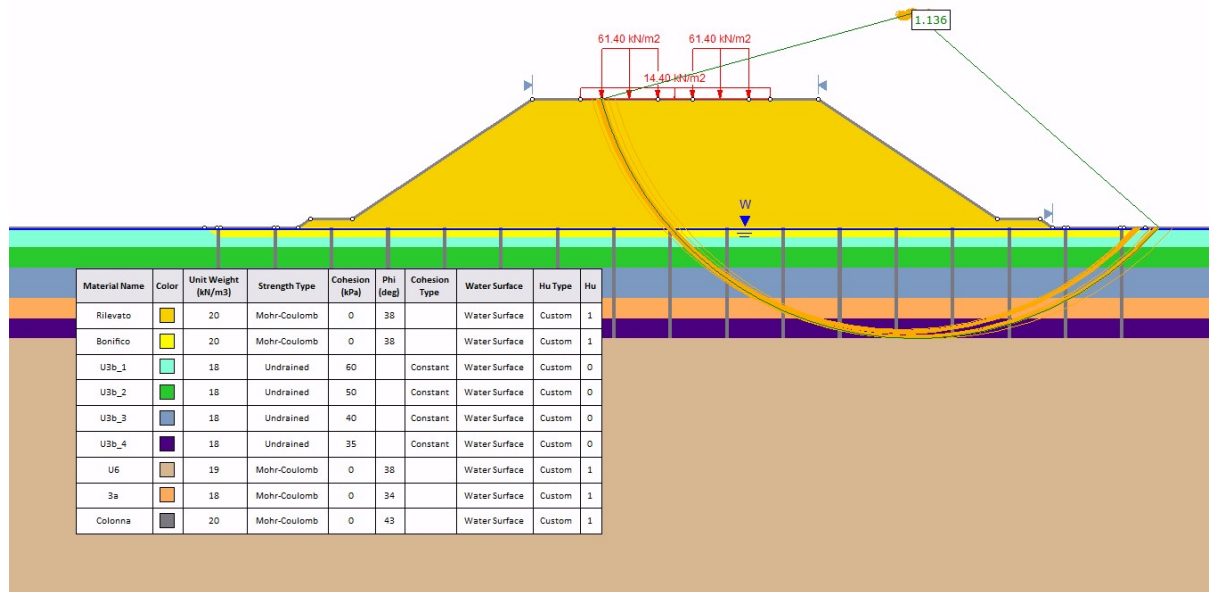


Figura 26 – Sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2 in presenza di colonne di ghiaia

Si osserva, inoltre, che il fattore di sicurezza minimo calcolato (maggiore del minimo richiesto dalle NTC) è relativo ad una superficie di scivolamento interamente compresa all'interno del corpo del rilevato. La verifica di stabilità globale è quindi ampiamente soddisfatta.

### 6.3.2 Verifiche e risultati SLU in condizioni sismiche

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

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

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

Le condizioni di falda sono le medesime assunte per l'analisi statica. Sulla base di quanto dichiarato nel capitolo precedente, l'analisi è stata eseguita assumendo la presenza di colonne di ghiaia  $D=800\text{mm}$ ,  $i=2.8\text{m}$  della lunghezza di  $5.5\text{m}$  al di sotto del piano di posa del rilevato.

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

In Figura 27 sono riportate le superfici di rottura critiche. Si precisa che sono state escluse dall'analisi le superfici più periferiche e interamente contenute all'interno del corpo dell'opera. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.116 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

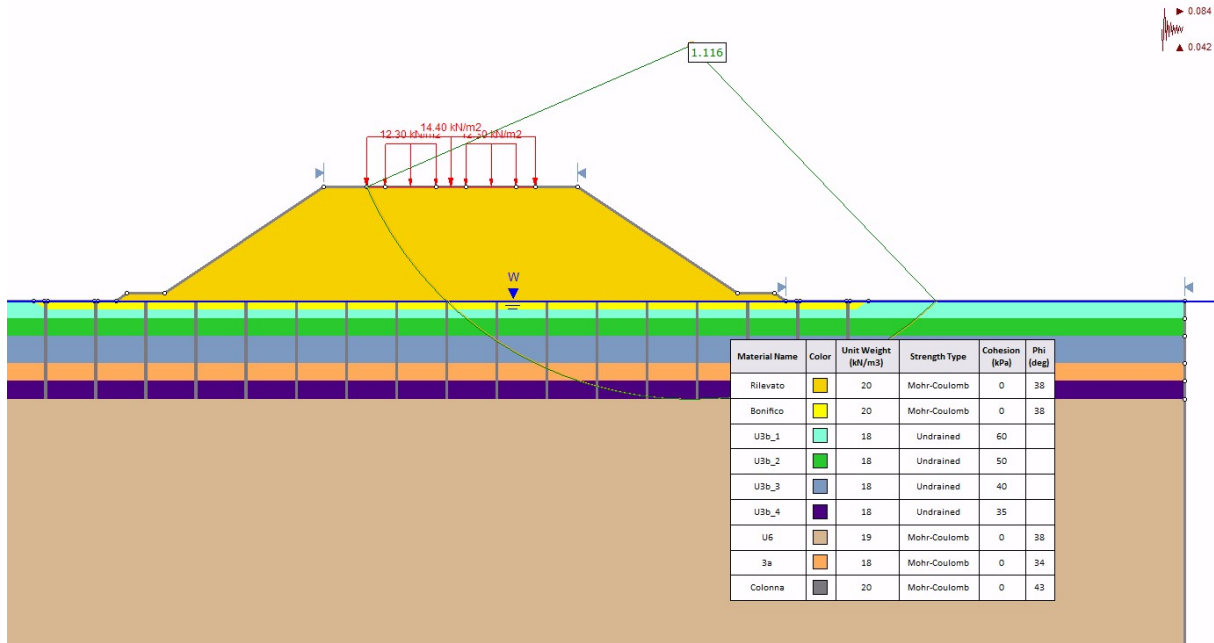




Figura 27 – Sezione A - Analisi SLU in campo sismico DA1C2 in presenza di colonne di ghiaia

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 52 di 115</p>

### 6.3.3 Verifica e risultati SLE

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo del codice di calcolo SETTLE 3D (Doc. Rif. [30]) che permette di valutare l'andamento dei cedimenti nel tempo sotto diverse ipotesi di carico. Il programma discretizza l'area analizzata in un numero finito di aree di carico e valuta gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti. A partire dagli incrementi tensionali vengono poi calcolati i cedimenti.

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:



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

q = carico applicato

$\nu$  = coefficiente di Poisson

B = semi-larghezza 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 dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 53 di 115</p>

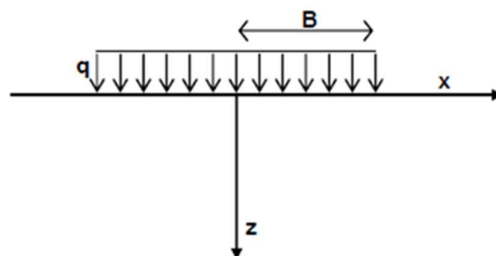


Figura 28 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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:

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

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

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

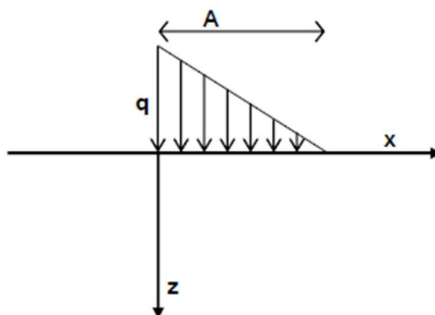




Figura 29 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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.

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 54 di 115</p>

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

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

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

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

dove

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

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

Il modello di calcolo è caratterizzato dalla presenza di un rilevato di altezza pari a 6.4 m, largo 33 m circa e con pendenza delle scarpate 2V:3H. Il piazzale in affiancamento è largo 24m e alto 5.5m.

L'analisi è stata condotta considerando la presenza di interventi di ground improvement nella zona del rilevato ferroviario (D800,  $i=2.8\text{m}$ ,  $L=5.5\text{m}$ , v. capitoli 3 e 6.3.1) e del piazzale (D800,  $i=2.6\text{m}$ ,  $L=5.5\text{m}$ , v. elaborati di progetto del piazzale).

Le verifiche agli SLE perciò riguardano:

1. cedimenti del rilevato AV, dopo il completamento della sede ferroviaria e dopo la costruzione del piazzale A07;
2. cedimenti del rilevato AV, dopo la costruzione del fabbricato. L'opera è stata schematizzata nei calcoli come un carico nastroforme di 60 kPa distribuito su una larghezza  $B=6.7\text{m}$  e, su tutta l'area del piazzale, è stato applicato un carico "di cantiere" di 10 kPa;
3. cedimenti del fabbricato, ovvero verificare che il trattamento di soil-improvement sotto il piazzale garantisca cedimenti ammissibili per l'opera.

Per quanto concerne la deformabilità del terreno trattato con colonne di ghiaia, si può valutare un modulo equivalente dello strato trattato con colonne come media pesata fra l'area delle colonne ( $A_C = \pi \cdot D^2 / 4 = 0.50 \text{ m}^2$ ) e quella del terreno naturale ( $A_{\text{soil}} = A_{\text{TOT}} - A_C = 7.84 - 0.5 = 7.34 \text{ m}^2$ ).

Assumendo un modulo pari a  $E=60 \text{ Mpa}$  per la ghiaia, il modulo equivalente è dato da  $E_{\text{eq}} = (0.50 \cdot 60 + 7.34 \cdot E'_{\text{OP}}) / 7.84$ .

I valori ottenuti sono riportati in Tabella 12.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 55 di 115</p>

Tabella 12 – Sezione A - Moduli equivalenti del terreno trattato con colonne in ghiaia

Unità	da m pc	a m pc	E'OP MPa	E <sub>eq</sub> i=2.8m MPa	E <sub>eq</sub> i=2.6m MPa
scotico	0	0.5	20	22.6	23.0
3b1	0.5	2	6	9.5	10.0
3b2	2	3.5	4.5	9.5	8.6
3a	3.5	4.5	20	8.1	23.0
3b3	4.5	5.5	6	22.6	10.0

Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 2 (terreno trattato con colonne  $i=2.4\text{m}$ ) per le verifiche al punto 1. Per le verifiche ai punti 2 e 3, sono stati utilizzati i moduli riportati nell'ultima colonna di Tabella 12, corrispondenti al trattamento con colonne  $i=2.6\text{m}$ .

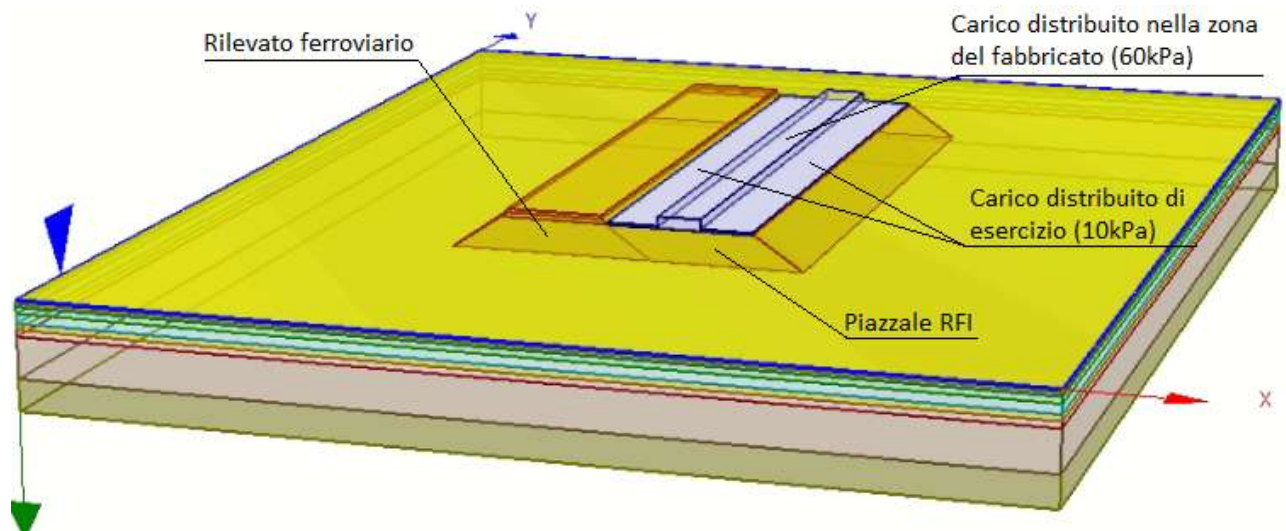




Figura 30 – Sezione A: modello di calcolo per la stima dei cedimenti

I risultati sono riportati nelle Figura 31, Figura 32 e Figura 33. In particolare:

- La Figura 31 riporta il valore del cedimento sotto tutta l'area interessata dal carico. Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è di circa 8.2 cm (v. Figura 31a), quello indotto dal carico di esercizio, sempre sul rilevato della linea AV, (60 kPa +10 kPa distribuiti in esercizio) inferiore a 0.5 cm (v. Figura 31b).
- La Figura 32 riporta il valore del cedimento con la profondità, in asse rilevato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 56 di 115

- Il cedimento del fabbricato, dovuto ai 60 kPa di carico di esercizio, alla quota delle fondazioni del fabbricato, è dell'ordine dei 25 mm. (v. Figura 33).

