

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 seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60
GENERALE
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Aprile 2022			

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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	B	R	I	6	5	B	0	0	0	1	B	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Alberto Levorato	Data Aprile 2022

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	A. Mingoia	Maggio 2021	V. Pastore	Maggio 2021	P. Ascari	Maggio 2021	
B	REVISIONE	G. Pepe	Aprile 2022	V. Pastore	Aprile 2022	P. Ascari	Aprile 2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN17-12-E-I2-RB-RI65-B0-001-B01
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 2 di 171

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	CARATTERISTICHE MATERIALI	8
3.1	Acciaio	8
3.2	Calcestruzzo	8
4	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	10
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	12
5.1	Indagini disponibili.....	12
5.2	Inquadramento stratigrafico	13
5.3	Livello di falda	15
5.4	Condizioni geotecniche del sito	16
5.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	35
5.5.1	Materiale da rilevato.....	35
6	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	36
6.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	36
6.1.1	Vita Nominale.....	36
6.1.2	Classe d'uso	36
6.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	37
6.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	37
6.1.5	Condizioni topografiche	37
6.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	38
6.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	38
6.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	40
6.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	42
6.3	Risultati delle verifiche a liquefazione	45
7	VERIFICA DELL'OPERA.....	50
7.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	50
7.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	50
7.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	52
7.2	Azioni di progetto	53
7.2.1	Azioni permanenti	53

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 3 di 171

7.2.2	Azioni variabili	53
7.2.3	Azione sismica	53
7.3	Sezioni di calcolo	54
7.4	Risultati e verifiche.....	56
7.4.1	Sezione A.....	56
7.4.2	Sezione B.....	67
8	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	71
	Allegati	72
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO	73
	ALLEGATO 2 – INDAGINI DISPONIBILI	75
	ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI STATICHE	89
	ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE	101
	ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS	114
	ALLEGATO 6 - VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI.....	170

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 4 di 171

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI65B, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 184+542,12 e il km 184+939,60 (Linea Storica).

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

Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa applicata (v. capitolo seguente), e gli interventi proposti sono volti a garantire la stabilità del rilevato ed il rispetto dei requisiti prestazionali previsti.

Il documento è così organizzato:

- documenti e normativa di riferimento (capitolo 2);
- caratteristiche dei materiali (capitolo 3);
- inquadramento dell'opera e caratteristiche geometriche del rilevato (capitolo 4);
- definizione del modello geotecnico di riferimento (capitolo 5);
- valutazione della suscettibilità alla liquefazione e descrizione degli eventuali interventi di mitigazione (capitolo 6);
- verifiche geotecniche dei rilevati (capitolo 7);
- conclusioni e raccomandazioni (capitolo 8).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 5 di 171

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] IN1712EI2W9RI65B0001A-3A Sezioni trasversali, tav 1-3
- [2] IN1712EI2F7RI65B0001A Profilo longitudinale
- [3] IN1712EI2P8RI65B0001A Planimetria stato di fatto
- [4] IN1712EI2P8RI65B0002A Planimetria stato di progetto
- [5] IN1712EI2RORI65B0001A Relazione tecnica generale
- [6] IN1712EI2PARI65A3001A-2A Inclusioni rigide - Planimetria di progetto e tracciamento 1 di 2
- [7] IN1712EI2BZRI65A3001A Inclusioni rigide - Carpenteria ed armatura, tabella ferri e dettagli costruttivi
- [8] IN1712EI2BZRI65A3002A Inclusioni rigide - Fasi di realizzazione
- [9] IN1710EI2RBGE0000004A Relazione Geotecnica (da 33+500 a 44+000)
- [10] IN1710EI2LZGE0000020A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 9 di 11
- [11] IN1710EI2RHGE0000006A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2
- [12] IN1710EI2P5GE0000009A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 9 di 11
- [13] IN1710EI2RHGE0000004A Relazione idrogeologica 2/2
- [14] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [15] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [16] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [17] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [18] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [19] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [20] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

- [21] 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
- [22] 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
- [23] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [24] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 6 di 171

- [25] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [26] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [27] 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
- [28] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [29] 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
- [30] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [31] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea)

2.3 Bibliografia

- [32] Bentley - Plaxis ver 2017
- [33] Burland J.B., Broms B.B. & de Mello, V.F.B. (1977), “Behaviour of foundations and structures”, Proc. IX ICSMFE, Tokyo, Vol.2, pp.495-546
- [34] GeoStru – RC-SEC ver 2015
- [35] 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.
- [36] Jamiolkowski M., Leroueil S. and Lo Presti D.C.F. (1991), “Theme lecture: Design paramters from theory to practice”. Proc. Geo-Coast 1991, Yokohama, Japan, pp.1-41
- [37] 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.
- [38] 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.
- [39] NAVFAC (1982), “Soil Mechanics. D.M. 7.1”, Naval Facilities Engineering Command. Alexandria
- [40] Parez and Fauriel (1988), “Le piezocone améliorations apportées à la reconnaissance de sols”. Revue Française de Géotechnique, Vol.44, pp-13-27
- [41] 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.
- [42] Rocscience - Slide ver 7.0, 2017

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 7 di 171

- [43] 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.
- [44] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [45] 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.
- [46] 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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 8 di 171

3 CARATTERISTICHE MATERIALI

Tutti i materiali previsti per la realizzazione dell'opera sono stati definiti in conformità a quanto espressamente indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni emesse con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 e dal MdP (Doc. rif. [26]). Nei paragrafi che seguono si elencano le principali caratteristiche fisico-meccaniche richieste ai suddetti materiali.

3.1 Acciaio

Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo acciaio	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
con	$\gamma_s = 1.15 \text{ per SLU}$ $\gamma_s = 1.00 \text{ per SLE}$
resistenza di calcolo SLU	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo SLE	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450.0 \text{ MPa}$
con	
limite di trazione (combinazione rara)	$\sigma_s \leq 0.80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

3.2 Calcestruzzo

Calcestruzzo per inclusioni rigide

Classe di resistenza	C25/30
classe di esposizione	XC2
copriferro minimo	$c_{f,min} \geq 60 \text{ mm}$
modulo elastico	$E_c = 31476 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo calcestruzzo	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$
con	$\gamma_c = 1.50 \text{ per SLU}$ $\gamma_c = 1.00 \text{ per SLE}$
resistenza di calcolo SLU	$f_{cd} = f_{ck} \times 0.85 / \gamma_c = 14.17 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo SLE	$f_{cd} = f_{ck} \times 0.85 / \gamma_c = 21.25 \text{ MPa}$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 9 di 171

con

limite di compressione (combinazione rara)

$$\sigma_c \leq 0.60 \times f_{ck} = 15 \text{ MPa}$$

Calcestruzzo per elementi di testa delle inclusioni rigide

Classe di resistenza

C25/30

classe di esposizione

XC2

copriferro minimo

$$c_{f,\min} \geq 50 \text{ mm}$$

modulo elastico

$$E_c = 31476 \text{ MPa}$$

resistenza caratteristica cubica

$$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

resistenza caratteristica cilindrica

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

resistenza di calcolo calcestruzzo

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

con

$$\gamma_c = 1.50 \text{ per SLU}$$

$$\gamma_c = 1.00 \text{ per SLE}$$

resistenza di calcolo SLU

$$f_{cd} = f_{ck} \times 0.85 / \gamma_c = 14.17 \text{ MPa}$$

resistenza di calcolo SLE

$$f_{cd} = f_{ck} \times 0.85 / \gamma_c = 21.25 \text{ MPa}$$

con

limite di compressione (combinazione rara)

$$\sigma_c \leq 0.60 \times f_{ck} = 15 \text{ MPa}$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 10 di 171

4 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si colloca in adiacenza alla spalla Est del Viadotto Guà e si estende dalla pk 184+542,12 a pk 184+939,60, per una lunghezza totale di 400 m. L'opera accoglie nella sua sede sia la linea storica (RI65B) che il nuovo tracciato della linea AV/AC (RI65A). Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

La geometria dell'opera è descritta in dettaglio negli elaborati grafici di progetto: Planimetria di progetto (Doc. rif. [4]), Profilo longitudinale (Doc. rif. [2]) e Sezioni trasversali (Doc. rif. [1]). Nelle vicinanze della spalla del viadotto, si riscontra l'altezza massima del rilevato pari a 6.10 m.

Come discusso nel capitolo 7 della presente relazione, per garantire i requisiti prestazionali dell'opera nel tratto iniziale, laddove si hanno le altezze massimo del rilevato ed in adiacenza alla spalla del viadotto, a partire dal piano di scotico (circa 0.5 m pc), si realizzerà un piano di lavoro (orientativamente 40 cm di spessore) con materiale granulare compattato, in modo da consentire l'operatività delle macchine, Da questo piano di lavoro si realizzeranno inclusioni rigide, da gettare fino alla quota del piano stesso. Successivamente, si realizzerà uno strato di misto cementato dello spessore di 80 cm. Le inclusioni saranno costituite da elementi colonnari $\Phi 600$ in calcestruzzo C25/30, avranno una lunghezza generalmente di 13 m ed un interasse di 2.6 m nelle direzioni trasversale e longitudinale alla linea ferroviaria.

Nelle figure che seguono si illustrano schematicamente le soluzioni progettuali. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici (Doc. rif. [6], [7] e [8]).

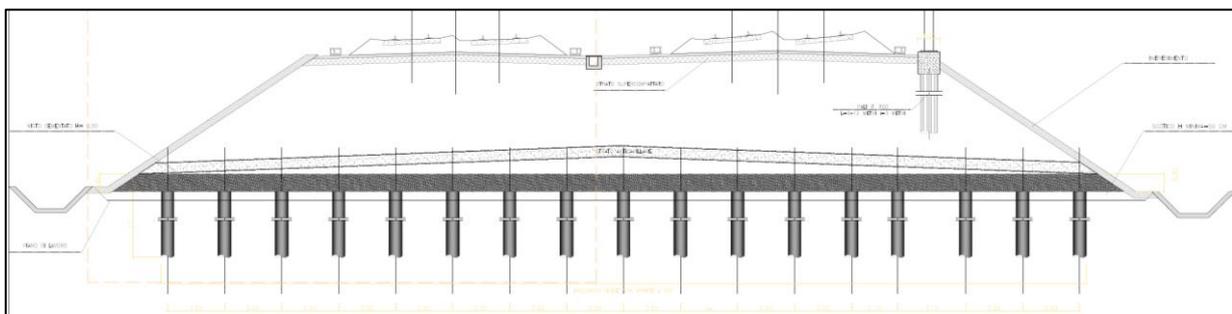


Figura 1 – Sezione tipo del rilevato RI65B, tra pk 184+542,12 a pk 185+442,12

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 11 di 171</p>

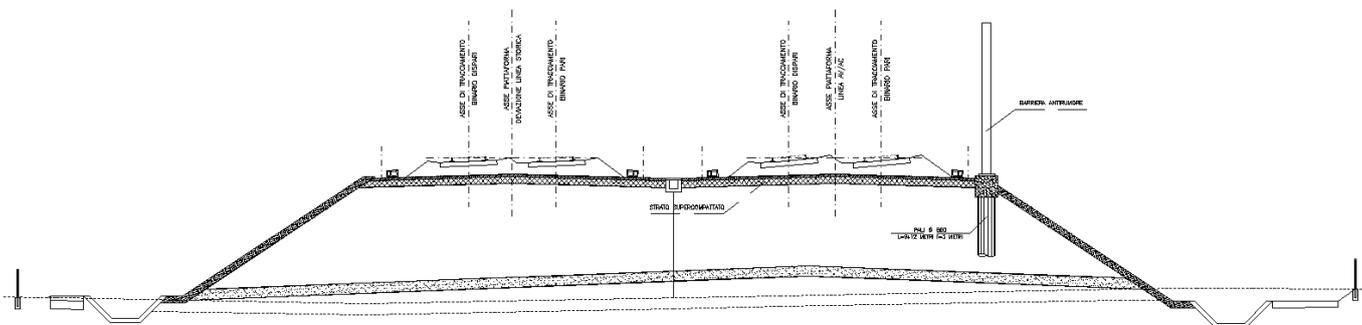


Figura 2 – Sezione tipo del rilevato RI65B, tra pk 185+442,12 e 184+939,60

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 12 di 171

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 3, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [10]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [14] - [20]).

Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2.

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative all'area di interesse e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [9]).

Per una trattazione completa dei criteri utilizzati per la valutazione dei parametri geotecnici a partire dai dati di prove in sito e di laboratorio, si rimanda al capitolo 5 della Relazione Geotecnica Generale (Doc. Rif. [9]).

Si precisa che le prove denominate con "bis" e "ter" sono state ripetute due volte (le seconde sono denominate con il suffisso "V"), in quanto nelle seconde si è assicurata la corretta saturazione della punta, al fine di eseguire le opportune prove di dissipazione.