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

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

Il fatto che qualche livello argilloso venga portato nel ramo della NC potrà indurre cedimenti viscosi stimabili come una frazione del primario (10-20%) e quindi dell'ordine di 1-1.5 cm.

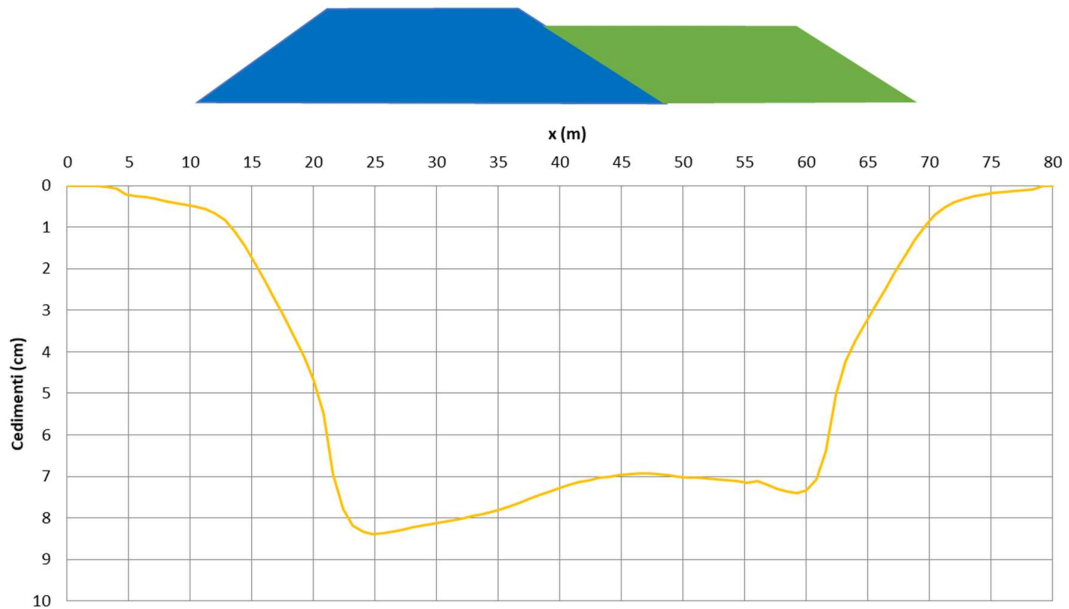
In ogni caso, anche in questo caso una gran parte di questo cedimento avverrà nella fase di maturazione del rilevato.

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

**La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.**

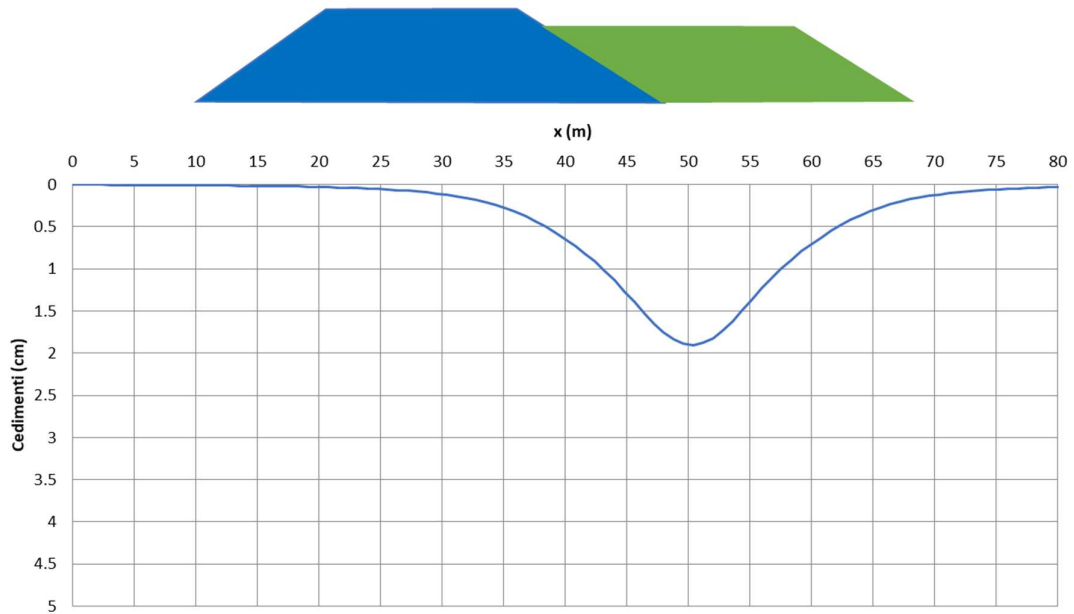


**RI53d: Cedimento del rilevato ferroviario linea AV**



a)

**RI53d: Cedimento in seguito alla costruzione del fabbricato**



b)

Figura 31 - Sezione A: Analisi SLE - Cedimenti

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

58 di 115

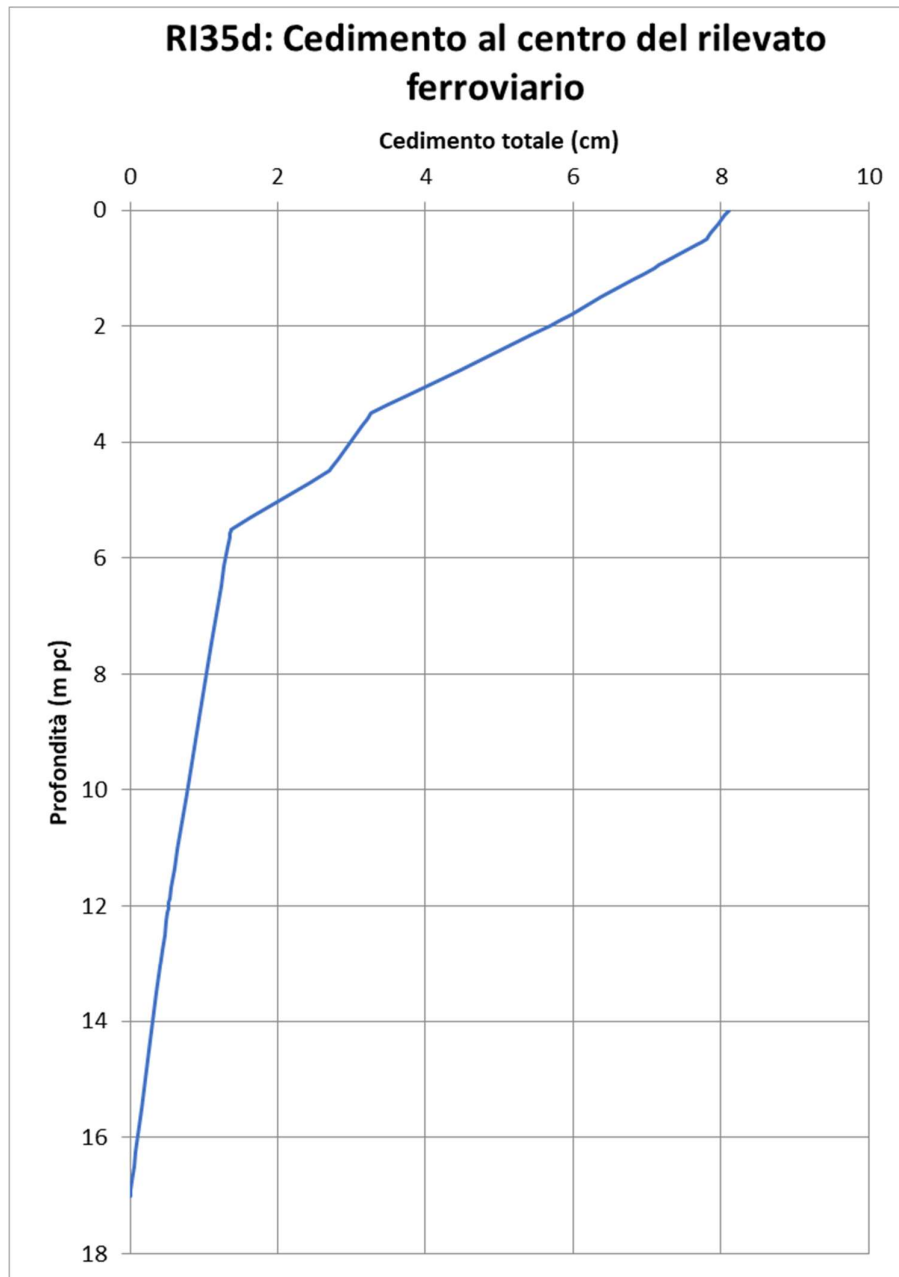




Figura 32 – Sezione A: Analisi SLE – Risultato cedimenti in profondità al centro del rilevato

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 59 di 115</p>

**CEDIMENTI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI RETTANGOLARI. TERRENO STRATIFICATO**

L è la lunghezza della fondazione in m



B è la larghezza della fondazione in m

P è l'incremento di carico verticale in kPa

$L/2 = 335$        $P = 60$  (kPa)       $B = 6.7$  m  
 $B/2 = 3.35$        $L/B = 100$   
 $\gamma = 19$  (kN/m<sup>3</sup>)  
 quota falda  $6$  (m)      % del delta sigma inter. Calcc      0.1

Terreno	da	a	Prof. media(m)	s	s'v0	Delta P	sigma' f	Delta/s'v	E	Delta s
	(m)	(m)	(m)	(cm)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(-)	(MPa)	(cm)
rilevato	0	1.00	0.5	100	10	60	69	6.31	30	0.20
rilevato	1.00	2.00	1.5	100	29	58	87	2.04	30	0.19
rilevato	2.00	3.00	2.5	100	48	54	101	1.13	30	0.18
rilevato	3.00	4.00	3.5	100	67	48	115	0.73	30	0.16
rilevato	4.00	5.00	4.5	100	86	43	128	0.50	30	0.14
rilevato	5.00	6.00	5.5	100	105	38	142	0.36	30	0.13
scotico	6.00	6.50	6.25	50	116	35	151	0.30	22.8	0.08
3b1	6.50	8.00	7.25	150	125	31	157	0.25	9.8	0.48
3b2	8.00	9.50	8.75	150	139	27	166	0.19	7.5	0.54
3a	9.50	10.50	10	100	151	24	175	0.16	18.2	0.13
3b3	10.50	11.50	11	100	160	22	182	0.14	9.8	0.22
u6	11.50	12.50	12	100	169	20	189	0.12	90.00	0.02
u6	12.50	13.50	13	100	178	19	197	0.11	90.00	0.02
<b>Cedimento totale (cm)</b>										<b>2.49</b>

Figura 33 – Fabbricato FA07 - Risultato del calcolo dei cedimenti a quota imposta delle fondazioni del fabbricato

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 60 di 115</p>

## 6.4 Sezione B

Le verifiche relative alla Sezione B, di altezza massima pari a circa 5m, sono state eseguite con le medesime assunzioni fatte per lo studio della Sezione A, relativamente alle condizioni di falda ed ai carichi di progetto. Considerata la ridotta altezza del rilevato, lo studio è stato condotto in assenza di consolidamenti. Considerata l'assenza d'interferenze con altre opere, le sezioni di calcolo sono compiutamente descritte dal rilevato ferroviario e dal terreno di fondazione.

Si riassume di seguito l'esito delle analisi di stabilità agli SLU ed SLV e la stima dei cedimenti totali del rilevato.

### 6.4.1 Verifiche e risultati SLU in condizioni statiche

I risultati dell'analisi sono rappresentati nella figura che segue:

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.101 > R2 = 1.1$$

pertanto, la verifica è soddisfatta ai sensi della normativa di riferimento.

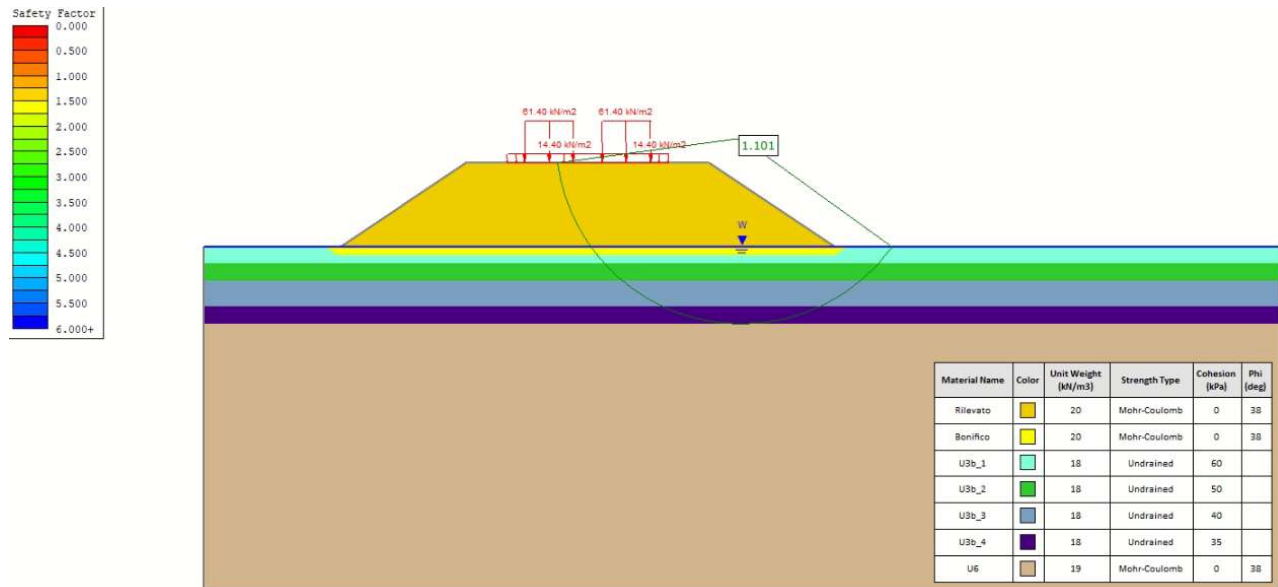




Figura 34 – Sezione B - Analisi SLU in campo statico DA1C2

### 6.4.2 Verifiche e risultati SLU in condizioni sismiche

I risultati dell'analisi sono rappresentati nella figura che segue:

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.16 > R2 = 1.1$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 61 di 115</p>

pertanto, la verifica è soddisfatta ai sensi della normativa di riferimento.

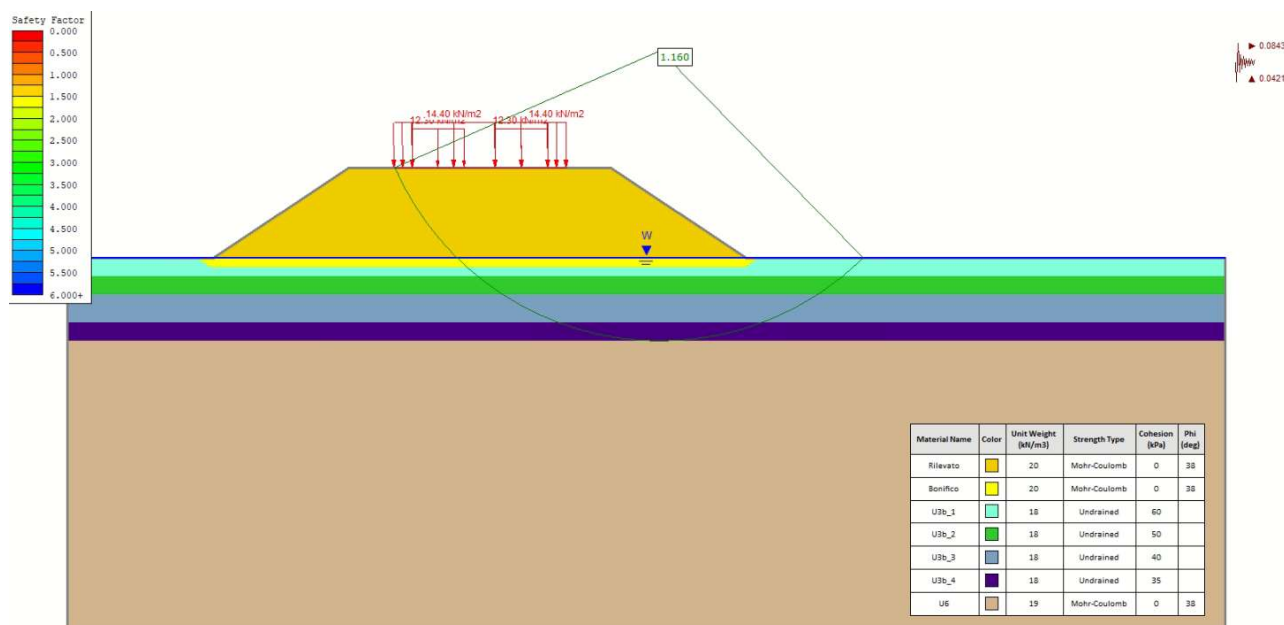




Figura 35 – Sezione B - Analisi SLU in campo sismico DA1C2

### 6.4.3 Verifiche e risultati SLE

La stima dei cedimenti è stata effettuata con gli stessi strumenti impiegati per lo studio della Sezione A. Considerata l'assenza di interventi di consolidamento, per le proprietà meccaniche delle unità geotecniche si è fatto riferimento ai valori caratterizzanti i terreni naturali. In particolare, la rigidità dei depositi coesivi è stata descritta per mezzo degli indici edometrici e degli sforzi di preconsolidazione indicati in Tabella 3.

Sebbene il volume significativo sia descritto in gran parte dalla presenza di materiali incoerenti ed i percorsi di drenaggio siano dell'ordine del paio di metri, l'assenza di colonne di ghiaia ha reso necessaria la stima dei cedimenti nel tempo, per garantire che i cedimenti residui al completamento del ballast saranno inferiori a 5 cm, come previsto dal MdP. L'analisi numerica è stata condotta con riferimento alla sequenza costruttiva prevista per i rilevati ferroviari in assenza di trattamenti:

- Fase 1: scotico, preparazione del piano di posa e costruzione del rilevato: durata pari a 4mesi;
- Fase 2: eventuale periodo di maturazione: durata pari a 3-4 mesi;
- Fase 3: lavorazioni di finitura dei rilevati (sub-ballast, canalette, ecc): durata pari a 3 mesi;
- Fase 4: installazione impianti: durata pari a 2 mesi;
- Fase 5: posa in opera del ballast e dell'armamento ferroviario: durata pari a 2 mesi;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 62 di 115</p>

In particolare, a favore di sicurezza si sono trascurate le fasi 2 e 3, riducendo il periodo di costruzione del rilevato al minimo possibile per la realizzazione dell'opera, considerando unicamente le fasi ritenute indispensabili. Successivamente alla Fase 5 è stato previsto un ultimo step di calcolo per il raggiungimento della totale dissipazione delle sovrappressioni interstiziali generate durante la costruzione, fino al termine della consolidazione. Tale fase è risultata avere una durata inferiore a 3 mesi.

I risultati sono riportati nelle Figura 36 e Figura 37 e. In particolare:

- La Figura 36 riporta il valore del cedimento sotto tutta l'area interessata dal carico. Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato e durante la costruzione dello stesso è di circa 9.5 cm (v. Figura 31a), quello indotto consolidazione a partire dal termine della realizzazione del rilevato è inferiore a 0.5 cm (v. Figura 31b).
- La Figura 32 riporta il valore del cedimento con la profondità, in asse rilevato.

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

In ogni caso, anche in questo caso una gran parte di questo cedimento avverrà nella fase di maturazione del rilevato. Come illustrato in Figura 32, il cedimento massimo in esercizio (dopo la posa in opera del ballast, per la vita utile dell'opera = 100 anni), sarà dell'ordine del mezzo centimetro, e quindi largamente inferiore al limite tollerabile dei 5 cm.

**La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.**

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

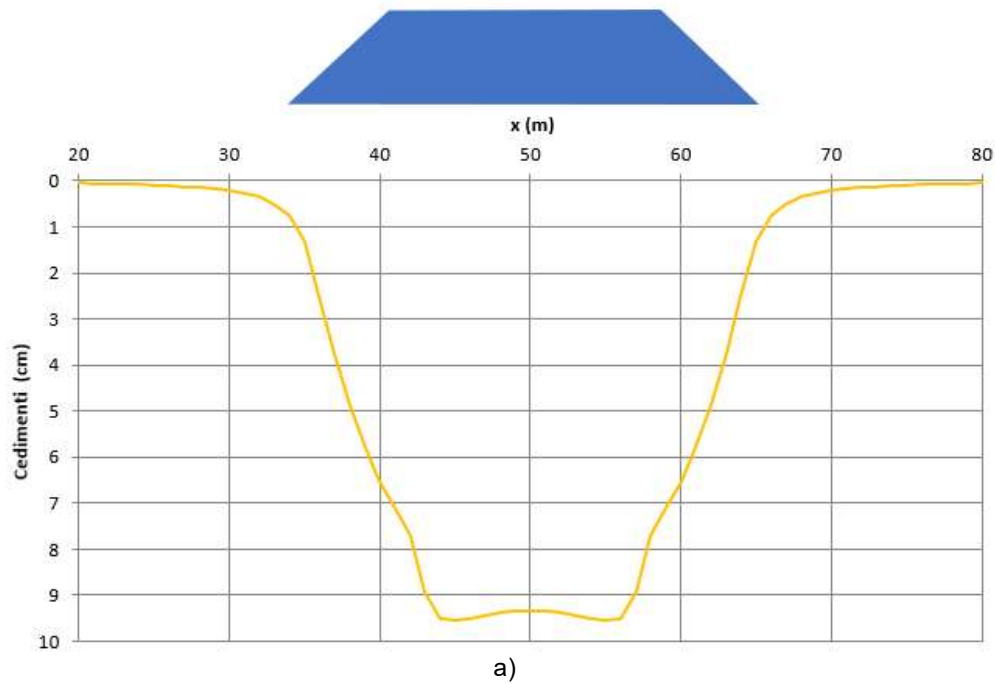
Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
63 di 115

**RI35d: Cedimento alla fine della costruzione del rilevato ferroviario linea AV**



**RI35d: Cedimento di consolidazione dal completamento del rilevato**

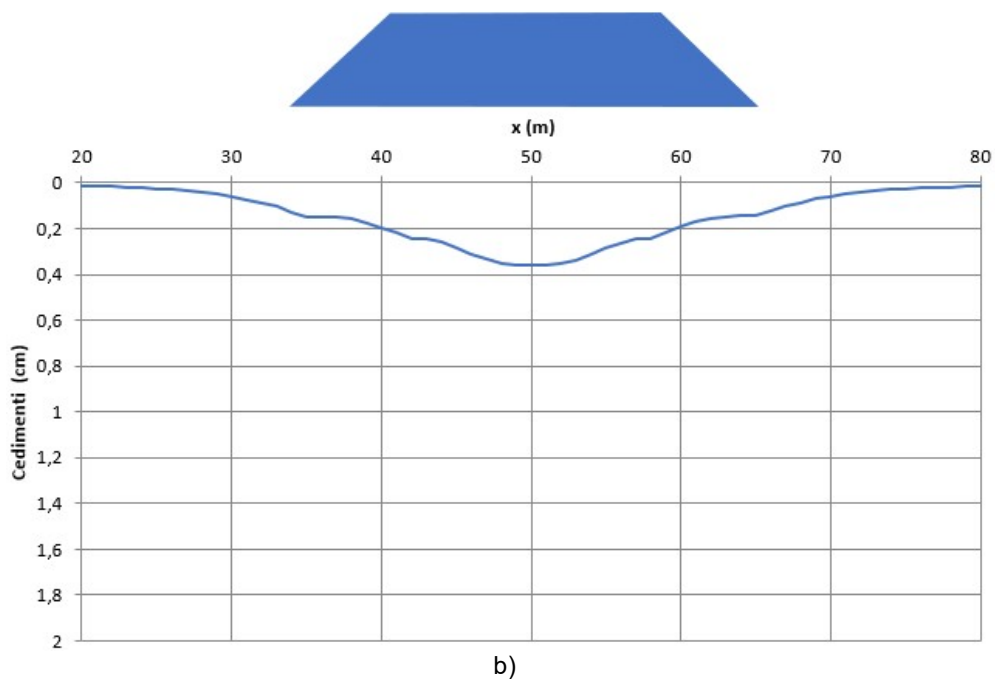


Figura 36 - Sezione B: Analisi SLE - Cedimenti

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

64 di 115

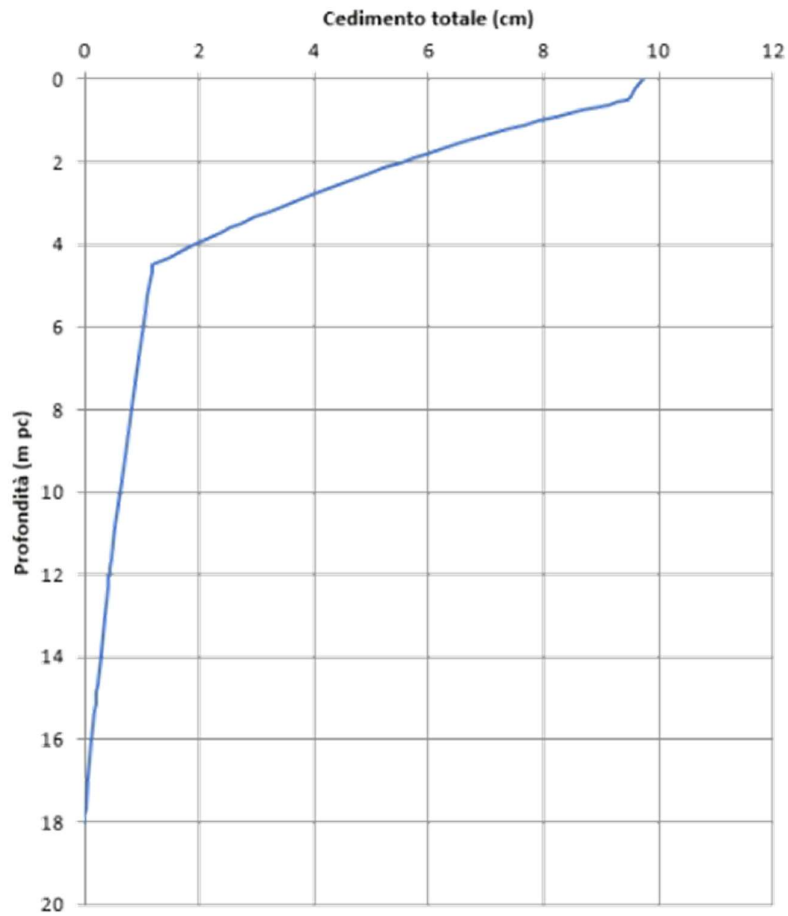




Figura 37 – Sezione B: Analisi SLE – Risultato cedimenti in profondità al centro del rilevato