Tabella 1 - Indagini da pk 34+800 a pk 35+200 (pk linea AV/AC)

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
34+800	CPTU-PE-41bis	2020-2021
34+800	CPTU-PE41Vbis	2020-2021
34+810	S56	2015
35+040	CPTU-PE-42	2020-2021
35+060	CPTU-PE-42bis	2020-2021
35+060	CPTU-PE-42vbis	2020-2021
35+130	S57	2015
35+230	CPTU-PE-43bis	2020-2021
35+230	CPTU-PE-43Vbis	2020-2021
35+298	BH-PE-75	2020-2021
35+365	CPTU-PE-43	2020-2021
35+410	CPTU-PE-43ter	2020-2021

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 13 di 171

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
35+410	CPTU-PE-43Vter	2020-2021
35+460	S58	2015
35+597	CPTU-PE-44	2020-2021

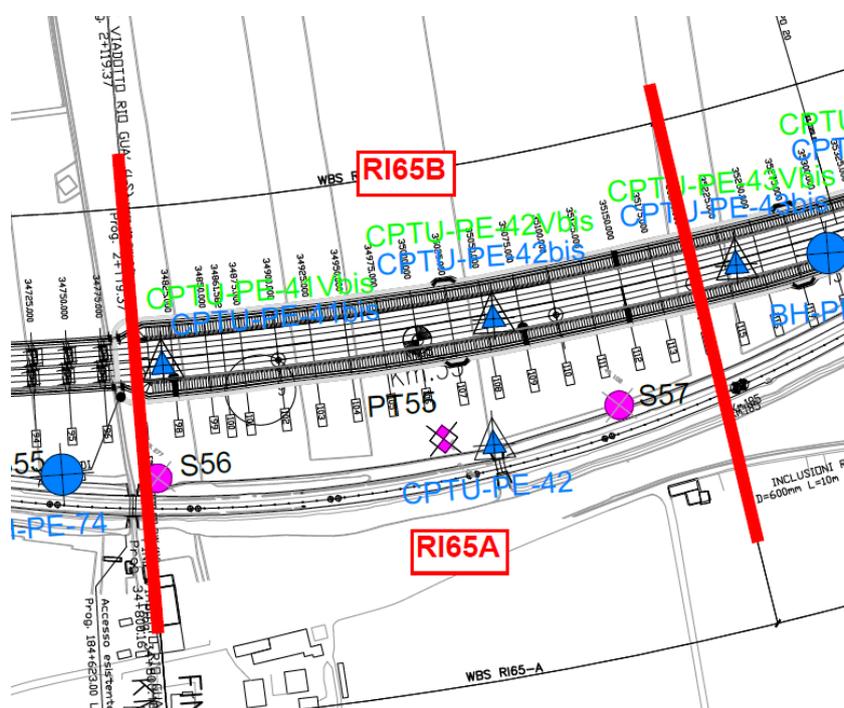


Figura 3 - Planimetria Rilevato RI65B, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [10])

5.2 Inquadramento stratigrafico

La tratta relativa al rilevato in esame si estende dalla progressiva pk 184+542,12 a pk 184+939,60.

Per l'inquadramento geotecnico del rilevato in questione, si è scelto di considerare l'insieme di indagini che comprende questo rilevato (RI65B), nonché le indagini disponibili nei rilevati successivi (RI66 e RI67), tenendo conto della uniformità delle caratteristiche degli strati, ed in particolari dello strato superficiale di Unità 2, la cui caratterizzazione riveste il maggior impatto progettuale. Pertanto, le indagini qui considerate sono quelle eseguite fra la 34+800 e la 36+000 (pk linea AV/AC).

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di limi argillosi e sabbiosi, compatti,

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 14 di 171

sovracconsolidati, avente spessore variabile fra 8.5 e 14 m circa.

I valori di resistenza alla punta misurati dal penetrometro statico sono generalmente dell'ordine dei 2-3 MPa nella parte più superficiale (primi 4-5 m da p.c.); scendendo a valori dell'ordine di 0.9-1.0 MPa sotto i 5/6 m e fino alla base dello strato. I dati sembrano quindi indicare la presenza di una crosta essiccata di 4/5 m di spessore, che ben si accorda con una quota di falda media, posta ben al disotto del p.c.

All'interno di tale strato, e talora anche in prossimità della superficie ((CPTU-PE-43bis, CPTU-PE42bis), le indagini svolte hanno permesso di identificare e verificare la presenza di lenti di materiali a grana grossa (principalmente ghiaie), posti a diverse quote (si veda al proposito lo stralcio del profilo geotecnico al 5000 riportato in ALLEGATO 1) che hanno talora causato il rifiuto alla prova penetrometrica. Nel caso di rifiuto a profondità modeste, la prova è stata ripetuta effettuando un preforo, attraversando lo strato di ghiaia e riprendendo la prova sino alle ghiaie di base ubicate a 12-14 m di profondità.

In relazione alla presenza dei materiali granulari addensati rinvenuti a diverse quote, si segnala quanto segue.

- La loro presenza impatta molto favorevolmente sulla stabilità, in quanto le potenziali superfici di scorrimento attraversano strati con elevate resistenze al taglio;
- La presenza di materiali ad elevata permeabilità diminuisce notevolmente i percorsi di filtrazione, favorendo un rapido sviluppo dei cedimenti.
- La zona che appare meno favorita è quella all'inizio del rilevato RI65, in prossimità della spalla, ove la prova CPTU-PE-41Vbis non sembra indicare la presenza di tali materiali.

Al di sotto di tale strato, tutte le indagini disponibili nell'area indicano la presenza di una unità di ghiaie mediamente addensate che si estendono almeno fino a circa 25 m da p.c.

Al di sotto delle ghiaie, si rinvengono localmente livelli ancora di materiale a grana fine compatto (Unità 9), avente uno spessore complessivo dell'ordine dei 5 metri circa. Al di sotto di tale unità, in tutte le indagini condotte nell'area in questione indicano nuovamente la presenza di materiali ghiaiosi dell'Unità 6.

In alcuni sondaggi (S58 in particolare), si è rinvenuto uno strato di riporto di circa 1.5 m di spessore, formato da limi ghiaiosi, con presenza di frammenti di laterizi.

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [9]).

Nella Figura 4 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI65B, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 9 di 11 (Doc. Rif. [10]).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 15 di 171

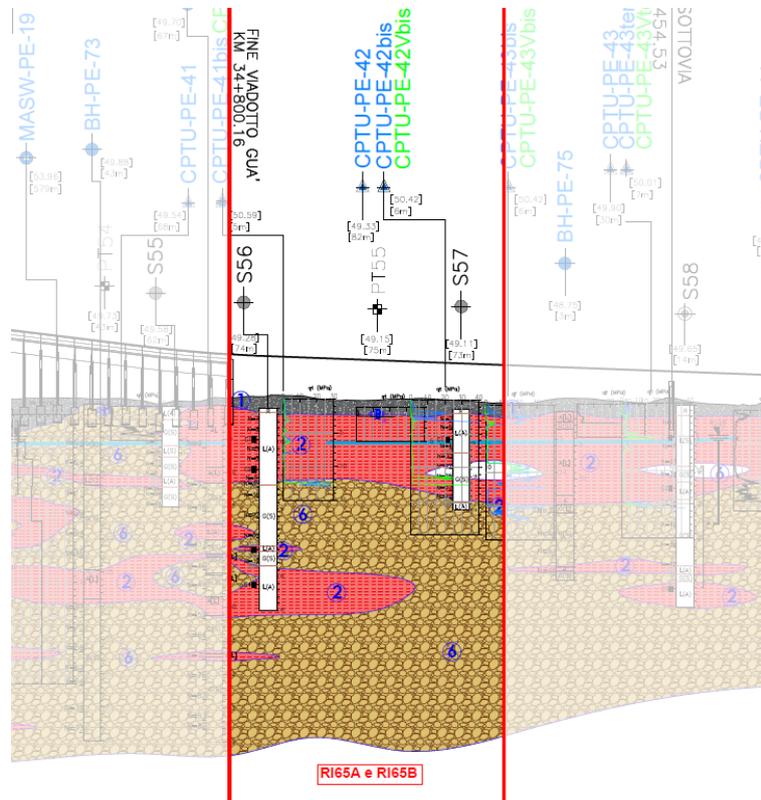


Figura 4 - Profilo Geotecnico Rilevato RI65B, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [10])

5.3 Livello di falda

Per il livello di falda si è fatto riferimento ai valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo l'area in cui si inserisce l'opera in esame e riportati nella Relazione Idrogeologica (Doc. Ref. [13]). Quest'ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

In relazione alle quote assunte per il progetto, si osserva quanto segue:

- Per quanto concerne le verifiche SLU, le condizioni dimensionanti fanno riferimento alla resistenza al taglio non drenata dello strato argilloso superficiale, e pertanto la quota di falda è influente sull'esito delle stesse.
- Per quanto invece concerne le verifiche SLE (analisi di cedimento), queste tengono conto dell'effetto dell'incremento dello stato tensionale efficace attuale (σ'_{v0}) dovuto alla costruzione del rilevato ($\Delta\sigma'$), e sul potenziale superamento della pressione di preconsolidazione σ'_p . Risulta quindi evidente che, in questo caso, più elevato è il livello di σ'_{v0} (e quindi più profonda è la falda rispetto al p.c.), maggiore è la possibilità che un dato incremento di carico $\Delta\sigma'$ porti il materiale al superamento della preconsolidazione, nello stato NC. Si è quindi deciso di considerare, nelle analisi di cedimento, una falda corrispondente alla quota media,

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 16 di 171

pari a 4 m da p.c.

5.4 Condizioni geotecniche del sito

Le Figure di seguito riportano i risultati di principale interesse ai fini della determinazione dei parametri geotecnici di progetto per l'opera in esame. Come detto, avendo considerato la relativa uniformità delle caratteristiche dei materiali, con particolare riferimento ai limi superficiali, si sono esaminate indagini relative ad un'area più estesa di quella strettamente di pertinenza dell'RI65, estendendo l'analisi dei dati anche a quelli ricavati da indagini condotte sui vicini rilevati RI 66 e 67.

In particolare:

- La Figura 5 riporta i risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi nell'area
- La Figura 6 riporta i risultati delle determinazioni granulometriche effettuate sullo strato a grana fine superficiale (Unità 2)
- La Figura 7 e la Figura 10 riportano i dati dei limiti di Atterberg e del contenuto d'acqua naturale dei materiali dell'unità 2 superficiale, mentre la Figura 9 illustra i dati dei pesi di volume del materiale. La Figura 8 riporta invece i valori degli indici dei vuoti in sito e_0 .
- La Figura 11 e la Figura 12 illustrano l'interpretazione delle prove edometriche e delle prove CPTU in termini di pressione di preconsolidazione, per il materiale dell'Unità 2
- La Figura 13 e la Figura 14 riportano i valori di t_{50} (tempo necessario alla dissipazione del 50% della sovrappressione interstiziale misurata all'inizio della prove di dissipazione), e i valori del coefficiente di consolidazione orizzontale ch da questi stimati, sulla base dell'approccio di Teh e Houlsby (1991).
- La Figura 16 e la Figura 17 riportano i valori di resistenza al taglio non drenata da prove di laboratorio TX-UU e TX CIU, dalle determinazioni dei pocket, e dall'interpretazione delle prove penetrometriche CPTU, effettuata utilizzando un fattore $N_k=14$
- La Figura 18 e la Figura 19 illustrano rispettivamente l'interpretazione delle prove SPT in termini di densità relativa e angolo di resistenza al taglio delle ghiaie dell'Unità 6
- La Figura 20 e la Figura 21 riportano infine i valori di velocità delle onde di taglio e di modulo di taglio iniziale, adottati come riferimento per la tratta in questione (Doc. Rif. 5).

Sulla base di tali dati si osserva quanto segue:

1. I materiali argillosi di superficie, di maggiore interesse progettuale, e che governano l'esito delle verifiche di stabilità e di cedimento, sono costituiti da limi argillosi e sabbiosi, da poco a mediamente plastici, con valori di LP nel campo 20-30 e LL generalmente compresi fra 40 e 60. I corrispondenti valori dell'indice plastico sono generalmente compresi fra 20 e 35.
2. I materiali si presenti compatti, con valori di pesi di volume dell'ordine dei 19 kN/m^3 , e contenuti d'acqua nel campo 30-37%

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 17 di 171

3. I dati delle prove edometriche indicano che si tratta di materiali sovraconsolidati, con pressioni di preconsolidazione nel campo 200-340 kPa, con conseguenti valori di OCR nel range 3-6. I valori di compressibilità del materiale in condizioni edometriche (nel piano ε_v - $\log \sigma'_v$) sono risultati variare nei seguenti intervalli

RR= 0.015-0.025 (rapporto di ricomprensione nel ramo di scarico-ricarico)

CR = 0.15-0.20 (rapporto di compressione vergine)

I valori di preconsolidazione ottenuti dalle prove edometriche sono confermati da quelli interpretati dalle prove penetrometriche mediante la correlazione $\sigma'_{p=0.32} \cdot (q_t - \sigma_{v0})$ (si veda rif [9], Figura 11 e Figura 12). Come già commentato. I valori paiono confermare la presenza di una crosta essiccata con valori della pressione di preconsolidazione più elevati nei primi 4-5 m, e poi tendenzialmente costanti con la profondità fino alla base dello strato superficiale.