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 65 di 115</p>

## 7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

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

GENERAL CONTRACTOR




ALTA SORVEGLIANZA

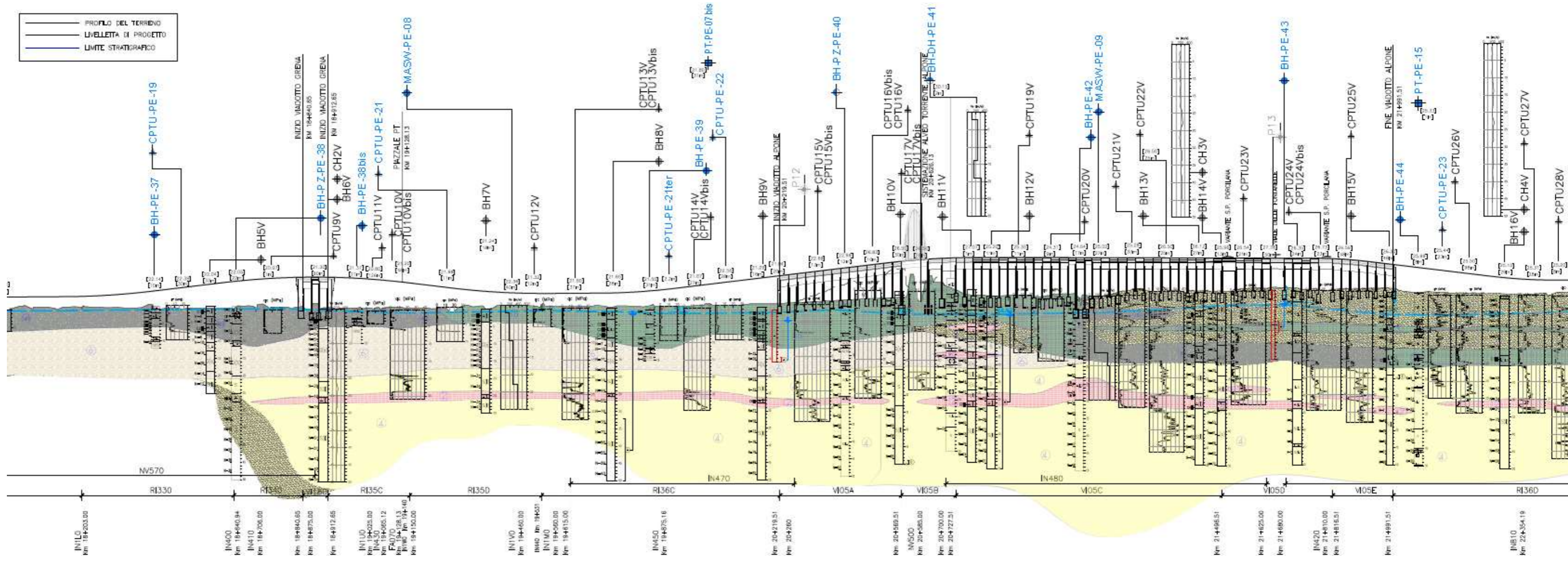
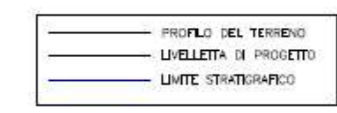


Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI35D0001B	66 di 115

**ALLEGATI**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 67 di 115</p>

**ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO**



**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
- 3ab 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 Chiazze, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI35D0001B	69 di 115

## ALLEGATO 2 - SONDAGGI



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
70 di 115

RILEVIO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE		NOTE	
PROF. FORO (m)	PROF. ANZ. (m)	Da Test (m)	Da Test (m)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,50	0,50	0,50
1,00	1,00	1,00	1,00
1,50	1,50	1,50	1,50
2,00	2,00	2,00	2,00
2,50	2,50	2,50	2,50
3,00	3,00	3,00	3,00
3,50	3,50	3,50	3,50
4,00	4,00	4,00	4,00
4,50	4,50	4,50	4,50
5,00	5,00	5,00	5,00
5,50	5,50	5,50	5,50
6,00	6,00	6,00	6,00
6,50	6,50	6,50	6,50
7,00	7,00	7,00	7,00
7,50	7,50	7,50	7,50
8,00	8,00	8,00	8,00
8,50	8,50	8,50	8,50
9,00	9,00	9,00	9,00
9,50	9,50	9,50	9,50
10,00	10,00	10,00	10,00
10,50	10,50	10,50	10,50
11,00	11,00	11,00	11,00
11,50	11,50	11,50	11,50
12,00	12,00	12,00	12,00
12,50	12,50	12,50	12,50
13,00	13,00	13,00	13,00
13,50	13,50	13,50	13,50
14,00	14,00	14,00	14,00
14,50	14,50	14,50	14,50
15,00	15,00	15,00	15,00
15,50	15,50	15,50	15,50
16,00	16,00	16,00	16,00
16,50	16,50	16,50	16,50
17,00	17,00	17,00	17,00
17,50	17,50	17,50	17,50
18,00	18,00	18,00	18,00
18,50	18,50	18,50	18,50
19,00	19,00	19,00	19,00
19,50	19,50	19,50	19,50
20,00	20,00	20,00	20,00
20,50	20,50	20,50	20,50
21,00	21,00	21,00	21,00
21,50	21,50	21,50	21,50
22,00	22,00	22,00	22,00
22,50	22,50	22,50	22,50
23,00	23,00	23,00	23,00
23,50	23,50	23,50	23,50
24,00	24,00	24,00	24,00
24,50	24,50	24,50	24,50
25,00	25,00	25,00	25,00
25,50	25,50	25,50	25,50
26,00	26,00	26,00	26,00
26,50	26,50	26,50	26,50
27,00	27,00	27,00	27,00
27,50	27,50	27,50	27,50
28,00	28,00	28,00	28,00
28,50	28,50	28,50	28,50
29,00	29,00	29,00	29,00
29,50	29,50	29,50	29,50
30,00	30,00	30,00	30,00
30,50	30,50	30,50	30,50
31,00	31,00	31,00	31,00
31,50	31,50	31,50	31,50
32,00	32,00	32,00	32,00
32,50	32,50	32,50	32,50
33,00	33,00	33,00	33,00
33,50	33,50	33,50	33,50
34,00	34,00	34,00	34,00
34,50	34,50	34,50	34,50
35,00	35,00	35,00	35,00
35,50	35,50	35,50	35,50
36,00	36,00	36,00	36,00
36,50	36,50	36,50	36,50
37,00	37,00	37,00	37,00
37,50	37,50	37,50	37,50
38,00	38,00	38,00	38,00
38,50	38,50	38,50	38,50
39,00	39,00	39,00	39,00
39,50	39,50	39,50	39,50
40,00	40,00	40,00	40,00
40,50	40,50	40,50	40,50
41,00	41,00	41,00	41,00
41,50	41,50	41,50	41,50
42,00	42,00	42,00	42,00
42,50	42,50	42,50	42,50
43,00	43,00	43,00	43,00
43,50	43,50	43,50	43,50
44,00	44,00	44,00	44,00
44,50	44,50	44,50	44,50
45,00	45,00	45,00	45,00
45,50	45,50	45,50	45,50
46,00	46,00	46,00	46,00
46,50	46,50	46,50	46,50
47,00	47,00	47,00	47,00
47,50	47,50	47,50	47,50
48,00	48,00	48,00	48,00
48,50	48,50	48,50	48,50
49,00	49,00	49,00	49,00
49,50	49,50	49,50	49,50
50,00	50,00	50,00	50,00
50,50	50,50	50,50	50,50
51,00	51,00	51,00	51,00
51,50	51,50	51,50	51,50
52,00	52,00	52,00	52,00
52,50	52,50	52,50	52,50
53,00	53,00	53,00	53,00
53,50	53,50	53,50	53,50
54,00	54,00	54,00	54,00
54,50	54,50	54,50	54,50
55,00	55,00	55,00	55,00
55,50	55,50	55,50	55,50
56,00	56,00	56,00	56,00
56,50	56,50	56,50	56,50
57,00	57,00	57,00	57,00
57,50	57,50	57,50	57,50
58,00	58,00	58,00	58,00
58,50	58,50	58,50	58,50
59,00	59,00	59,00	59,00
59,50	59,50	59,50	59,50
60,00	60,00	60,00	60,00
60,50	60,50	60,50	60,50
61,00	61,00	61,00	61,00
61,50	61,50	61,50	61,50
62,00	62,00	62,00	62,00
62,50	62,50	62,50	62,50
63,00	63,00	63,00	63,00
63,50	63,50	63,50	63,50
64,00	64,00	64,00	64,00
64,50	64,50	64,50	64,50
65,00	65,00	65,00	65,00
65,50	65,50	65,50	65,50
66,00	66,00	66,00	66,00
66,50	66,50	66,50	66,50
67,00	67,00	67,00	67,00
67,50	67,50	67,50	67,50
68,00	68,00	68,00	68,00
68,50	68,50	68,50	68,50
69,00	69,00	69,00	69,00
69,50	69,50	69,50	69,50
70,00	70,00	70,00	70,00

SCHEDE DI SONDAGGIO		COMM. cm07115	
Rev 0	DATA 31/12/2008	SECONDO RACCOMANDAZIONI A.S.I. (1977)	PAG. 1 DI 3
<b>COMMITTENTE</b> IricAV Due <b>CANTIERE</b> Linea AVIAC VR-PD Variante di San Bonifacio <b>PERFORAZIONE N.</b> BH6V <b>DATA INIZIO</b> 09/03/2015 <b>COORDINATE GB:</b> Nord <b>Est</b> <b>RESPONSABILE</b> Dott. Cattuzan <b>OPERATORE</b> Sig. Baldo			
<b>Descrizione Stratifavica</b> Ripetitorgilla limosa con sabbia e ghiglia, Argilla debolmente limosa, compatta, manone, Sabbia con limo argilloso manone, Argilla debolmente limosa, molle, da marrone a ghiglia. Presenza di punti neri torbol, Limo con argilla, organico, molle, ghiglio, Argilla organica, plastica, Limo argilloso organico ghiglio.	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60
<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,30 2,50 3,60 4,60 5,60	<b>PROFONDITA'</b> 0,50 1,3	


















<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 78 di 115</p>

**ALLEGATO 3- TABULATI DI SLIDE- ANALISI SLU STATICA**

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

79 di 115

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI35d\_5m\_NP\_01\_stat  
Slide Modeler Version: 7.029  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 13/07/2021, 15:23:08

#### General Settings

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

#### Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilità Globale\_A2+M2+R2

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

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

80 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



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

## Groundwater Analysis

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

## Random Numbers

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

## Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

3 Distributed Loads present

### Distributed Load 1

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

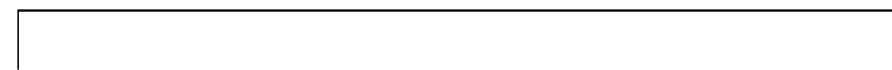
### Distributed Load 2

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

### Distributed Load 3

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

## Material Properties







Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI35D0001B

81 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Property	Rilevato	Bonifico	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4	U6
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	18	18	18	18	19
Cohesion [kPa]	0	0					0
Friction Angle [deg]	38	38					38
Cohesion Type			60	50	40	35	
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	0	1

### Global Minimums

#### Method: bishop simplified

FS	1.100990
Center:	6.985, 6.278
Radius:	10.775
Left Slip Surface Endpoint:	-3.696, 4.854
Right Slip Surface Endpoint:	15.733, -0.014
Resisting Moment:	8129.81 kN-m
Driving Moment:	7384.11 kN-m
Total Slice Area:	112.116 m2
Surface Horizontal Width:	19.4286 m
Surface Average Height:	5.77066 m