4. I valori di resistenza al taglio non drenata ottenuti dall'insieme dei dati (sia di laboratorio che dall'interpretazione delle prove penetrometriche, si veda la Figura 16 e la Figura 17) risultano sempre superiori agli 80 kPa, anche localmente influenzati dalla presenza di livelletti più sabbiosi. Al disotto dei 4-5 metri da p.c. i valori si assestano ed oscillano nel campo 40-60 kPa, con un tendenziale incremento verso la base dello strato a valori nel campo 50-70 kPa.
5. La Figura 13 illustra i dati delle prove di dissipazione in termini di t_{50} , pari al tempo necessario alla dissipazione del 50% della sovrappressione interstiziale Δu_{max} ($u_{max} - u_0$) misurato a diverse quote durante l'esecuzione di prove di dissipazione. I valori calcolati oscillano fra le poche centinaia di secondi (evidentemente misurati in corrispondenza di possibili strati più permeabili), fino a valori nel campo 1000-1700 s, con un picco di isolato di 2500 s.
6. La Figura 14 riporta i conseguenti valori del coefficiente di consolidazione in direzione orizzontale c_h stimati sulla base del t_{50} , sulla base dell'approccio suggerito da Teh e Houlsby (1991, si veda rif. [9]).
7. Sempre sulla base dei dati delle prove, si possono stimare, sulla base delle indicazioni contenute nella Figura 15, i valori del coefficiente di permeabilità orizzontale, che risultano essere dell'ordine di $1 \cdot 10^{-7}$ cm/s.
8. Tenendo conto che tali valori si applicano alla parte più "argillosa" dello strato in questione, al disotto dei 6/7 m da p.c. e fino alla base dello strato, si considera un rapporto fra $k_h/k_v = 2$, tipico di depositi argillosi con un modesto impatto della struttura sedimentaria sulle caratteristiche di permeabilità e consolidazione.
9. Le ghiaie si presentano generalmente da poco a mediamente addensate ($D_r = 30-40\%$), con valori di angoli di resistenza al tagli stimabili attorno ai 41° (in accordo a Schmertmann).

Nel presente documento si è data maggiore attenzione alla caratterizzazione dei limi superficiali dell'Unità 2, in quanto determinanti per la definizione dei problemi di stabilità e di cedimento.

I terreni posti a quote inferiori non vengono infatti interessati dalle potenziali superfici di scorrimento, e partecipano in modo marginale ai cedimenti. In aggiunta, i cedimenti di tali terreni si esauriranno praticamente all'atto dell'applicazione del carico.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 18 di 171

Per quanto concerne in particolare i limi argillosi dell'Unità 2 presenti oltre i 20-25 m di profondità, anche considerando i valori minimi della pressione di preconsolidazione indicati nella Relazione geotecnica di tratta [9], e pari a 400 kPa, risulta evidente che gli incrementi indotti dal carico dei rilevati saranno tale da comprimere i terreni nel ramo di ricarica. In tali circostanze, i valori di c_v stimabili per materiali fini di plasticità medio bassa, nel campo di ricarica, sono molto elevati ($\approx 5 \div 6 \cdot 10^{-7}$ m²/s, si veda ad esempio Doc. Rif [34]). In aggiunta, tali strati sono di altezza continua modesta, con tempi di consolidazione quindi molto rapidi. Si considera infine i valori di Δu che insorgono in terreni OC sono inferiori a quelli di $\Delta \sigma_v$, (dell'ordine di 0.4-0.5, si veda ad esempio Burland et al. (1977), Doc. Rif. [33]), e pertanto una parte di cedimenti per consolidazione avviene in pratica all'atto dell'applicazione del carico. Se ne conclude che, per questi strati, i cedimenti differiti nel tempo saranno trascurabili.

AV/AC VERONA VICENZA

RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 36+000

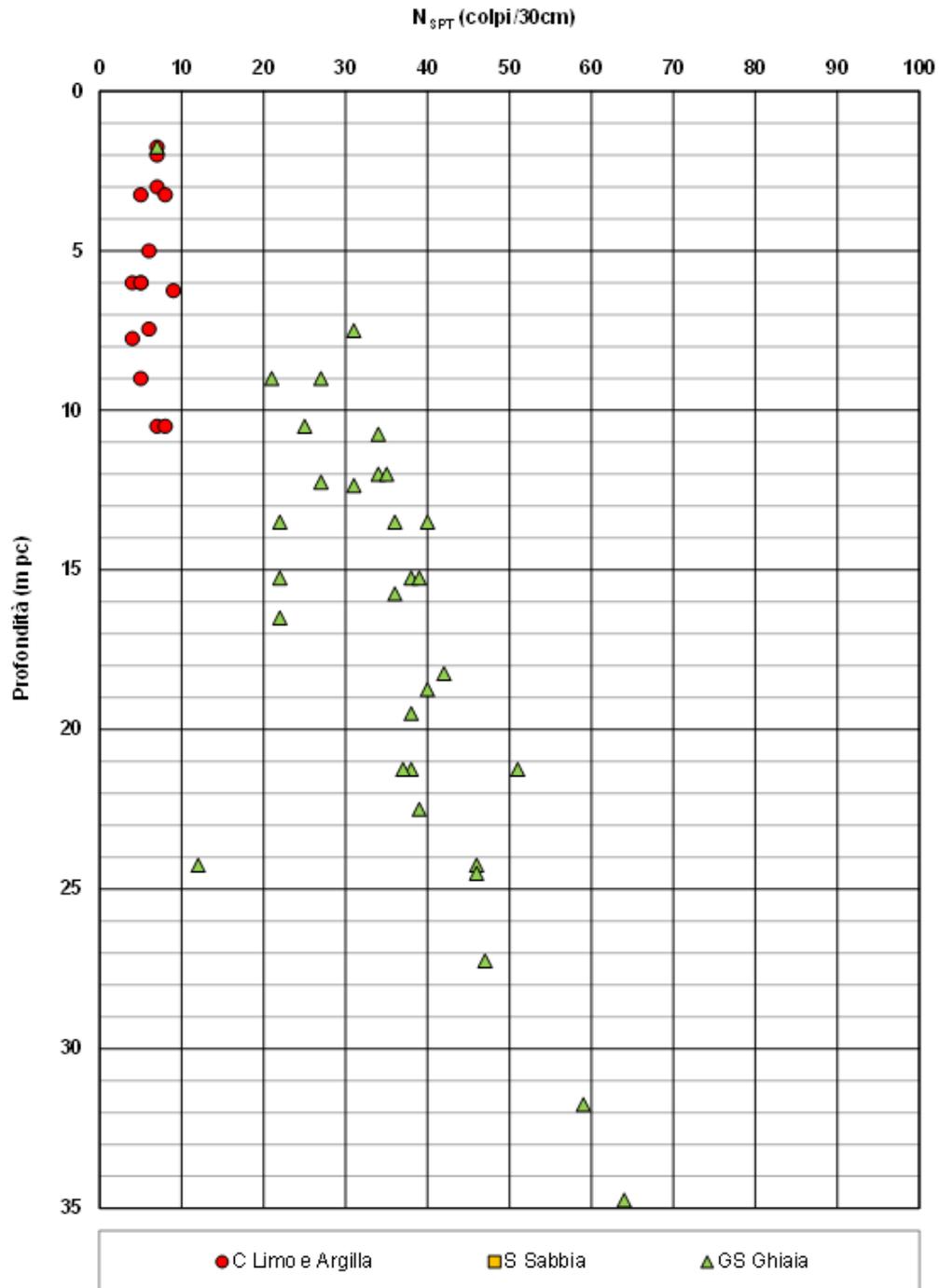


Figura 5 – Risultati delle prove SPT fra le progressive indicate

AV/AC VERONA VICENZA

RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 36+000

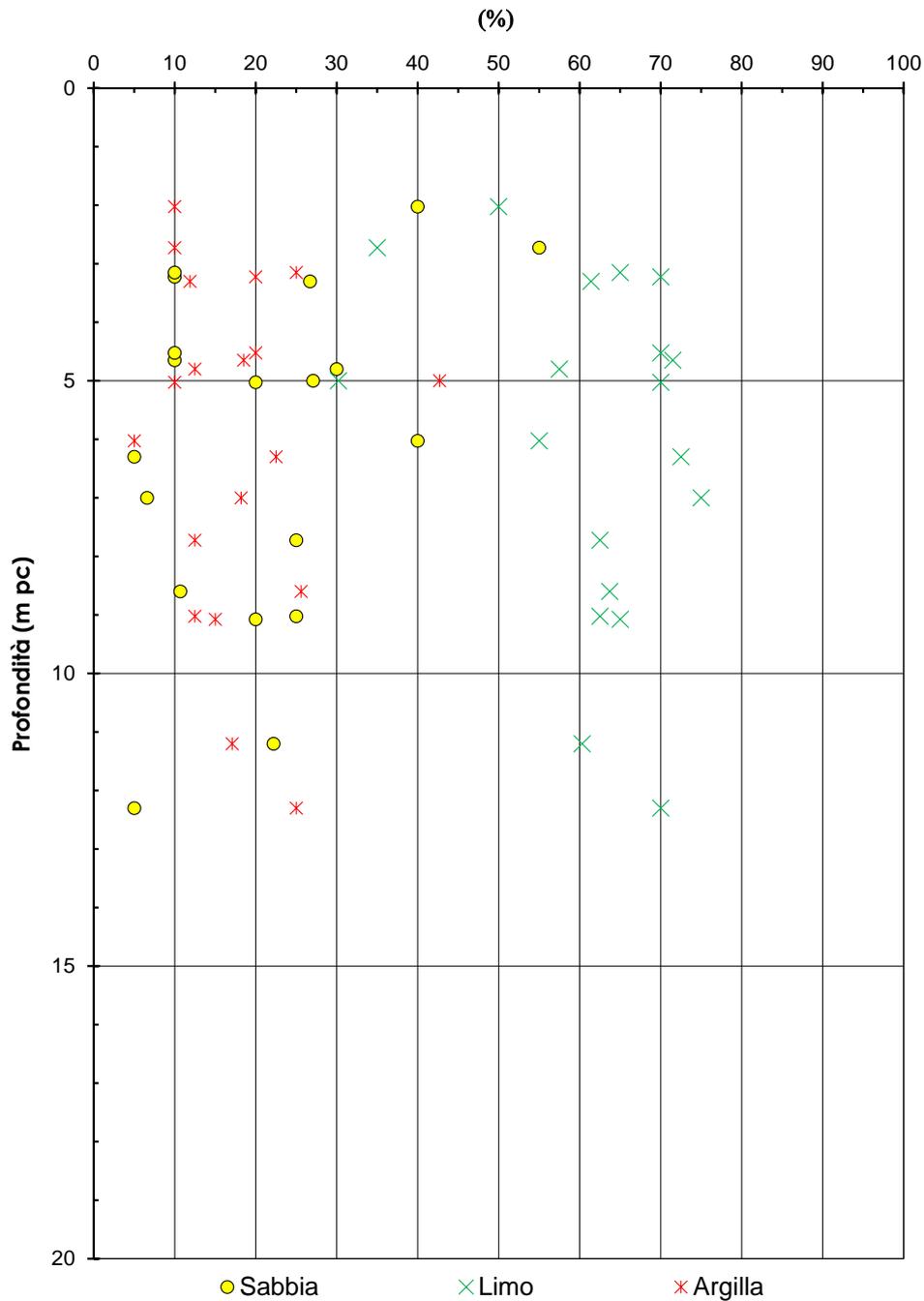


Figura 6 – Risultati delle prove granulometriche nei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

AV/AC VERONA VICENZA

RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 36+000

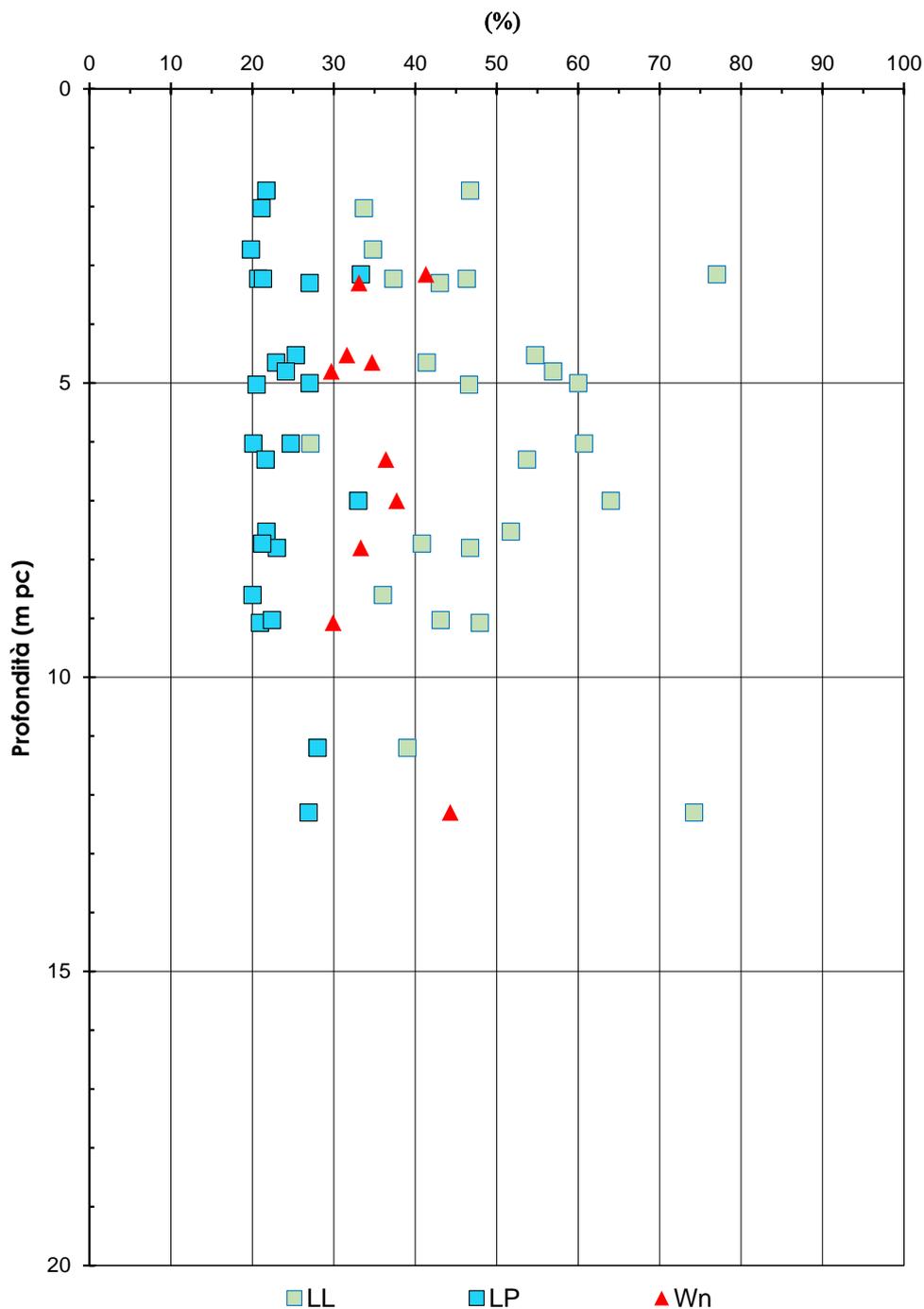


Figura 7 – Limiti di consistenza dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 22 di 171

AV/AC VERONA VICENZA

RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 35+600

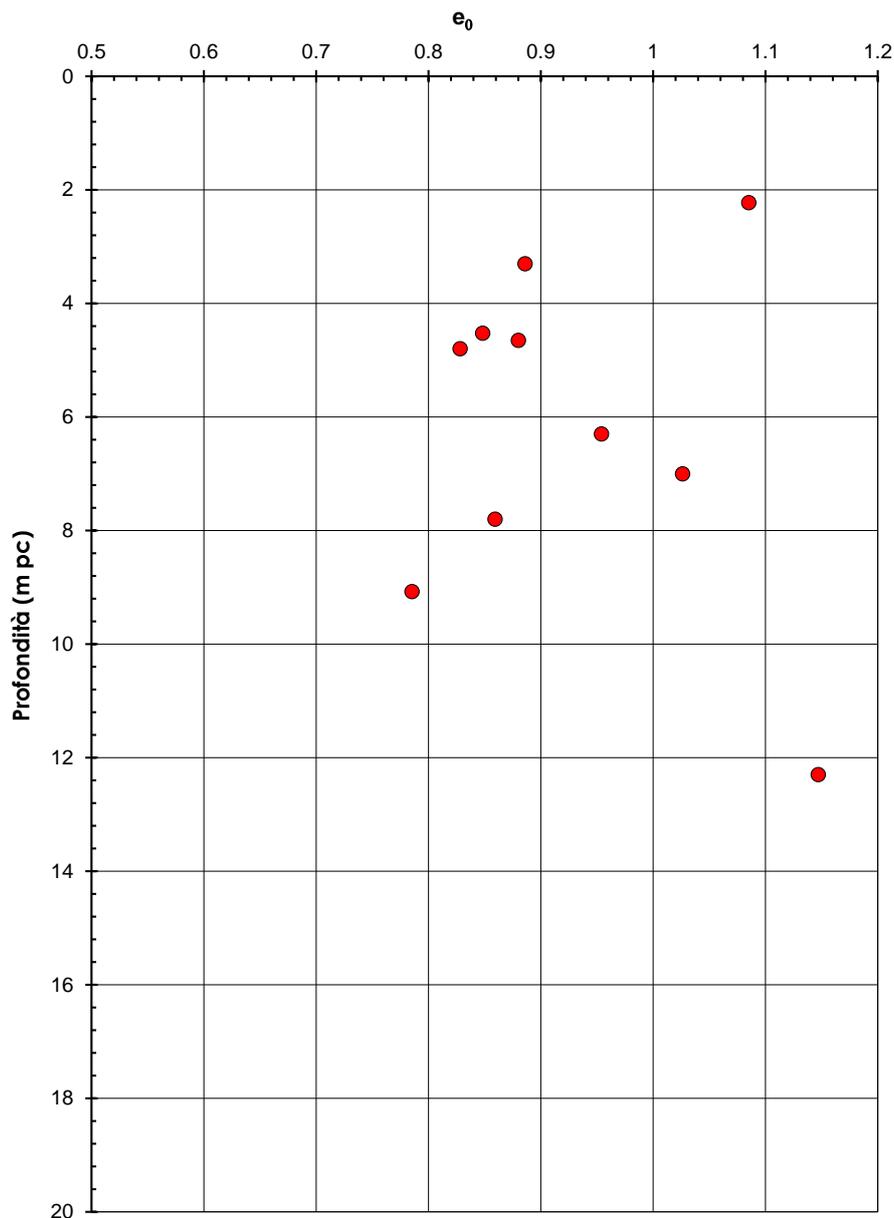


Figura 8 – Indice dei vuoti dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

AV/AC VERONA VICENZA

RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 35+600

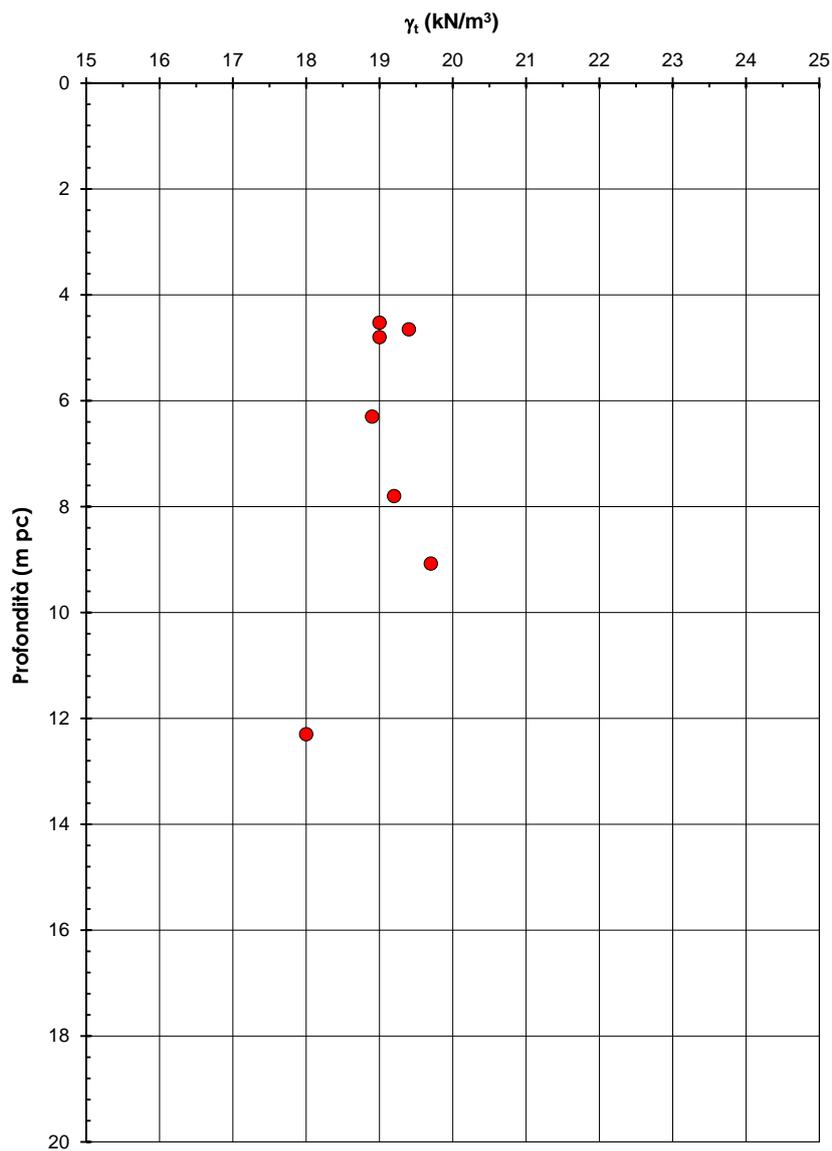


Figura 9 – Peso di volume dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

AV/AC VERONA VICENZA
RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 36+000

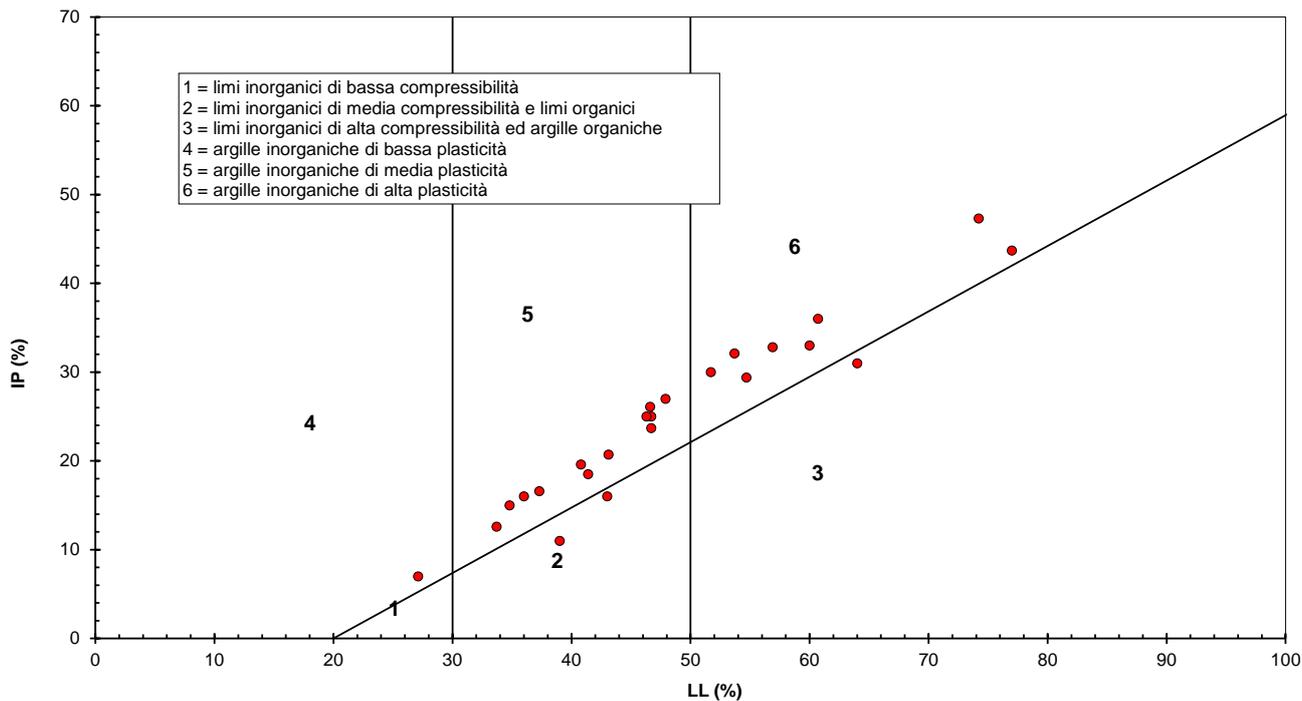


Figura 10 Carta di plasticità di Casagrande dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