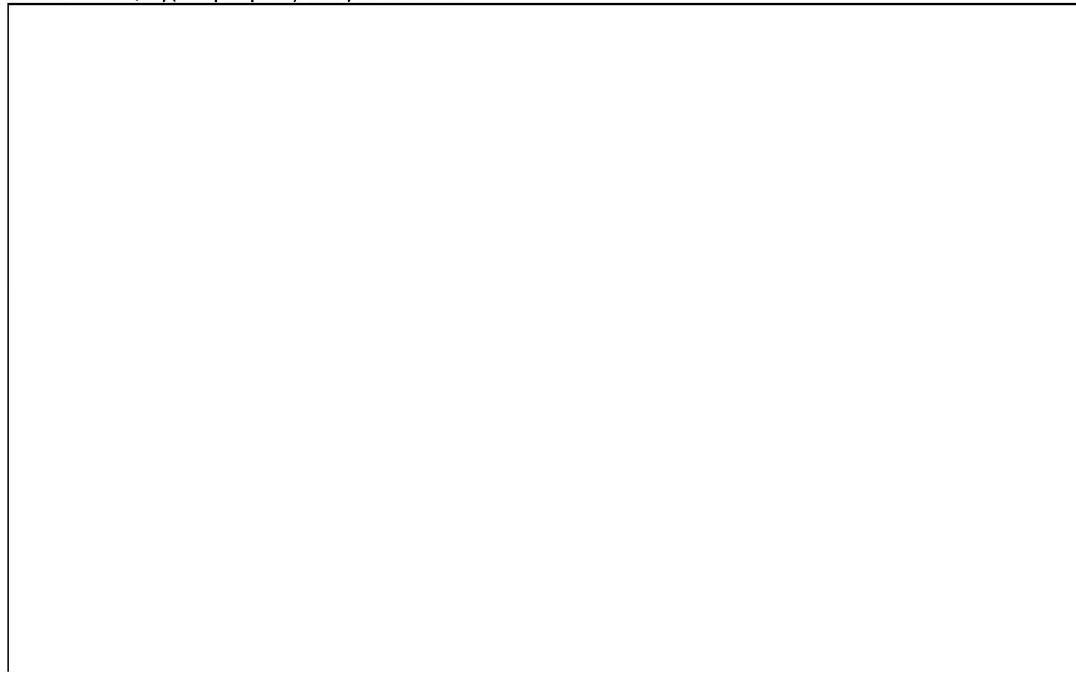
### Valid / Invalid Surfaces

#### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1845  
Number of Invalid Surfaces: 0

### Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.10099





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
82 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.386631	6.80469	-77.6102	Rilevato	0	32.0066	17.7117	19.5004	31.1992	0	31.1992	111.825	111.825
2	0.386631	17.6791	-69.8312	Rilevato	0	32.0066	31.2113	34.3633	54.9788	0	54.9788	139.951	139.951
3	0.386631	24.8776	-64.4634	Rilevato	0	32.0066	27.7449	30.5469	48.8728	0	48.8728	106.946	106.946
4	0.386631	30.5977	-60.0207	Rilevato	0	32.0066	26.7645	29.4675	47.1459	0	47.1459	93.542	93.542
5	0.386631	35.4151	-56.1189	Rilevato	0	32.0066	32.6088	35.902	57.4406	0	57.4406	106.002	106.002
6	0.382263	39.1273	-52.6011	Bonifico	0	32.0066	37.2398	41.0006	68.0506	2.4525	65.5981	116.76	114.308
7	0.419359	46.8561	-49.2203	U3b_1	42.8571	0	38.926	42.8571	104.723	0	104.723	149.852	149.852
8	0.349312	41.7021	-46.1719	U3b_2	35.7143	0	32.4384	35.7143	179.812	0	179.812	213.605	213.605
9	0.349312	43.89	-43.5492	U3b_2	35.7143	0	32.4384	35.7143	189.033	0	189.033	219.869	219.869
10	0.349312	45.8898	-41.0364	U3b_2	35.7143	0	32.4384	35.7143	197.359	0	197.359	225.594	225.594
11	0.395062	54.097	-38.4636	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	210.539	0	210.539	231.154	231.154
12	0.395062	56.2269	-35.8265	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	217.81	0	217.81	236.545	236.545
13	0.395062	58.1628	-33.2746	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	224.416	0	224.416	241.446	241.446
14	0.395062	59.9218	-30.7953	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	230.43	0	230.43	245.897	245.897
15	0.395062	61.5178	-28.3786	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	165.638	0	165.638	179.657	179.657
16	0.395062	62.9622	-26.0159	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	161.108	0	161.108	173.774	173.774
17	0.39372	64.0441	-23.7038	U3b_4	25	0	22.7068	25	162.064	0	162.064	172.034	172.034
18	0.39372	65.2044	-21.4359	U3b_4	25	0	22.7068	25	156.697	0	156.697	165.612	165.612
19	0.39372	66.2381	-19.2027	U3b_4	25	0	22.7068	25	160.328	0	160.328	168.237	168.237
20	0.39372	67.1505	-16.9996	U3b_4	25	0	22.7068	25	163.612	0	163.612	170.554	170.554
21	0.39372	67.9462	-14.8221	U3b_4	25	0	22.7068	25	166.567	0	166.567	172.575	172.575
22	0.39372	68.629	-12.6663	U3b_4	25	0	22.7068	25	169.206	0	169.206	174.309	174.309
23	0.39372	69.1786	-10.5286	U3b_4	25	0	22.7068	25	171.485	0	171.485	175.705	175.705
24	0.39372	68.3233	-8.40565	U3b_4	25	0	22.7068	25	170.178	0	170.178	173.533	173.533
25	0.39372	66.6155	-6.29429	U3b_4	25	0	22.7068	25	166.691	0	166.691	169.195	169.195
26	0.39372	64.8037	-4.19149	U3b_4	25	0	22.7068	25	162.929	0	162.929	164.593	164.593
27	0.39372	62.8891	-2.09434	U3b_4	25	0	22.7068	25	158.9	0	158.9	159.731	159.731
28	0.39372	60.8722	0	U3b_4	25	0	22.7068	25	154.608	0	154.608	154.608	154.608
29	0.39372	58.7532	2.09434	U3b_4	25	0	22.7068	25	150.056	0	150.056	149.226	149.226
30	0.39372	56.5321	4.19149	U3b_4	25	0	22.7068	25	145.248	0	145.248	143.584	143.584
31	0.39372	54.208	6.29429	U3b_4	25	0	22.7068	25	140.186	0	140.186	137.681	137.681
32	0.39372	51.7801	8.40565	U3b_4	25	0	22.7068	25	134.87	0	134.87	131.515	131.515
33	0.39372	49.2467	10.5286	U3b_4	25	0	22.7068	25	129.301	0	129.301	125.08	125.08
34	0.39372	46.606	12.6663	U3b_4	25	0	22.7068	25	123.476	0	123.476	118.373	118.373
35	0.39372	43.8553	14.8221	U3b_4	25	0	22.7068	25	117.395	0	117.395	111.387	111.387
36	0.39372	40.9917	16.9996	U3b_4	25	0	22.7068	25	111.055	0	111.055	104.113	104.113
37	0.39372	38.0114	19.2027	U3b_4	25	0	22.7068	25	104.452	0	104.452	96.5436	96.5436
38	0.39372	34.9098	21.4359	U3b_4	25	0	22.7068	25	97.581	0	97.581	88.6659	88.6659
39	0.39372	31.6816	23.7038	U3b_4	25	0	22.7068	25	90.4361	0	90.4361	80.4667	80.4667
40	0.395062	28.4109	26.0159	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	84.5802	0	84.5802	71.9143	71.9143
41	0.395062	24.8845	28.3786	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	77.0069	0	77.0069	62.988	62.988
42	0.395062	21.5237	30.7953	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	69.9476	0	69.9476	54.4807	54.4807
43	0.395062	19.4085	33.2746	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	66.1568	0	66.1568	49.1269	49.1269
44	0.395062	17.3698	35.8265	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	62.7005	0	62.7005	43.9661	43.9661
45	0.395062	15.2398	38.4636	U3b_3	28.5714	0	25.9506	28.5714	59.1897	0	59.1897	38.5745	38.5745
46	0.349312	11.5325	41.0364	U3b_2	35.7143	0	32.4384	35.7143	61.2475	0	61.2475	33.0131	33.0131
47	0.349312	9.53272	43.5492	U3b_2	35.7143	0	32.4384	35.7143	58.124	0	58.124	27.2881	27.2881
48	0.349312	7.34476	46.1719	U3b_2	35.7143	0	32.4384	35.7143	54.8174	0	54.8174	21.0242	21.0242
49	0.400811	5.44328	49.1422	U3b_1	42.8571	0	38.926	42.8571	58.5823	0	58.5823	13.5779	13.5779
50	0.400811	1.88583	52.523	U3b_1	42.8571	0	38.926	42.8571	55.4735	0	55.4735	4.70194	4.70194

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.10099

--



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI35D0001B	83 di 115



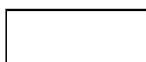
Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-3.69558	4.85403	0	0	0
2	-3.30894	3.09404	48.0629	0	0
3	-2.92231	2.04144	93.8671	0	0
4	-2.53568	1.23218	122.691	0	0
5	-2.14905	0.561958	143.942	0	0
6	-1.76242	-0.0138197	164.409	0	0
7	-1.38016	-0.51382	184.199	0	0
8	-0.960798	-1	218.791	0	0
9	-0.611486	-1.3639	272.894	0	0
10	-0.262174	-1.69596	324.333	0	0
11	0.0871385	-2	373.009	0	0
12	0.482201	-2.31384	428.832	0	0
13	0.877263	-2.59904	480.702	0	0
14	1.27233	-2.8583	528.631	0	0
15	1.66739	-3.09376	572.637	0	0
16	2.06245	-3.30718	597.736	0	0
17	2.45751	-3.5	618.549	0	0
18	2.85123	-3.67286	637.625	0	0
19	3.24495	-3.82744	652.907	0	0
20	3.63867	-3.96457	665.954	0	0
21	4.03239	-4.08494	676.708	0	0
22	4.42611	-4.18913	685.122	0	0
23	4.81983	-4.27761	691.155	0	0
24	5.21355	-4.35079	694.764	0	0
25	5.60727	-4.40897	695.725	0	0
26	6.00099	-4.4524	694.025	0	0
27	6.39471	-4.48125	689.786	0	0
28	6.78843	-4.49565	683.134	0	0
29	7.18215	-4.49565	674.195	0	0
30	7.57587	-4.48125	663.095	0	0
31	7.96959	-4.4524	649.964	0	0
32	8.36331	-4.40897	634.937	0	0
33	8.75703	-4.35079	618.15	0	0
34	9.15075	-4.27761	599.749	0	0
35	9.54447	-4.18913	579.884	0	0
36	9.93819	-4.08494	558.713	0	0
37	10.3319	-3.96457	536.406	0	0
38	10.7256	-3.82744	513.143	0	0
39	11.1194	-3.67286	489.119	0	0
40	11.5131	-3.5	464.547	0	0
41	11.9081	-3.30718	437.986	0	0
42	12.3032	-3.09376	411.3	0	0
43	12.6983	-2.8583	384.579	0	0
44	13.0933	-2.59904	357.176	0	0
45	13.4884	-2.31384	329.042	0	0
46	13.8834	-2	300.214	0	0
47	14.2328	-1.69596	270.262	0	0
48	14.5821	-1.3639	239.631	0	0
49	14.9314	-1	208.353	0	0
50	15.3322	-0.536602	165.605	0	0
51	15.733	-0.0138197	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-24.218	-0.0138197
38.319	-0.0138197

Distributed Load





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

84 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



X	Y
-2.78573	4.85403
-5.58573	4.85403

**Distributed Load**

X	Y
1.7146	4.85403
-1.0854	4.85403

**Distributed Load**

X	Y
2.71368	4.85403
1.7146	4.85403
-1.0854	4.85403
-2.78573	4.85403
-5.58573	4.85403
-6.58448	4.85403

**External Boundary**

X	Y
-16.3235	-0.0138197
-17.185	-0.0138197
-24.218	-0.0138197
-24.218	-1
-24.218	-2
-24.218	-3.5
-24.218	-4.5
-24.218	-20.0138
38.319	-20.0138
38.319	-4.5
38.319	-3.5
38.319	-2
38.319	-1
38.319	-0.0138197
13.0911	-0.0138197
12.4527	-0.0138197
5.15454	4.85403
2.71368	4.85403
1.7146	4.85403
-1.0854	4.85403
-2.78573	4.85403
-5.58573	4.85403
-6.58448	4.85403
-9.02534	4.85403

**Material Boundary**

X	Y
-16.3235	-0.0138197
12.4527	-0.0138197

**Material Boundary**

X	Y
-24.218	-2
38.319	-2

**Material Boundary**

X	Y
-24.218	-3.5
38.319	-3.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

85 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



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

**Material Boundary**



X	Y
-24.218	-4.5
38.319	-4.5

**Material Boundary**

X	Y
-17.185	-0.0138197
-16.435	-0.51382
12.3411	-0.51382
13.0911	-0.0138197

**Material Boundary**

X	Y
-24.218	-1
38.319	-1

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 86 di 115</p>

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI35d\_6.4m\_2.8m\_stat  
 Last saved with Slide version: 7.038  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 13/07/2021, 15:23:08

#### General Settings

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

#### Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
 Name: Stabilità Globale\_A2+M2+R2

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

#### Analysis Options

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

87 di 115

SLIDE 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 20

Slices Type: Vertical

#### Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

### Groundwater Analysis

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

### Random Numbers

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

### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 3  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

### Seismic

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### Loading



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI35D0001B	88 di 115

SLIDE 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 20

3 Distributed Loads present

**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

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

**Distributed Load 3**

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

**Material Properties**

Property	Rilevato	Bonifico	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4	U6	3a
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	20	18	18	18	18	19	18
Cohesion [kPa]	0	0					0	0
Friction Angle [deg]	38	38					38	34
Cohesion Type			60	50	40	35		
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	0	1	1



Property	Colonna
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	43
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

**List Of Coordinates**

**Water Table**

X	Y
-38.1	-0.1
41.1913	-0.1



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 89 di 115</p>

**ALLEGATO 4- TABULATI DI SLIDE- ANALISI SLU SISMICA**

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

90 di 115

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: R135d\_6.4m\_2.8m\_sisma  
Slide Modeler Version: 7.038  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 13/07/2021, 15:23:08