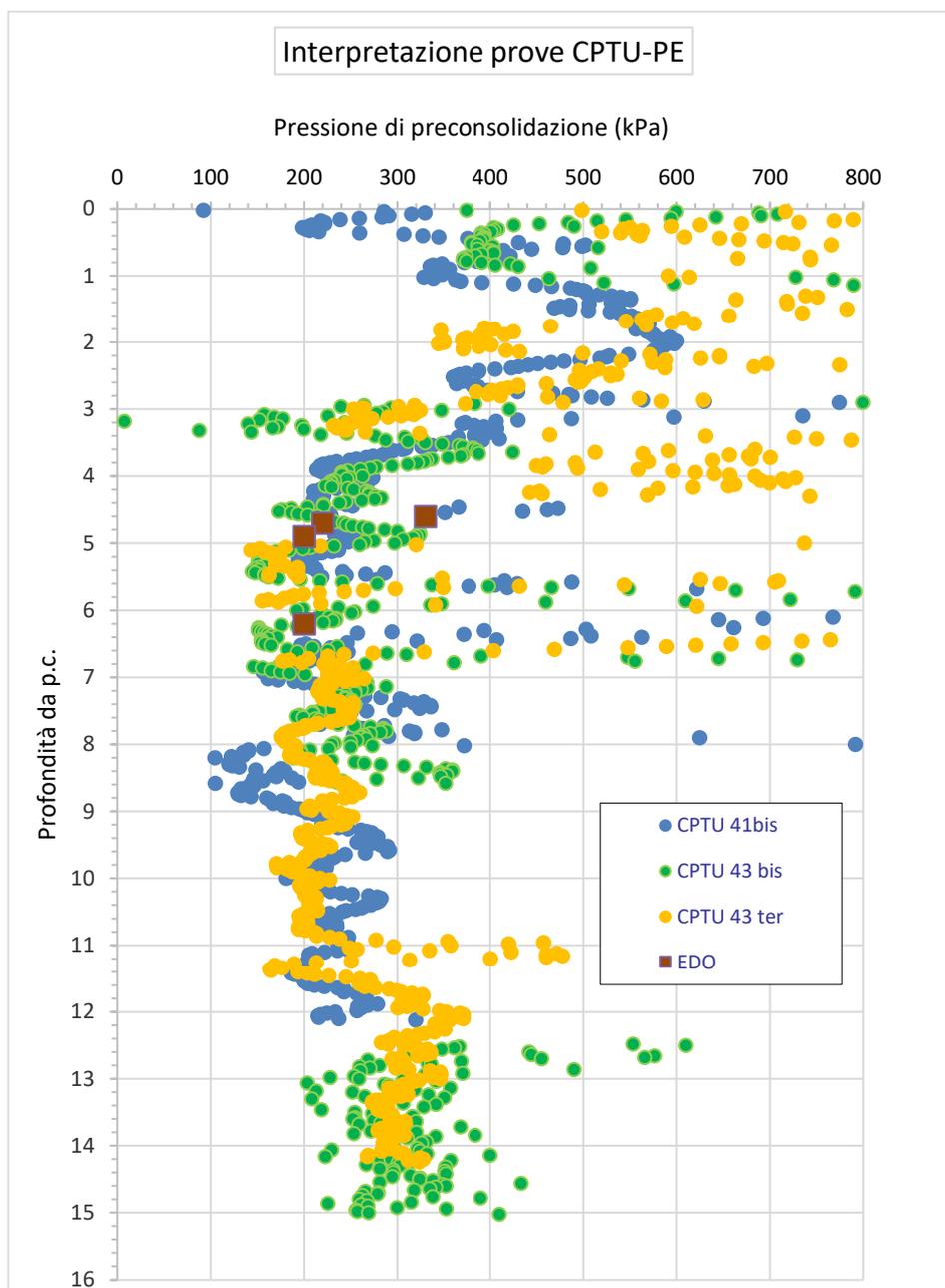


Figura 11 – Pressioni preconsolidazione da EDO (Unità 2) e interpretazione CPTU-PE

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 26 di 171</p>

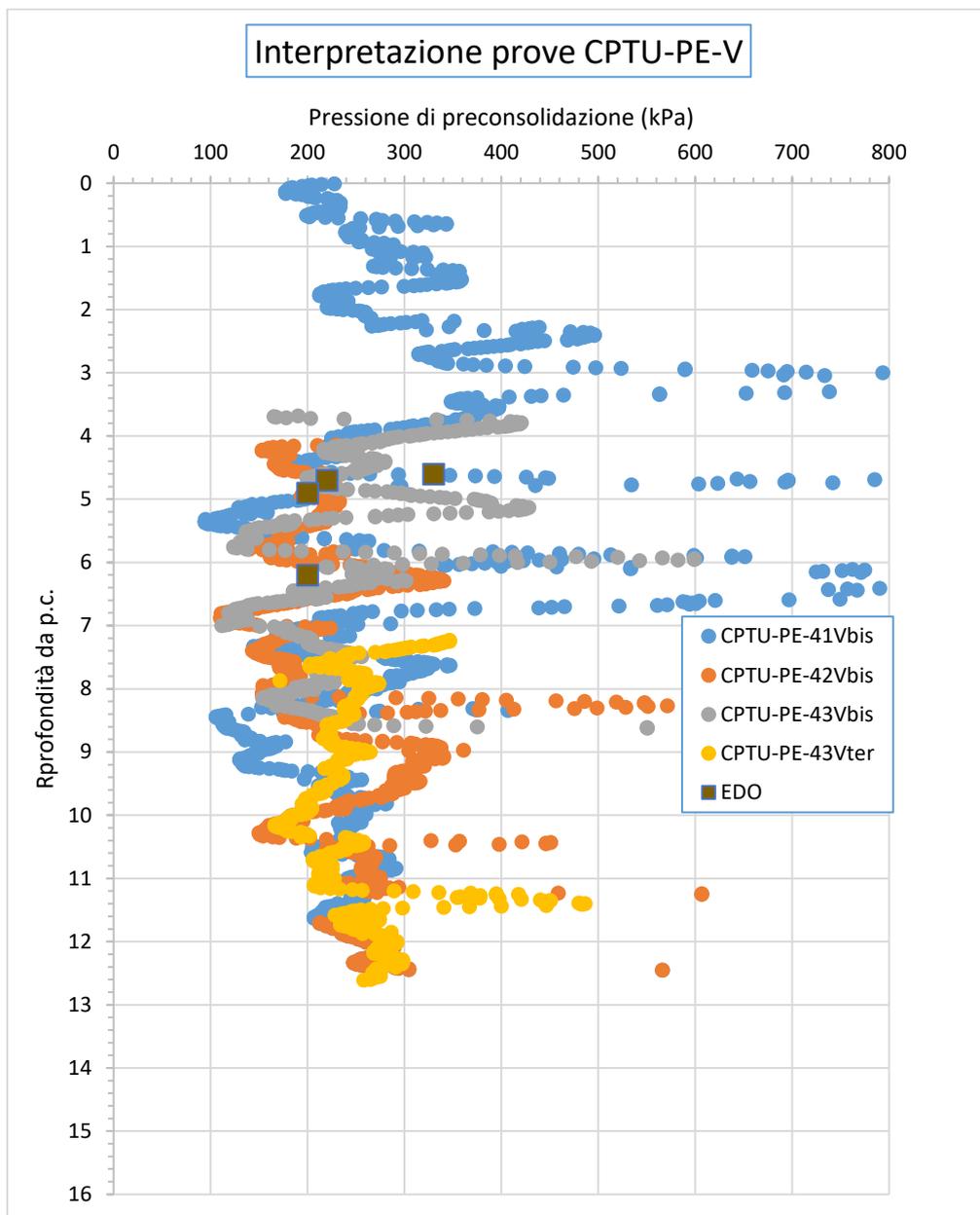


Figura 12 – Pressione di preconsolidazione da EDO e da interpretazione Prove CPTU-V

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 27 di 171

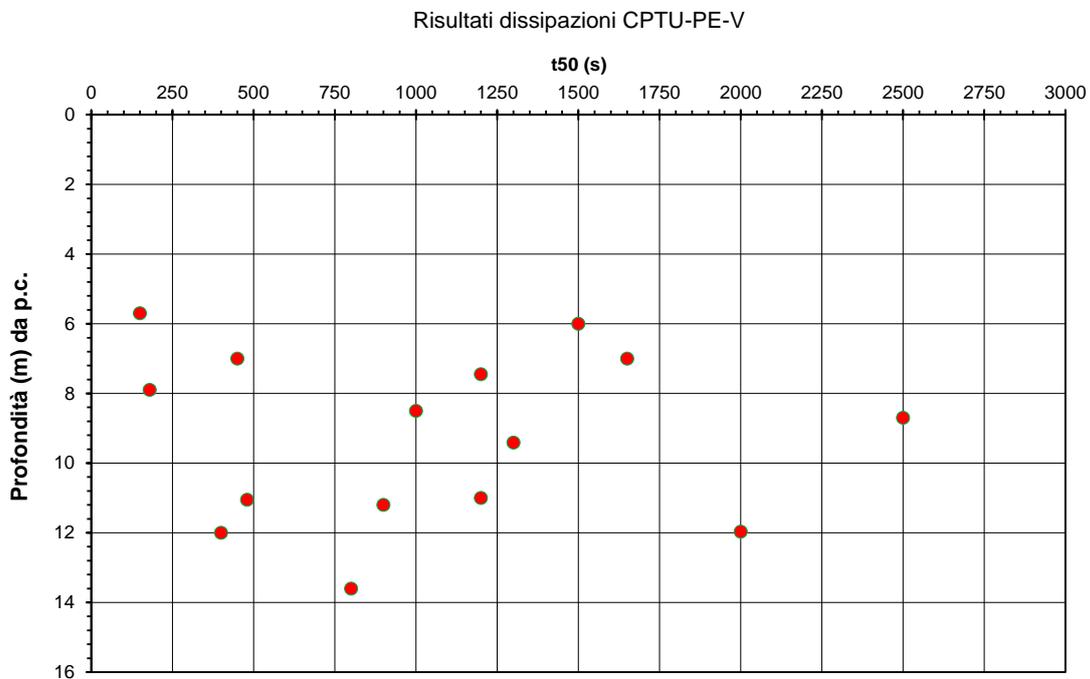


Figura 13 – Valori del t_{50} misurato nelle prove di dissipazione CPTU-PE-V 41bis, 42bis, 43bis e 43ter.

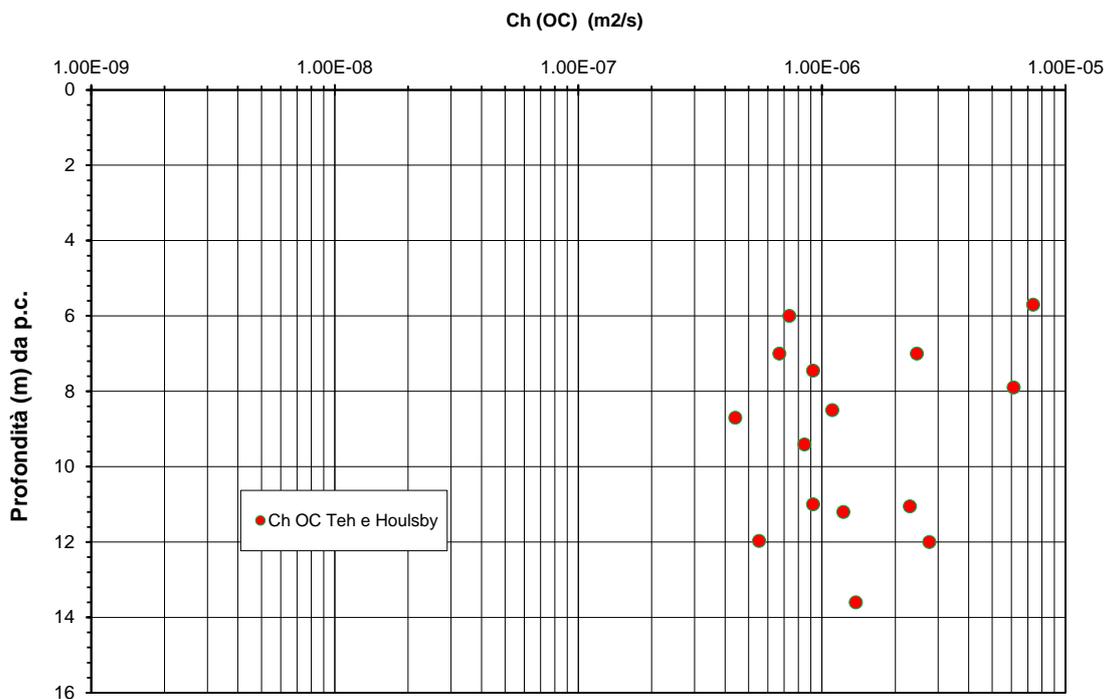


Figura 14 – Valori del coefficiente di consolidazione orizzontale nel tratto della sovraconsolidazione, stimato sulla base delle indicazioni di Teh e Houslby (1991), sulla base del t_{50} misurato nelle prove di dissipazione CPTU-PE-V 41bis, 42bis, 43bis e 43ter.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 28 di 171

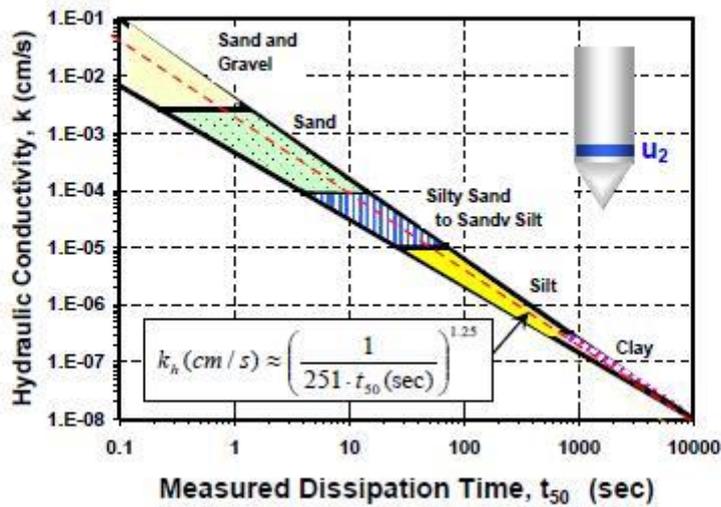


Figura 15. Valutazione della permeabilità da t_{50} misurato nelle prove di dissipazione (Parez e Fauriel, 1988, Jamiolkowski et al. 1991).

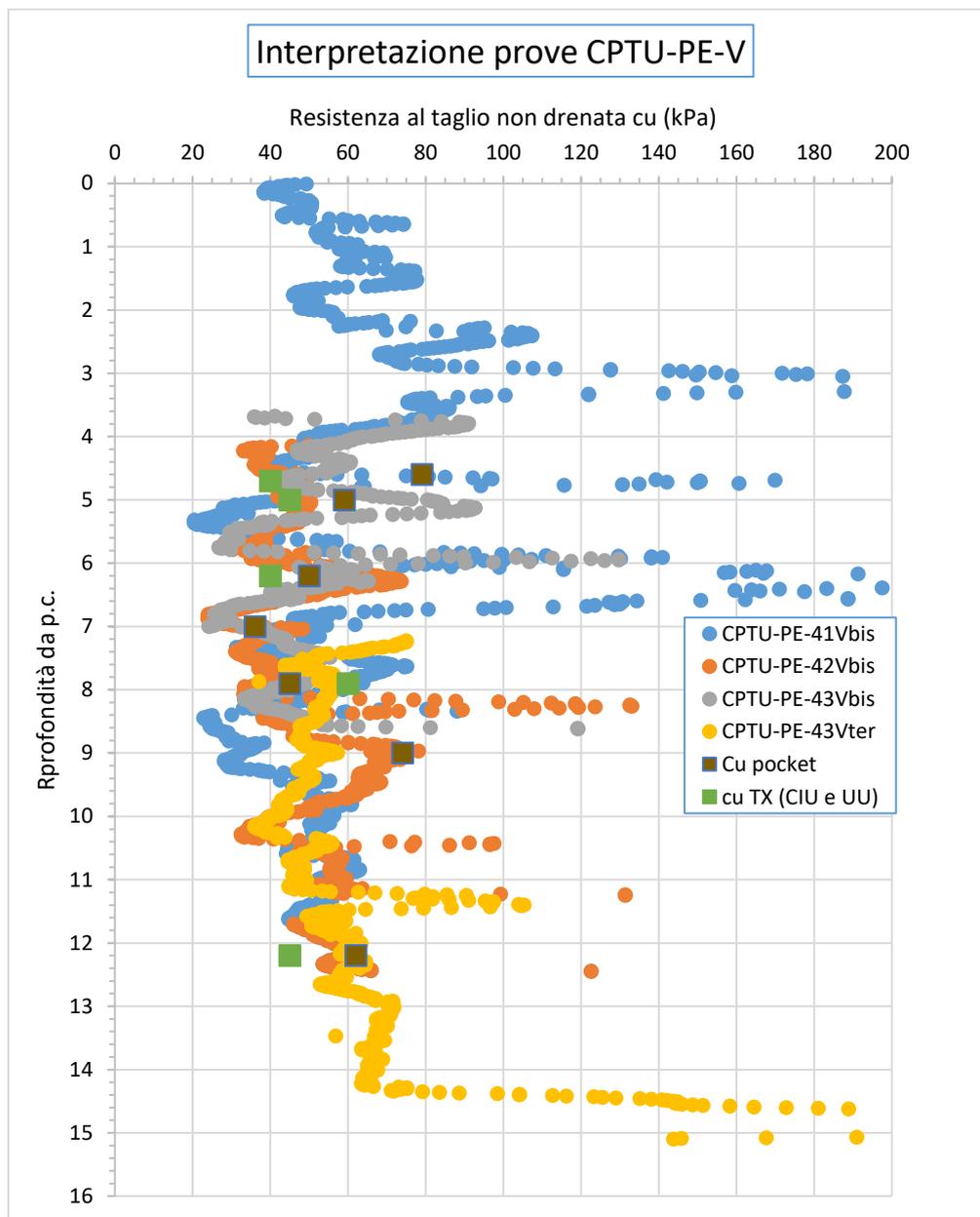


Figura 16 – Resistenza al taglio non drenata per l'unità 2 superficiale. Prove CPTU-V e prove di lab

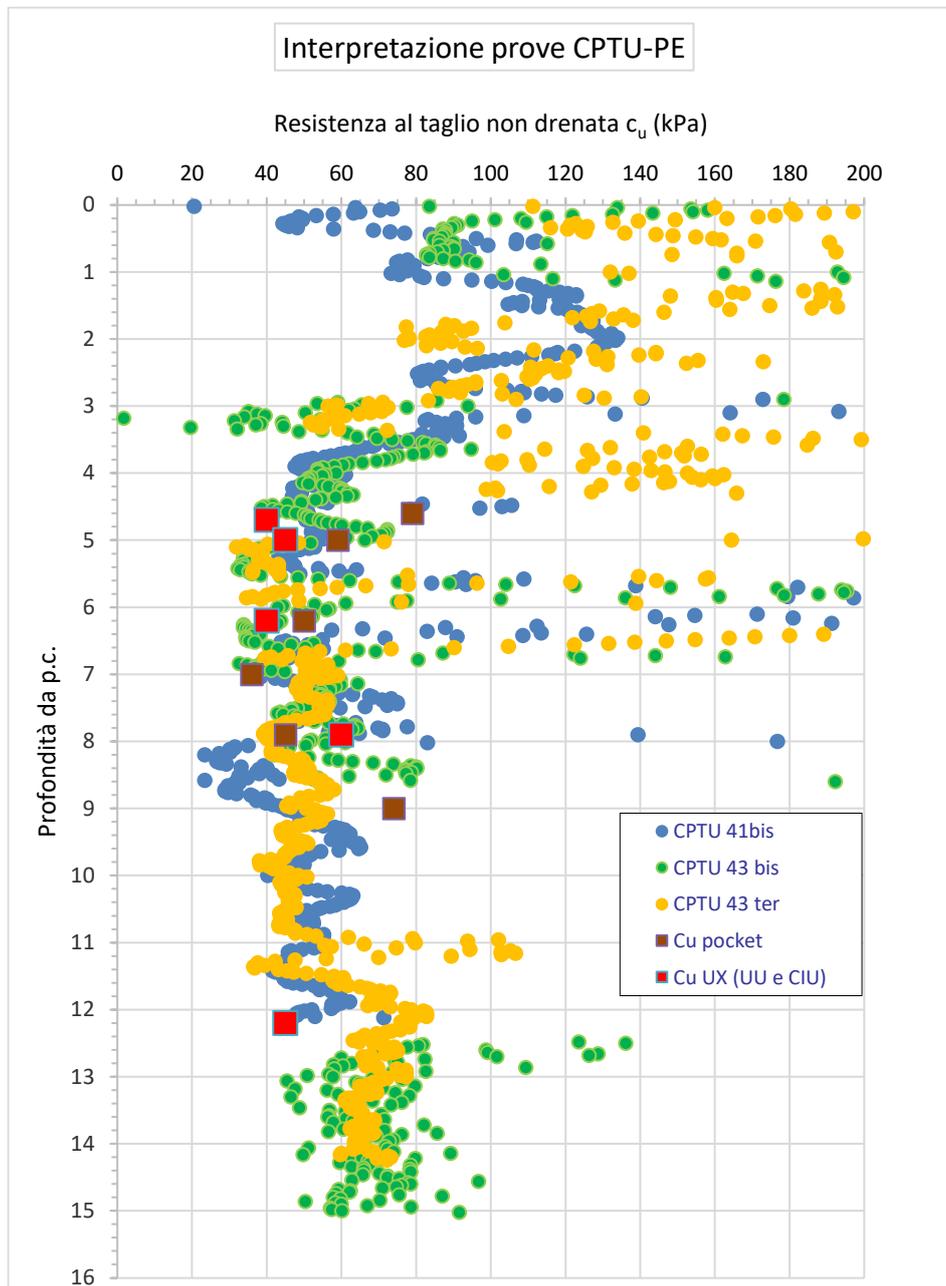


Figura 17 – Resistenza al taglio non drenata per l'unità 2 superficiale. Prove CPTU-PE-41bis, 42bis, 43bis, 43ter e prove di lab



AV/AC VERONA VICENZA

RI 64-65-66 da pk 34+800 a pk 36+000

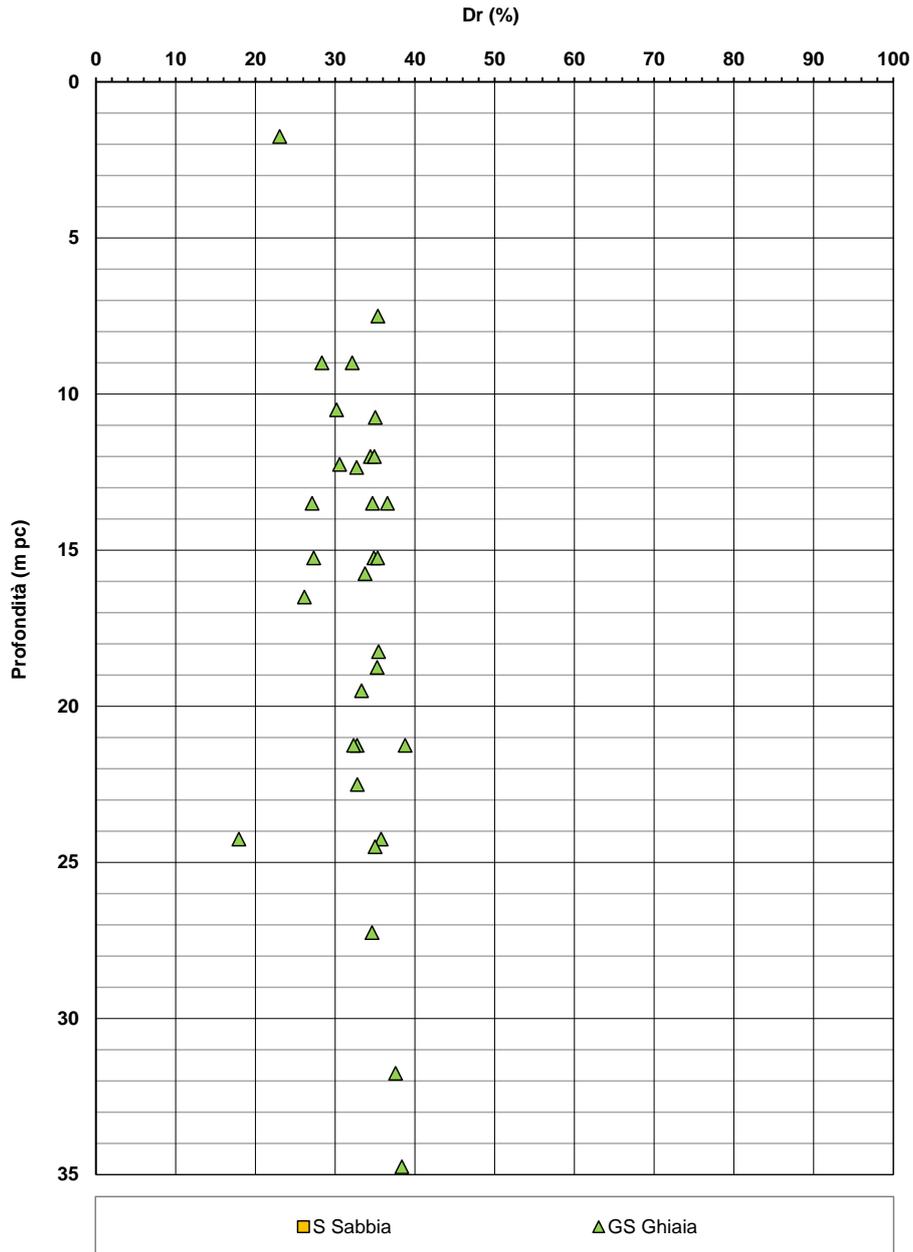


Figura 18 –Densità relativa da prove SPT l'Unità 6 fra le progressive di interesse