#### General Settings

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

#### Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilità Globale\_SISMA+M2+R2

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

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

#### Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

91 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 20

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

### Random Numbers

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

### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 3  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

### Seismic

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### Loading

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

3 Distributed Loads present

#### Distributed Load 1

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

#### Distributed Load 2

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

#### Distributed Load 3

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

### Material Properties





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI35D0001B

92 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 20

Property	Rilevato	Bonifico	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4	U6	3a
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	20	18	18	18	18	19	18
Cohesion [kPa]	0	0					0	0
Friction Angle [deg]	38	38					38	34
Cohesion Type			60	50	40	35		
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	0	1	1

Property	Colonna
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	43
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

**Global Minimums**

**Method: bishop simplified**

FS	1.116230
Center:	11.488, 14.274
Radius:	19.795
Left Slip Surface Endpoint:	-6.650, 6.346
Right Slip Surface Endpoint:	25.188, -0.014
Resisting Moment:	25300.9 kN-m
Driving Moment:	22666.3 kN-m
Total Slice Area:	197.77 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	31.8384 m
Surface Average Height:	6.21168 m

**Valid / Invalid Surfaces**

**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces: 1910  
Number of Invalid Surfaces: 0

**Slice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.11623





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
93 di 115



Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.739631	11.1918	-63.9506	Rilevato	0	32.0066	7.47256	8.3411	13.3452	0	13.3452	28.6327	28.6327
2	0.739631	31.6369	-59.4086	Rilevato	0	32.0066	17.9052	19.9863	31.9766	0	31.9766	62.2631	62.2631
3	0.739631	48.8258	-55.4186	Rilevato	0	32.0066	27.7909	31.021	49.6313	0	49.6313	89.9444	89.9444
4	0.739631	63.7134	-51.8011	Rilevato	0	32.0066	35.7338	39.8871	63.8165	0	63.8165	109.228	109.228
5	0.739631	76.8392	-48.4557	Rilevato	0	32.0066	43.3119	48.346	77.3501	0	77.3501	126.229	126.229
6	0.739631	88.5447	-45.319	Rilevato	0	32.0066	47.1458	52.6256	84.1971	0	84.1971	131.871	131.871
7	0.0904483	11.5824	-43.6158	Colonna	0	36.7234	55.9728	62.4785	83.7497	0	83.7497	137.081	137.081
8	0.0614162	7.95318	-43.3128	Colonna	0	36.7234	56.6526	63.2373	85.0512	0.284008	84.7671	138.462	138.178
9	0.389409	52.0385	-42.4272	Bonifico	0	32.0066	51.8956	57.9274	94.9934	2.31379	92.6796	142.426	140.112
10	0.58438	82.803	-40.5505	U3b_1	42.8571	0	38.3945	42.8571	117.295	0	117.295	150.145	150.145
11	0.662707	99.9959	-38.2166	U3b_2	35.7143	0	31.9955	35.7143	146.02	0	146.02	171.213	171.213
12	0.662707	105.96	-35.8131	U3b_2	35.7143	0	31.9955	35.7143	156.789	0	156.789	179.876	179.876
13	0.320797	53.2993	-34.0698	U3b_3	28.5714	0	25.5963	28.5714	168.559	0	168.559	185.87	185.87
14	0.18	31.0879	-33.1981	Colonna	0	36.7234	79.3642	88.5887	140.23	21.4806	118.75	192.161	170.68
15	0.687788	119.706	-31.7165	U3b_3	28.5714	0	25.5963	28.5714	177.618	0	177.618	193.436	193.436
16	0.687788	124.736	-29.4037	U3b_3	28.5714	0	25.5963	28.5714	178.873	0	178.873	193.298	193.298
17	0.687788	129.318	-27.1425	U3b_3	28.5714	0	25.5963	28.5714	180.664	0	180.664	193.786	193.786
18	0.556637	107.734	-25.134	3a	0	28.3516	59.3623	66.262	157.567	34.7705	122.797	185.418	150.647
19	0.18	36.579	-23.9591	Colonna	0	36.7234	81.5406	91.0181	158.45	36.4438	122.006	194.684	158.241
20	0.857571	171.947	-22.3321	3a	0	28.3516	61.9192	69.1161	166.65	38.5641	128.086	192.085	153.521
21	0.857571	176.967	-19.6722	3a	0	28.3516	64.2583	71.727	174.72	41.7958	132.924	197.693	155.897
22	0.904859	184.883	-16.9847	U3b_4	25	0	22.3968	25	188.901	0	188.901	195.742	195.742
23	0.18	37.5518	-15.3452	Colonna	0	36.7234	86.7508	96.8338	176.055	46.2531	129.802	199.861	153.608
24	0.873333	170.618	-13.7736	U3b_4	25	0	22.3968	25	181.669	0	181.669	187.159	187.159
25	0.873333	163.484	-11.1837	U3b_4	25	0	22.3968	25	174.905	0	174.905	179.333	179.333
26	0.873333	155.706	-8.6168	U3b_4	25	0	22.3968	25	167.408	0	167.408	170.802	170.802
27	0.18	32.8263	-7.07587	Colonna	0	36.7234	75.9152	84.7388	165.287	51.6973	113.589	174.71	123.012
28	0.910902	151.546	-5.48891	U3b_4	25	0	22.3968	25	157.229	0	157.229	159.381	159.381
29	0.910902	141.566	-2.84444	U3b_4	25	0	22.3968	25	147.772	0	147.772	148.885	148.885
30	1.05323	152.116	0	U3b_4	25	0	22.3968	25	138.362	0	138.362	138.362	138.362
31	0.848321	110	2.75364	U3b_4	25	0	22.3968	25	125.299	0	125.299	124.222	124.222
32	0.848321	99.4976	5.21576	U3b_4	25	0	22.3968	25	114.406	0	114.406	112.361	112.361
33	0.848321	90.0893	7.68758	U3b_4	25	0	22.3968	25	104.76	0	104.76	101.737	101.737
34	0.18	20.4206	9.1904	Colonna	0	36.7234	43.462	48.5136	115.714	50.6834	65.0308	108.682	57.9989
35	0.873333	89.2452	10.7408	U3b_4	25	0	22.3968	25	102.145	0	102.145	97.8969	97.8969
36	0.873333	85.5652	13.3264	U3b_4	25	0	22.3968	25	99.1653	0	99.1653	93.86	93.86
37	0.873333	75.9703	15.9399	U3b_4	25	0	22.3968	25	89.7317	0	89.7317	83.3349	83.3349
38	0.18	16.5158	17.5276	Colonna	0	36.7234	37.054	41.3608	99.6027	44.1602	55.4425	87.9	43.7398
39	0.181702	14.9965	18.0774	U3b_4	25	0	22.3968	25	86.3775	0	86.3775	79.0668	79.0668
40	0.812766	64.5295	19.6028	3a	0	28.3516	19.9596	22.2795	83.1681	41.8798	41.2883	76.0597	34.1799
41	0.812766	59.9954	22.1213	3a	0	28.3516	19.178	21.4071	78.5111	38.8395	39.6716	70.7154	31.8759
42	0.812766	54.846	24.6858	3a	0	28.3516	18.1853	20.299	73.0046	35.3865	37.6181	64.6457	29.2592
43	0.18	12.4637	26.2709	Colonna	0	36.7234	33.127	36.9774	82.6852	33.1183	49.5669	66.3337	33.2154
44	0.799213	46.7579	27.8699	U3b_3	28.5714	0	25.5963	28.5714	69.582	0	69.582	56.0466	56.0466
45	0.799213	39.7388	30.5212	U3b_3	28.5714	0	25.5963	28.5714	62.723	0	62.723	47.6328	47.6328
46	0.799213	32.5403	33.2472	U3b_3	28.5714	0	25.5963	28.5714	55.7839	0	55.7839	39.0041	39.0041
47	0.662707	21.0054	35.8131	U3b_2	35.7143	0	31.9955	35.7143	53.4501	0	53.4501	30.3632	30.3632
48	0.662707	15.041	38.2166	U3b_2	35.7143	0	31.9955	35.7143	46.9341	0	46.9341	21.7411	21.7411
49	1.03521	10.1198	41.4362	U3b_1	42.8571	0	38.3945	42.8571	43.2549	0	43.2549	9.3624	9.3624
50	0.0904483	0.0701538	43.6158	U3b_1	42.8571	0	38.3945	42.8571	37.3229	0	37.3229	0.740171	0.740171

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.11623

Interslice Data Table Content
-------------------------------



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI35D0001B

94 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 20

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-6.65005	6.34587	0	0	0
2	-5.91042	4.83271	15.6069	0	0
3	-5.17079	3.58164	45.0275	0	0
4	-4.43116	2.50874	81.825	0	0
5	-3.69153	1.56879	120.733	0	0
6	-2.9519	0.734094	159.719	0	0
7	-2.21226	-0.0138197	195.262	0	0
8	-2.12182	-0.1	198.39	0	0
9	-2.0604	-0.157902	200.503	0	0
10	-1.67099	-0.51382	218.477	0	0
11	-1.08661	-1.01382	261.645	0	0
12	-0.423904	-1.53563	325.038	0	0
13	0.238803	-2.01382	387.711	0	0
14	0.5596	-2.23077	420.547	0	0
15	0.7396	-2.34855	425.39	0	0
16	1.42739	-2.77361	493.34	0	0
17	2.11518	-3.16122	555.547	0	0
18	2.80296	-3.51382	612.509	0	0
19	3.3596	-3.77497	629.667	0	0
20	3.5396	-3.85496	630.737	0	0
21	4.39717	-4.20723	650.792	0	0
22	5.25474	-4.51382	664.122	0	0
23	6.1596	-4.7902	711.596	0	0
24	6.3396	-4.83959	707.833	0	0
25	7.21293	-5.05368	741.499	0	0
26	8.08627	-5.22634	765.874	0	0
27	8.9596	-5.35869	781.55	0	0
28	9.1396	-5.38103	774.336	0	0
29	10.0505	-5.46856	780.429	0	0
30	10.9614	-5.51382	778.609	0	0
31	12.0146	-5.51382	767.799	0	0
32	12.863	-5.47302	752.929	0	0
33	13.7113	-5.39558	733.429	0	0
34	14.5596	-5.28107	710.002	0	0
35	14.7396	-5.25195	700.525	0	0
36	15.6129	-5.08628	671.542	0	0
37	16.4863	-4.87941	638.656	0	0
38	17.3596	-4.62998	603.098	0	0
39	17.5396	-4.57313	592.153	0	0
40	17.7213	-4.51382	584.221	0	0
41	18.5341	-4.22436	549.347	0	0
42	19.3468	-3.89398	512.862	0	0
43	20.1596	-3.52039	475.416	0	0
44	20.3396	-3.43155	463.154	0	0
45	21.1388	-3.00892	417.219	0	0
46	21.938	-2.53775	370.549	0	0
47	22.7372	-2.01382	323.6	0	0
48	23.3999	-1.53563	278.603	0	0
49	24.0627	-1.01382	234.174	0	0
50	25.0979	-0.1	155.754	0	0
51	25.1883	-0.0138197	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-38.1	-0.1
41.1913	-0.1

Distributed Load

X	Y
-2.78469	6.34587
-5.58469	6.34587

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

95 di 115

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI35d\_5m\_NP\_01\_sisma  
Slide Modeler Version: 7.029  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 13/07/2021, 15:23:08

#### General Settings

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

#### Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilità Globale\_SISMA+M2+R2

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

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

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



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

96 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



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

## Groundwater Analysis

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

## Random Numbers

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

## Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0843  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0421

3 Distributed Loads present

### Distributed Load 1

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

### Distributed Load 2

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

### Distributed Load 3

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

## Material Properties





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI35D0001B

97 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Property	Rilevato	Bonifico	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4	U6
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	18	18	18	18	19
Cohesion [kPa]	0	0					0
Friction Angle [deg]	38	38					38
Cohesion Type			60	50	40	35	
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	0	1

**Global Minimums**

**Method: bishop simplified**

FS	1.159800
Center:	7.783, 11.154
Radius:	15.654
Left Slip Surface Endpoint:	-6.547, 4.854
Right Slip Surface Endpoint:	18.752, -0.014
Resisting Moment:	13778.3 kN-m
Driving Moment:	11879.9 kN-m
Total Slice Area:	135.346 m2
Surface Horizontal Width:	25.2996 m
Surface Average Height:	5.34975 m

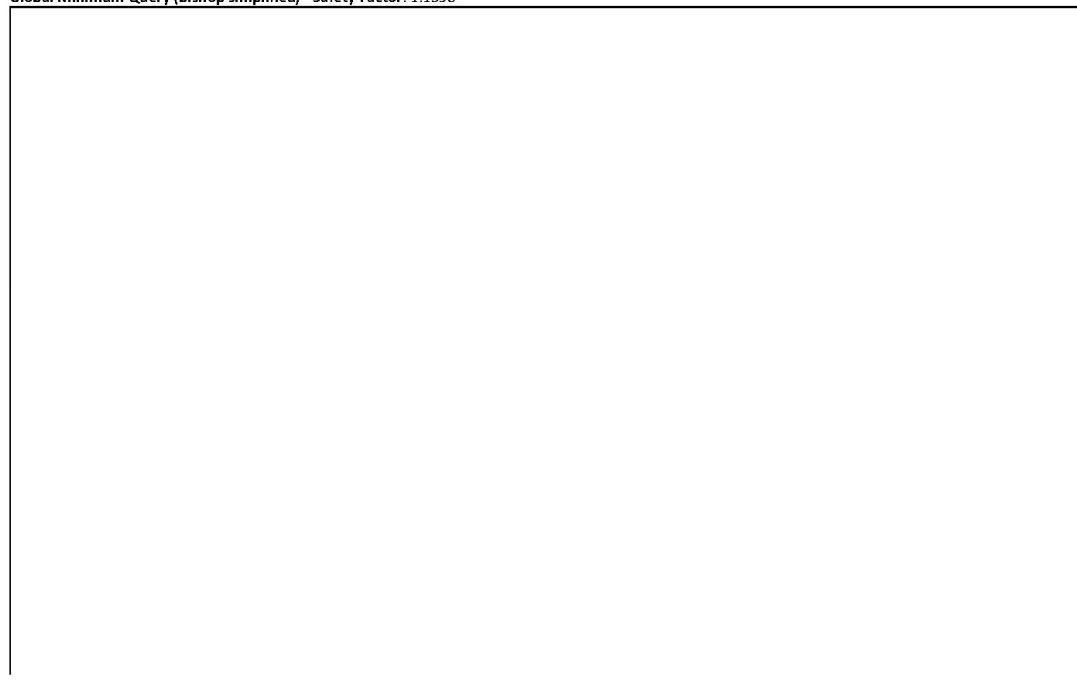
**Valid / Invalid Surfaces**

**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces: 2031  
Number of Invalid Surfaces: 0

**Slice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.1598





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI35D0001B

Foglio  
98 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038

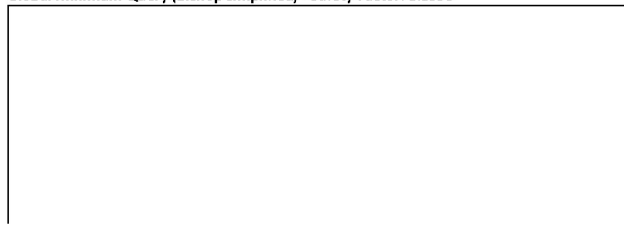


SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 7

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.480155	4.77865	-64.2447	Rilevato	0	32.0066	6.09282	7.06645	11.3058	0	11.3058	23.9345	23.9345
2	0.480155	13.6224	-60.4406	Rilevato	0	32.0066	11.4895	13.3255	21.3198	0	21.3198	41.5783	41.5783
3	0.480155	21.2436	-57.0436	Rilevato	0	32.0066	20.3221	23.5696	37.7097	0	37.7097	69.0552	69.0552
4	0.480155	27.9654	-53.9353	Rilevato	0	32.0066	25.55	29.6329	47.4105	0	47.4105	82.4938	82.4938
5	0.480155	33.9827	-51.0448	Rilevato	0	32.0066	30.5576	35.4407	56.7026	0	56.7026	94.4984	94.4984
6	0.480155	39.4242	-48.3253	Rilevato	0	32.0066	35.366	41.0175	65.6251	0	65.6251	105.354	105.354
7	0.480155	44.3803	-45.7444	Rilevato	0	32.0066	39.9878	46.3779	74.2012	0	74.2012	115.242	115.242
8	0.533433	54.6007	-43.147	Bonifico	0	32.0066	42.6901	49.512	81.6681	2.4525	79.2156	121.683	119.23
9	0.570513	63.7449	-40.437	U3b_1	42.8571	0	36.9521	42.8571	89.9419	0	89.9419	121.432	121.432
10	0.459703	54.8611	-37.9975	U3b_2	35.7143	0	30.7935	35.7143	104.662	0	104.662	128.719	128.719
11	0.459703	57.7233	-35.8914	U3b_2	35.7143	0	30.7935	35.7143	112.399	0	112.399	134.682	134.682
12	0.459703	60.3748	-33.84	U3b_2	35.7143	0	30.7935	35.7143	129.793	0	129.793	150.439	150.439
13	0.496905	68.0146	-31.7575	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	142.567	0	142.567	157.816	157.816
14	0.496905	70.6547	-29.6416	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	148.887	0	148.887	162.905	162.905
15	0.496905	73.0795	-27.5694	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	154.717	0	154.717	167.579	167.579
16	0.496905	75.3014	-25.5356	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	160.093	0	160.093	171.862	171.862
17	0.496905	77.3309	-23.5359	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	163.388	0	163.388	174.118	174.118
18	0.496905	79.1772	-21.5661	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	157.297	0	157.297	167.033	167.033
19	0.524264	85.3427	-19.5699	U3b_4	25	0	21.5554	25	160.225	0	160.225	167.888	167.888
20	0.524264	87.0041	-17.5453	U3b_4	25	0	21.5554	25	152.154	0	152.154	158.969	158.969
21	0.524264	88.4743	-15.5431	U3b_4	25	0	21.5554	25	155.659	0	155.659	161.655	161.655
22	0.524264	89.7589	-13.5602	U3b_4	25	0	21.5554	25	158.803	0	158.803	164.002	164.002
23	0.524264	90.863	-11.5938	U3b_4	25	0	21.5554	25	161.597	0	161.597	166.019	166.019
24	0.524264	91.3064	-9.6411	U3b_4	25	0	21.5554	25	163.168	0	163.168	166.829	166.829
25	0.524264	88.8275	-7.69968	U3b_4	25	0	21.5554	25	159.386	0	159.386	162.3	162.3
26	0.524264	85.7453	-5.76712	U3b_4	25	0	21.5554	25	154.491	0	154.491	156.668	156.668
27	0.524264	82.4946	-3.84113	U3b_4	25	0	21.5554	25	149.282	0	149.282	150.729	150.729
28	0.524264	79.0771	-1.91949	U3b_4	25	0	21.5554	25	143.762	0	143.762	144.484	144.484
29	0.524264	75.4935	0	U3b_4	25	0	21.5554	25	137.937	0	137.937	137.937	137.937
30	0.524264	71.744	1.91949	U3b_4	25	0	21.5554	25	131.808	0	131.808	131.086	131.086
31	0.524264	67.8285	3.84113	U3b_4	25	0	21.5554	25	125.379	0	125.379	123.932	123.932
32	0.524264	63.746	5.76712	U3b_4	25	0	21.5554	25	118.649	0	118.649	116.472	116.472
33	0.524264	59.4952	7.69968	U3b_4	25	0	21.5554	25	111.62	0	111.62	108.705	108.705
34	0.524264	55.074	9.64111	U3b_4	25	0	21.5554	25	104.289	0	104.289	100.627	100.627
35	0.524264	50.4798	11.5938	U3b_4	25	0	21.5554	25	96.6551	0	96.6551	92.2328	92.2328
36	0.524264	45.7091	13.5602	U3b_4	25	0	21.5554	25	88.715	0	88.715	83.5161	83.5161
37	0.524264	40.758	15.5431	U3b_4	25	0	21.5554	25	80.465	0	80.465	74.4696	74.4696
38	0.524264	36.1475	17.5453	U3b_4	25	0	21.5554	25	72.8609	0	72.8609	66.0458	66.0458
39	0.524264	33.8491	19.5699	U3b_4	25	0	21.5554	25	69.5088	0	69.5088	61.846	61.846
40	0.496905	30.3031	21.5661	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	68.1521	0	68.1521	58.4154	58.4154
41	0.496905	28.4568	23.5359	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	65.861	0	65.861	54.8563	54.8563
42	0.496905	26.4273	25.5356	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	62.7127	0	62.7127	50.9437	50.9437
43	0.496905	24.2054	27.5694	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	59.5224	0	59.5224	46.6604	46.6604
44	0.496905	21.7806	29.6416	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	56.0041	0	56.0041	41.9859	41.9859
45	0.496905	19.1405	31.7575	U3b_3	28.5714	0	24.6348	28.5714	52.1454	0	52.1454	36.8964	36.8964
46	0.459703	15.1598	33.84	U3b_2	35.7143	0	30.7935	35.7143	52.2326	0	52.2326	31.587	31.587
47	0.459703	12.5083	35.8914	U3b_2	35.7143	0	30.7935	35.7143	48.3456	0	48.3456	26.0619	26.0619
48	0.459703	9.64612	37.9975	U3b_2	35.7143	0	30.7935	35.7143	44.154	0	44.154	20.0976	20.0976
49	0.551973	7.46522	40.3915	U3b_1	42.8571	0	36.9521	42.8571	44.3915	0	44.3915	12.9522	12.9522
50	0.551973	2.56612	43.1015	U3b_1	42.8571	0	36.9521	42.8571	39.031	0	39.031	4.44994	4.44994

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.1598





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

99 di 115



Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-6.54714	4.85403	0	0	0
2	-6.06699	3.8588	8.7295	0	0
3	-5.58683	3.01218	22.4115	0	0
4	-5.10668	2.27157	42.3736	0	0
5	-4.62652	1.61226	63.7226	0	0
6	-4.14637	1.01837	85.5915	0	0
7	-3.66621	0.478977	107.333	0	0
8	-3.18606	-0.0138197	128.442	0	0
9	-2.65262	-0.51382	151.109	0	0
10	-2.08211	-1	179.131	0	0
11	-1.62241	-1.35913	207.188	0	0
12	-1.1627	-1.69179	235.291	0	0
13	-0.703001	-2	266.229	0	0
14	-0.206097	-2.30758	303.574	0	0
15	0.290808	-2.59034	339.39	0	0
16	0.787713	-2.84978	373.45	0	0
17	1.28462	-3.08717	405.562	0	0
18	1.78152	-3.3036	435.203	0	0
19	2.27843	-3.5	460.531	0	0
20	2.80269	-3.68637	486.287	0	0
21	3.32696	-3.85213	507.542	0	0
22	3.85122	-3.99794	526.399	0	0
23	4.37548	-4.12439	542.746	0	0
24	4.89975	-4.23195	556.487	0	0
25	5.42401	-4.32101	567.416	0	0
26	5.94828	-4.39189	574.902	0	0
27	6.47254	-4.44484	579.011	0	0
28	6.9968	-4.48004	579.92	0	0
29	7.52107	-4.49761	577.812	0	0
30	8.04533	-4.49761	572.877	0	0
31	8.5696	-4.48004	565.309	0	0
32	9.09386	-4.44484	555.314	0	0
33	9.61812	-4.39189	543.106	0	0
34	10.1424	-4.32101	528.91	0	0
35	10.6667	-4.23195	512.966	0	0
36	11.1909	-4.12439	495.525	0	0
37	11.7152	-3.99794	476.861	0	0
38	12.2394	-3.85213	457.264	0	0
39	12.7637	-3.68637	436.935	0	0
40	13.288	-3.5	415.534	0	0
41	13.7849	-3.3036	392.464	0	0
42	14.2818	-3.08717	368.428	0	0
43	14.7787	-2.84978	343.529	0	0
44	15.2756	-2.59034	317.887	0	0
45	15.7725	-2.30758	291.647	0	0
46	16.2694	-2	264.982	0	0
47	16.7291	-1.69179	236.007	0	0
48	17.1888	-1.35913	206.824	0	0
49	17.6485	-1	177.626	0	0
50	18.2005	-0.530375	137.013	0	0
51	18.7525	-0.0138197	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-24.218	-0.0138197
38.319	-0.0138197

Distributed Load





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

100 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



X	Y
-2.78573	4.85403
-5.58573	4.85403

**Distributed Load**

X	Y
1.7146	4.85403
-1.0854	4.85403

**Distributed Load**

X	Y
2.71368	4.85403
1.7146	4.85403
-1.0854	4.85403
-2.78573	4.85403
-5.58573	4.85403
-6.58448	4.85403

**External Boundary**

X	Y
-16.3235	-0.0138197
-17.185	-0.0138197
-24.218	-0.0138197
-24.218	-1
-24.218	-2
-24.218	-3.5
-24.218	-4.5
-24.218	-20.0138
38.319	-20.0138
38.319	-4.5
38.319	-3.5
38.319	-2
38.319	-1
38.319	-0.0138197
13.0911	-0.0138197
12.4527	-0.0138197
5.15454	4.85403
2.71368	4.85403
1.7146	4.85403
-1.0854	4.85403
-2.78573	4.85403
-5.58573	4.85403
-6.58448	4.85403
-9.02534	4.85403

**Material Boundary**

X	Y
-16.3235	-0.0138197
12.4527	-0.0138197

**Material Boundary**

X	Y
-24.218	-2
38.319	-2

**Material Boundary**

X	Y
-24.218	-3.5
38.319	-3.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

101 di 115

SLIDEINTERPRET 7.038



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

**Material Boundary**


X	Y
-24.218	-4.5
38.319	-4.5

**Material Boundary**



X	Y
-17.185	-0.0138197
-16.435	-0.51382
12.3411	-0.51382
13.0911	-0.0138197

**Material Boundary**

X	Y
-24.218	-1
38.319	-1

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 102 di 115</p>

**ALLEGATO 5- TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 103 di 115

## Settle3D Analysis Information

### RI35d

#### Project Settings

Document Name: RI35d\_2.8\_ril+p  
Project Title: RI35d  
Date Created: 08/03/2021, 11:30:59  
Stress Computation Method: Boussinesq  
Use settlement cutoff, load/insitu vertical stress ratio: 0.1  
Groundwater method: Water Table  
Water Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Depth to water table: 0 [m]