AV/AC VERONA VICENZA

RI 64-65-66 da pk 34+800 a pk 36+000

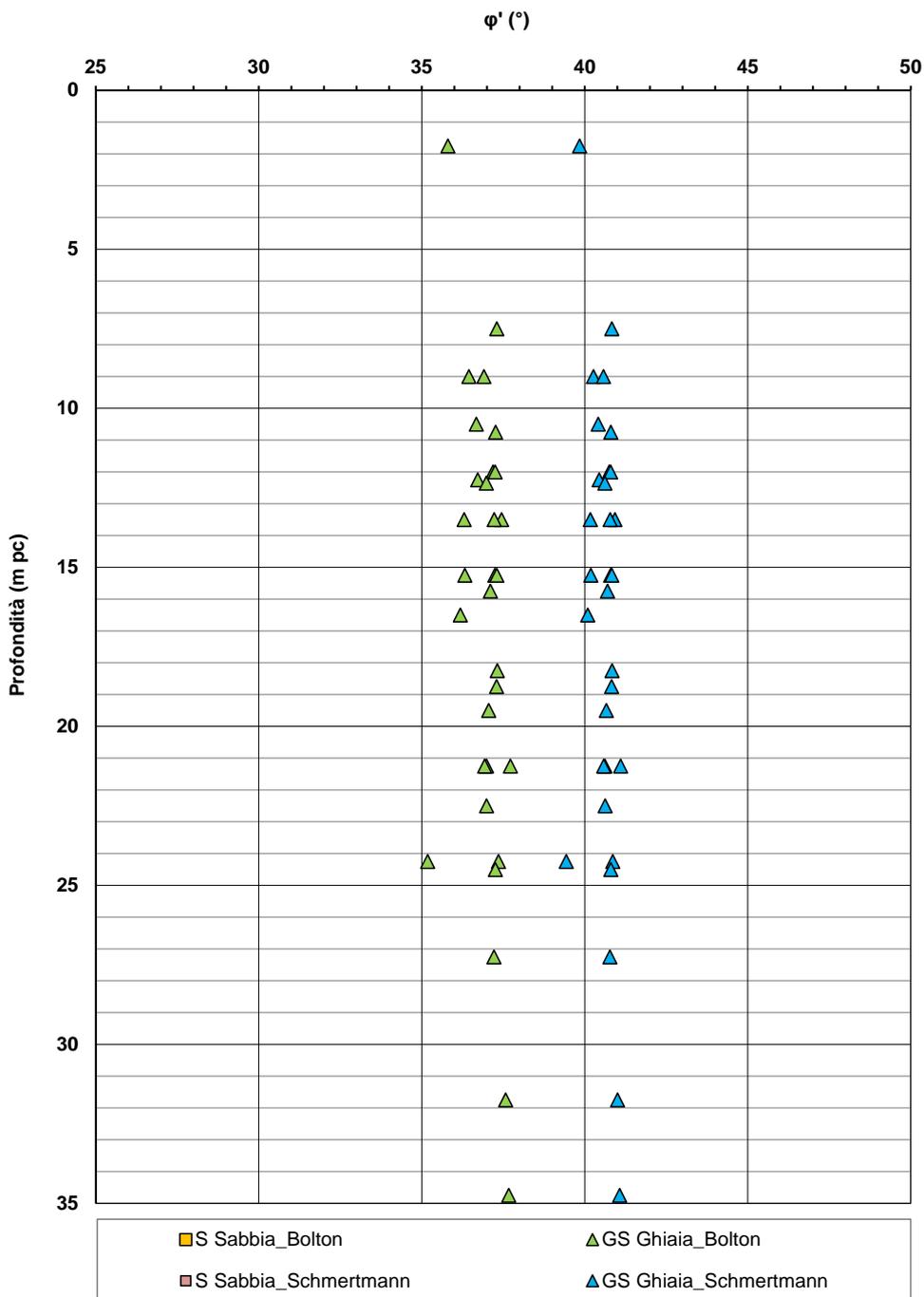


Figura 19 – Angolo di resistenza al taglio per l'Unità 6 fra le progressive di interesse

AV/AC VERONA VICENZA

pk 34+800 - pk 36+000

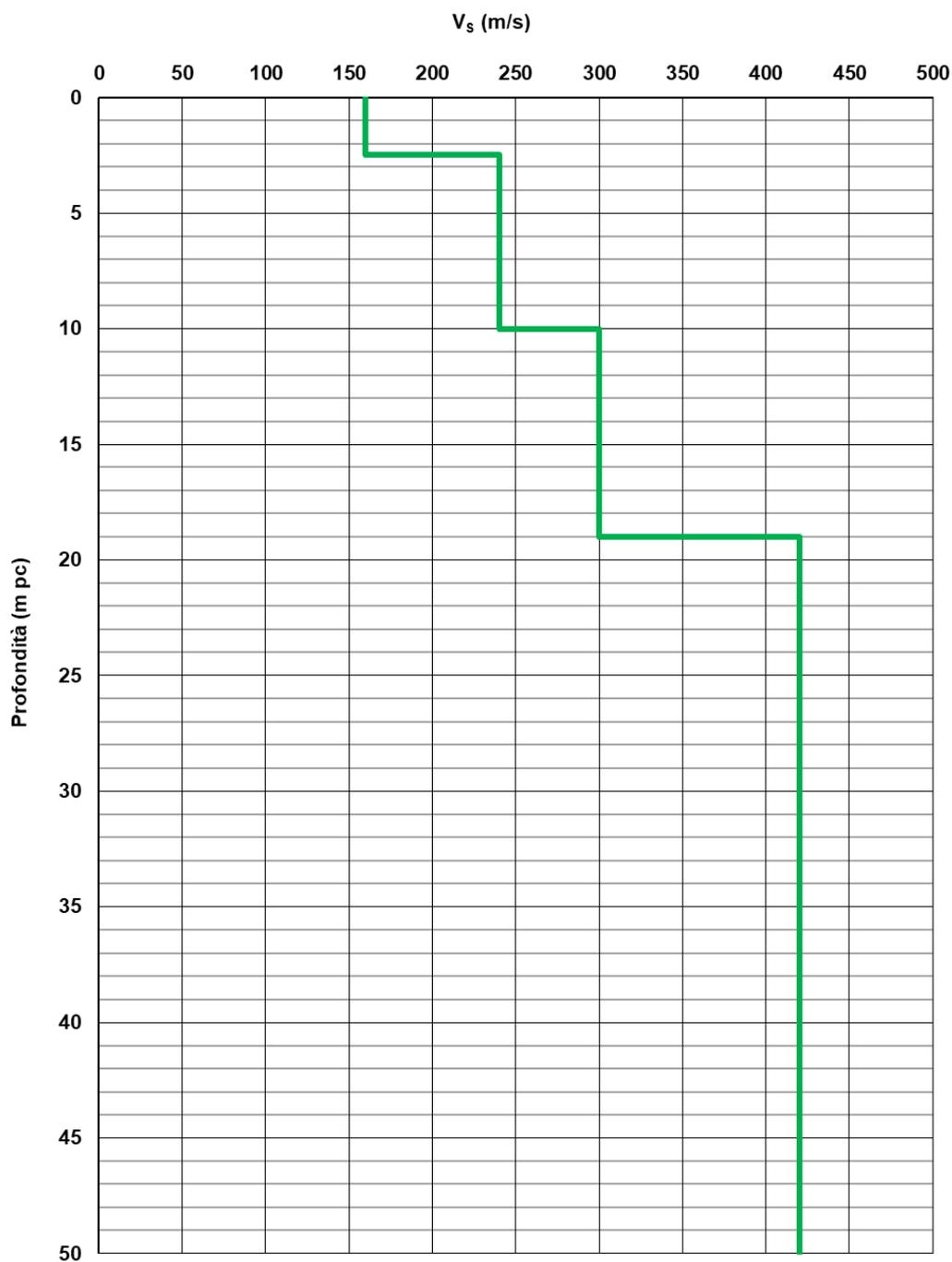


Figura 20 – Determinazione Profilo di velocità V_s nel tratto di interesse

AV/AC VERONA VICENZA

pk 34+800 - pk 36+000

G₀ (MPa)

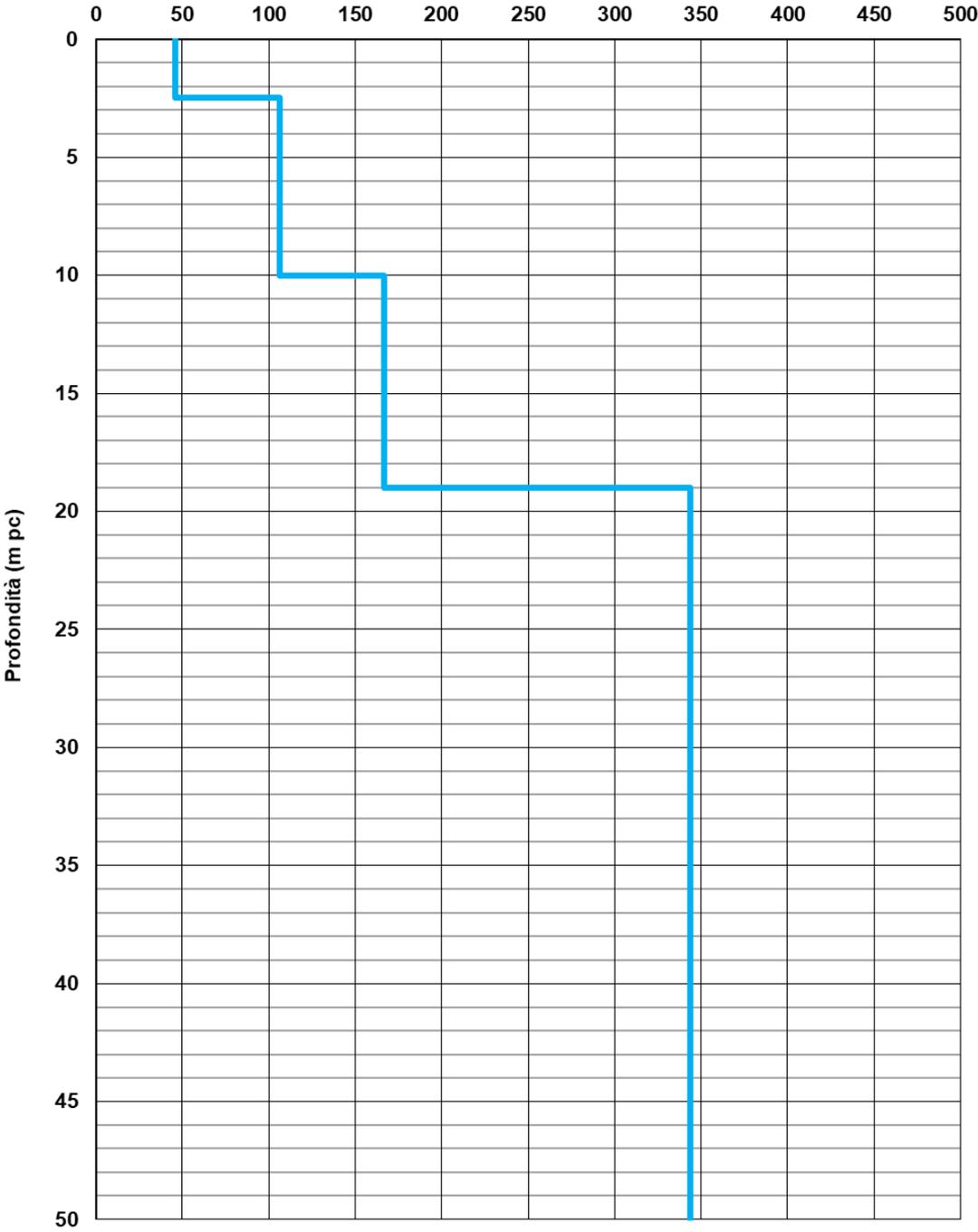


Figura 21 – Modulo di taglio G₀ nel tratto di interesse

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 35 di 171

5.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

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

Tabella 2 – Stratigrafia A - Modello geotecnico di riferimento

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c'_k kPa	$c_{u,k}$ kPa	RR	CR	e_0	σ'_p kPa	k m/s	E'_{op} MPa
2	0	4.0	19	24	15	90	0.015	0.18	0.9	400	2.5×10^{-10}	-
2	4.0	11.0	“ “	“ “	5	45	“ “	“ “	“ “	200	“ “	-
2	11.0	12.5	“ “	“ “	“ “	55	“ “	“ “	“ “	“ “	“ “	-
6	12.5	20	19	39	-	-	-	-	-	-	-	80
2	20	25	19	24	5	100	0.015	0.18	0.9	400	2.5×10^{-10}	-
6	>25	-	19	39	-	-	-	-	-	-	-	120

* quota piano campagna = 50.3 m s.l.m.