#### Stage Settings

Stage #	Name
1	Rilevato ferroviario
2	Piazzale

#### Results

Time taken to compute: 0 seconds

##### Stage: Rilevato ferroviario

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	7.99409
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	7.99409
Loading Stress [kPa]	0.00384488	162.487
Effective Stress [kPa]	0.00384488	234.339
Total Stress [kPa]	0.00384488	401.109
Total Strain	-0	0.0171216
Pore Water Pressure [kPa]	0	166.77
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.258648	250
Over-consolidation Ratio	1	45.4379
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

##### Stage: Piazzale

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	8.37876
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	8.37876

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

104 di 115

Loading Stress [kPa]	0.007964	166.153
Effective Stress [kPa]	0.007964	257.609
Total Stress [kPa]	0.007964	424.379
Total Strain	-4.95339e-007	0.0177697
Pore Water Pressure [kPa]	0	166.77
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.262808	257.57
Over-consolidation Ratio	1	45.3963
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

## Embankments

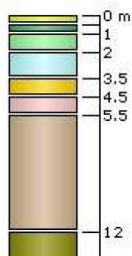
### 1. Embankment: "Rilevato"

Label: Rilevato  
Center Line: (0, -80) to (0, 80)  
Number of Layers: 3  
Near End Angle: 90 degrees  
Far End Angle: 90 degrees  
Base Width: 33.25

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Rilevato ferroviario	0	34	5.36	20	34	0
2	Rilevato ferroviario	0	34	0.73	20	34	0
3	Piazzale	0	90	0.55	18	90	0

## Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	Rinterro	0.5	0
2	U3b_1_cons	0.5	0.5
3	U3_b2_cons	1	1
4	U3_b3_cons	1.5	2
5	U4_cons	1	3.5
6	U3_b4_cons	1	4.5
7	U6_1	6.5	5.5
8	U6_2	5	12







Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

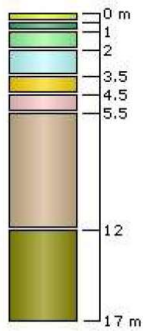
12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

105 di 115



**Soil Properties**



Property	Rinterro	U3b_1_cons	U3_b2_cons	U3_b3_cons	U3_b4_cons	U6_1	U6_2	U4_cons
Color								
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	18	18	18	19	19	19
Saturated Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	18	18	18	19	19	19
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	22600	9500	9500	8100	9500	90000	100000	22600
Esur [kPa]	22600	9500	9500	8100	9500	90000	100000	22600

**Query Points**

Point #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	0, -0.389604	Auto: 73

**Query Lines**

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-30, 0	50, 0	100	Auto: 73

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI35D0001B	Foglio 106 di 115

## Settle3D Analysis Information

### RI35d

#### Project Settings

Document Name: RI35d\_2.6\_ril+p+f  
Project Title: RI35d  
Date Created: 08/03/2021, 11:30:59  
Stress Computation Method: Boussinesq  
Use settlement cutoff, load/insitu vertical stress ratio: 0.1  
Groundwater method: Water Table  
Water Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Depth to water table: 0 [m]

#### Stage Settings

Stage #	Name
1	Rilevato ferroviario
2	Piazzale
3	Fabbricato

#### Results

Time taken to compute: 5.2 seconds

##### Stage: Rilevato ferroviario

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	8.01898
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	8.01898
Loading Stress [kPa]	0.00731827	166.448
Effective Stress [kPa]	0.00731827	238.137
Total Stress [kPa]	0.00731827	404.907
Total Strain	-0	0.0168062
Pore Water Pressure [kPa]	0	166.77
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.262164	250
Over-consolidation Ratio	1	45.4009
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

##### Stage: Piazzale

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	8.03062
Consolidation Settlement [cm]	0	0

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

107 di 115

Immediate Settlement [cm]	0	8.03062
Loading Stress [kPa]	0.007964	166.153
Effective Stress [kPa]	0.007964	257.609
Total Stress [kPa]	0.007964	424.379
Total Strain	-2.21621e-006	0.0167366
Pore Water Pressure [kPa]	0	166.77
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.262808	257.57
Over-consolidation Ratio	1	45.3963
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

### Stage: Fabbriato

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	8.61372
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	8.61372
Loading Stress [kPa]	0.007964	166.153
Effective Stress [kPa]	0.007964	268.681
Total Stress [kPa]	0.007964	435.451
Total Strain	-0	0.0171144
Pore Water Pressure [kPa]	0	166.77
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.305959	268.644
Over-consolidation Ratio	1	44.5021
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

## Loads

### 1. Rectangular Load

Length: 6.7 m  
Width: 100 m  
Rotation angle: 0 degrees  
Load Type: Flexible  
Area of Load: 670 m<sup>2</sup>  
Load: 60 kPa  
Depth: -5.36 m  
Installation Stage: Fabbriato

#### Coordinates

X [m]	Y [m]
16.95	-50
23.65	-50
23.65	50
16.95	50

### 2. Rectangular Load

Length: 8.2 m

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

108 di 115

Width: 100 m  
Rotation angle: 0 degrees  
Load Type: Flexible  
Area of Load: 820 m<sup>2</sup>  
Load: 10 kPa  
Depth: -5.36 m  
Installation Stage: Fabbricato

**Coordinates**

X [m]	Y [m]
8.75	-50
16.95	-50
16.95	50
8.75	50

**3. Rectangular Load**

Length: 8.2 m  
Width: 100 m  
Rotation angle: 0 degrees  
Load Type: Flexible  
Area of Load: 820 m<sup>2</sup>  
Load: 10 kPa  
Depth: -5.36 m  
Installation Stage: Fabbricato

**Coordinates**

X [m]	Y [m]
23.65	-50
31.85	-50
31.85	50
23.65	50

**Embankments****1. Embankment: "Rilevato"**

Label: Rilevato  
Center Line: (0, -80) to (0, 80)  
Number of Layers: 3  
Near End Angle: 90 degrees  
Far End Angle: 90 degrees  
Base Width: 33.25

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Rilevato ferroviario	0	34	5.36	20	34	0
2	Rilevato ferroviario	0	34	0.73	20	34	0
3	Rilevato ferroviario	0	90	0.55	18	90	0

**Soil Layers**

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

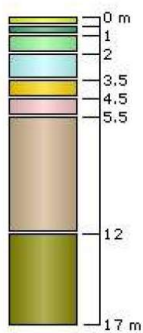
Codifica

EI2RBRI35D0001B









Foglio

109 di 115

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	Rinterro	0.5	0
2	U3b_1_cons	0.5	0.5
3	U3_b2_cons	1	1
4	U3_b3_cons	1.5	2
5	U4_cons	1	3.5
6	U3_b4_cons	1	4.5
7	U6_1	6.5	5.5
8	U6_2	5	12



### Soil Properties

Property	Rinterro	U3b_1_cons	U3_b2_cons	U3_b3_cons	U3_b4_cons	U6_1	U6_2	U4_cons
Color								
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	18	18	18	19	19	19
Saturated Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	18	18	18	19	19	19
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	23000	10000	10000	8600	10000	90000	100000	23000
Esur [kPa]	23000	10000	10000	8600	10000	90000	100000	23000

### Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-30, 0	50, 0	100	Auto: 73

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

110 di 115

## Settle3D Analysis Information

### RI36c

#### Project Settings

Document Name: RI35d\_5m\_NP\_01\_consolid.s3z  
 Project Title: RI36c  
 Date Created: 08/03/2021, 11:30:59  
 Stress Computation Method: Boussinesq  
 Time-dependent Consolidation Analysis  
 Time Units: days  
 Permeability Units: meters/second  
 Groundwater method: Water Table  
 Water Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
 Depth to water table: 0 [m]

#### Stage Settings

Stage #	Name	Time [days]
1	Rilevato	0
2	Check	0.01
3	Rilevato+impianti	180
4	Ballast	180
5	Consolid finale	250

#### Results

Time taken to compute: 1.90179 seconds

#### Stage: Rilevato = 0 d

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	1.368
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	1.368
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	143.531
Effective Stress [kPa]	-0	161.92
Total Stress [kPa]	0	398.132
Total Strain	-0	0.00715982
Pore Water Pressure [kPa]	0	236.212
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0	143.531
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	250
Over-consolidation Ratio	1	45.4803

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

111 di 115

Void Ratio	0	1
Permeability [m/s]	0	0.0002592
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	0.0900281
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	100

**Stage: Check = 0.01 d**

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	1.62576
Consolidation Settlement [cm]	0	0.268941
Immediate Settlement [cm]	0	1.368
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	143.531
Effective Stress [kPa]	-0	221.552
Total Stress [kPa]	0	398.132
Total Strain	-7.56136e-006	0.0175141
Pore Water Pressure [kPa]	0	176.58
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0	128.365
Degree of Consolidation [%]	0	68.4244
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	250
Over-consolidation Ratio	1	45.4803
Void Ratio	0	1.00002
Permeability [m/s]	0	0.0002592
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	0.0900281
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	100

**Stage: Rilevato+impianti = 180 d**

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	9.55876
Consolidation Settlement [cm]	0	8.22958
Immediate Settlement [cm]	0	1.368
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	143.531
Effective Stress [kPa]	-0	221.552
Total Stress [kPa]	0	398.132
Total Strain	-9.41011e-006	0.0347084
Pore Water Pressure [kPa]	0	176.58
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0	0.858404
Degree of Consolidation [%]	0	99.9982
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	250
Over-consolidation Ratio	1	45.4957
Void Ratio	0	1.00002
Permeability [m/s]	0	0.0002592
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	0.0900281
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

112 di 115

Average Degree of Consolidation [%]	0	99.9802
-------------------------------------	---	---------

**Stage: Ballast = 180 d**

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	9.64074
Consolidation Settlement [cm]	0	8.22958
Immediate Settlement [cm]	0	1.46387
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0.00153741	148.564
Effective Stress [kPa]	-0	221.552
Total Stress [kPa]	0.00153741	401.765
Total Strain	-9.41011e-005	0.0347084
Pore Water Pressure [kPa]	0.00153741	180.213
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0.00153741	9.12145
Degree of Consolidation [%]	0	97.5256
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	250
Over-consolidation Ratio	1	45.4957
Void Ratio	0	1.00002
Permeability [m/s]	0	0.0002592
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	0.0900281
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	95.2124

**Stage: Consolid finale = 250 d**

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	9.84008
Consolidation Settlement [cm]	0	8.43493
Immediate Settlement [cm]	0	1.46387
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0.00153741	148.564
Effective Stress [kPa]	0.00153741	225.185
Total Stress [kPa]	0.00153741	401.765
Total Strain	7.80485e-005	0.0351931
Pore Water Pressure [kPa]	0	176.58
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0	1.57712
Degree of Consolidation [%]	0	99.9824
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.256311	250
Over-consolidation Ratio	1	45.4629
Void Ratio	0	0.999994
Permeability [m/s]	0	0.0002592
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	0.0900281
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	99.8231

**Embankments**





Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

113 di 115



1. Embankment: "Rilevato"

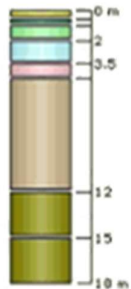
Label: Rilevato  
Center Line: (0, -50) to (0, 50)  
Number of Layers: 2  
Near End Angle: 90 degrees  
Far End Angle: 90 degrees  
Base Width: 28.78

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Rilevato = 0 d	0	34	4.87	20	34	0
2	Ballast = 180 d	0	90	0.55	18	90	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]	Drained at Bottom
1	Rinterro	0.5	0	No
2	U3b_1	0.5	0.5	No
3	U3_b2	1	1	No
4	U3_b3	1.5	2	No
5	U3_b4	1	3.5	Yes
6	U6_1	7.5	4.5	Yes
7	U6_2	3	12	Yes
8	U6_2	3	15	Yes

Ground Surface Drained: Yes



Soil Properties

Property	Rinterro	U3b_1	U3_b2	U3_b3	U3_b4	U6_1	U6_2
Color							
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	18	18	18	19	19
Saturated Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	18	18	18	19	19
Immediate Settlement	Enabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Enabled	Enabled

Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI35D0001B

Foglio

114 di 115



Es [kPa]	20000					90000	100000
Esur [kPa]	20000					90000	100000
Primary Consolidation	Disabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Disabled	Disabled
Material Type		Non-Linear	Non-Linear	Non-Linear	Non-Linear		
Cc		0.36	0.36	0.4	0.4		
Cr		0.05	0.05	0.05	0.05		
e0		1	1	1	1		
Pc [kPa]		250	250	170	170		
OCR	1					1	
Cv [m <sup>2</sup> /s]							
K [m/s]		3e-009	3e-009	3e-009	3e-009		
Kr		3e-009	3e-009	3e-009	3e-009		
B-bar		1	1	1	1		

### Query Points

Point #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	0, -0.558284	Auto: 69

### Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-50, 0	50, 0	100	Auto: 69

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+150,00 al km 19+531,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI35D0001B</p>	<p>Foglio 115 di 115</p>

#### ALLEGATO 6- VERSIONI SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI

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