Per i livelli di falda di progetto si fa riferimento a quanto riportato al punto 5.3.

5.5.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [26]) e sono di seguito riassunte.

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

	γ kN/m ³	φ °	c' kPa
Materiale da rilevato	20	38	0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 36 di 171

6 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

6.1 Sollecitazione sismica di progetto

6.1.1 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. [25] e [26]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con $V_N = 100$ anni.

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

6.1.2 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 37 di 171

Tabella 5 – Valori del coefficiente di uso C_u

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

6.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

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

6.1.4 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. [11]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [12]), 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.*

6.1.5 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 $i > 30^\circ$.*

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 38 di 171

6.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

a_g (g) (SLV)	0.214
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.388
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$)	0.297

6.2 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. [21]) e secondo la metodologia descritta nella relazione di progetto dedicata all'argomento (Doc. rif. [11]).

Le analisi di liquefazione sono descritte in dettaglio nelle Relazioni sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [11]), 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 CPT11.
- 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 allegato alle NTC2008, e sulla distribuzione dei valori di magnitudo associati ai massimi terremoti storici.

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [11] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni espresse in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.5.

La valutazione di suscettibilità alla liquefazione è stata quindi condotta in accordo al "metodo semplificato"

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 39 di 171

originariamente proposto da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), confrontando lo sforzo di taglio ciclico normalizzato rispetto alla pressione verticale in sito (CSR) e la resistenza normalizzata del terreno al taglio ciclico (CRR) così definiti:

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

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

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

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 40 di 171

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

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

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per $M = 6.5 - MSF = 1.7$.

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

6.2.1 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 22: 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 22, la resistenza alla punta q_c è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ($p_a = 100$ kPa) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

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

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

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

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

dove:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 41 di 171

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

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

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

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

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

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

per $I_c \leq 1.64$

$$K_c = 1.0$$

per $I_c > 1.64$

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 42 di 171

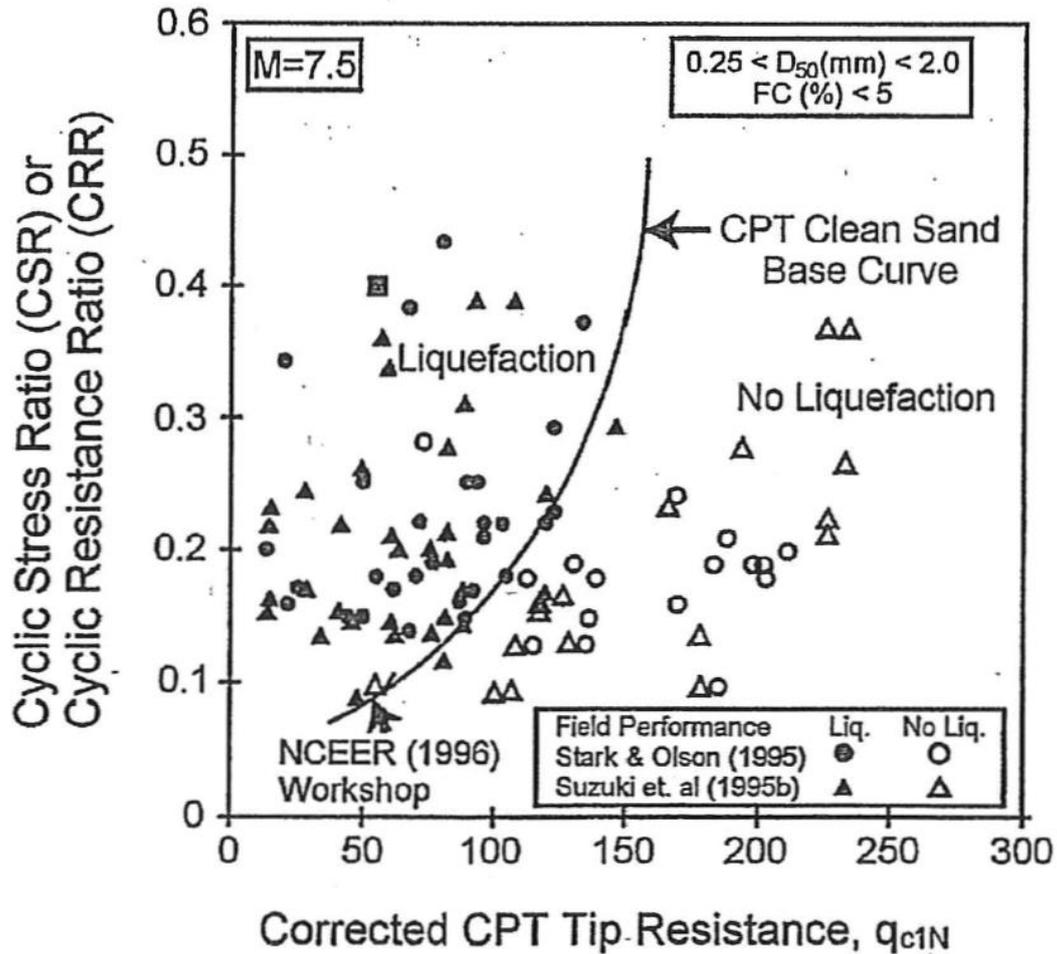


Figura 22: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

6.2.2 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 23, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 23, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti $N_{1(60)}$, ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

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

dove:

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 43 di 171

proposta da Liao e Whitman (1986):

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

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

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

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

in cui ER_m è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del maglio all'attrezzo campionatore, 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 campionatore) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Sempre in Figura 23, 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 23 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita ($FC < 5\%$).

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 44 di 171

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:

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

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

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

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

$$\beta = [0.99 + (FC1.5/1000)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

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

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

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

dove:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

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

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

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 45 di 171

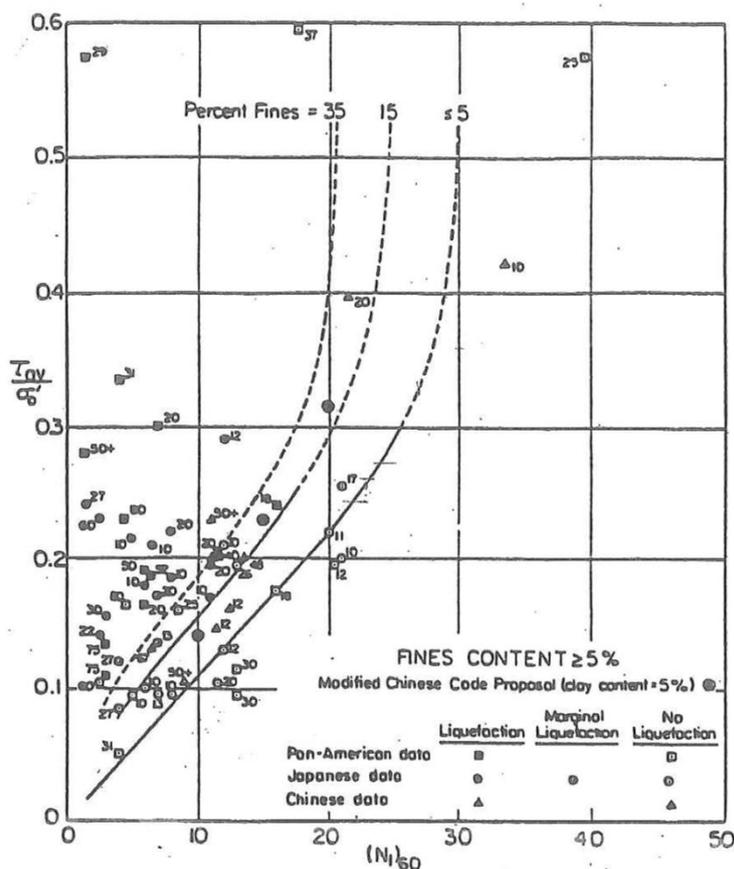


Figura 23: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

6.3 Risultati delle verifiche a liquefazione

In relazione ai locali valori ottenuti prossimi all'unità (cfr. Figure da 24 a 27), negli strati più superficiali delle prove CPTU-PE-43 e 44 si segnala quanto segue:

- Le prove non sono ubicate strettamente nell'area di interesse del rilevato.
- Gli interventi previsti di rinforzo del terreno sono in grado di ovviare ad eventuali sovrappressioni locali di di limitate porzioni superficiali di terreno.

Se ne conclude che l'insieme dei risultati indica come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI65B.



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

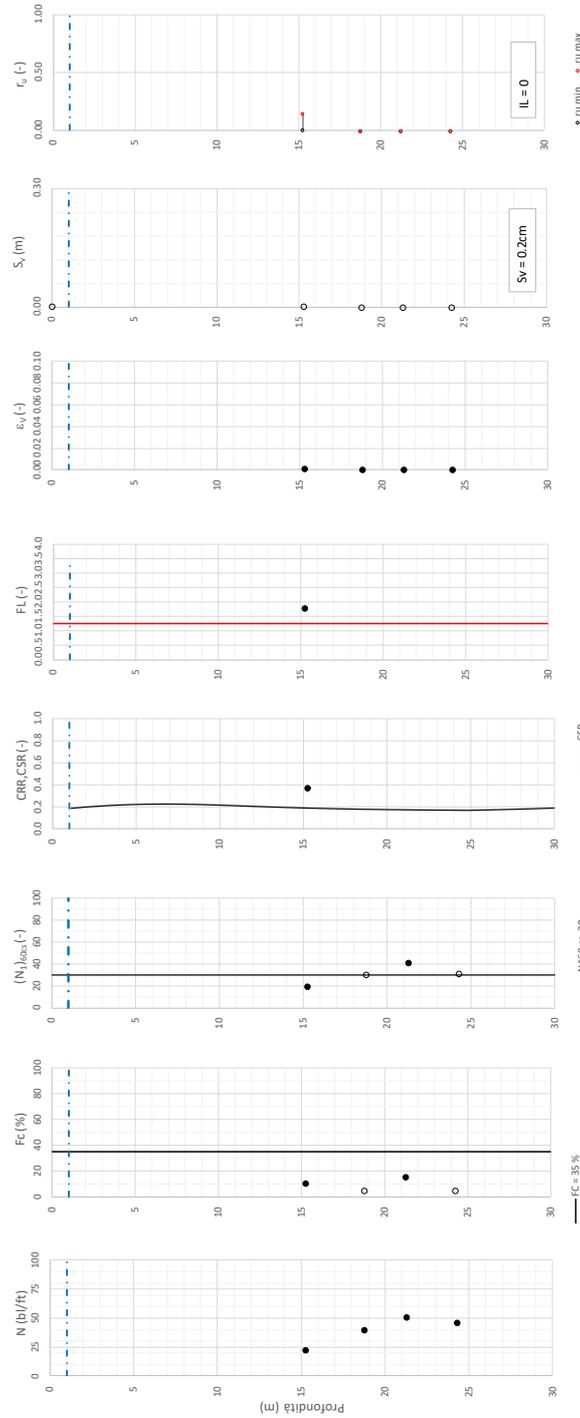
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI65A0001B

Foglio
46 di 171

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-75 Pr. 35-300
 $a_{max} = 0.297g$ $M_{calc} = 6.5$ $MSF = 1.7$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 5m



Foglio verifica aliquotazione/Ngr.v. 02

Figura 24 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-75



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI65A0001B

Foglio
47 di 171

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Venezia - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-42 Pr. 35-040
 $\alpha_{max} = 0.297g$ $M_{calc} = 6.5$ $MSF = 1.7$ Metodo NCEER 1966 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 6m

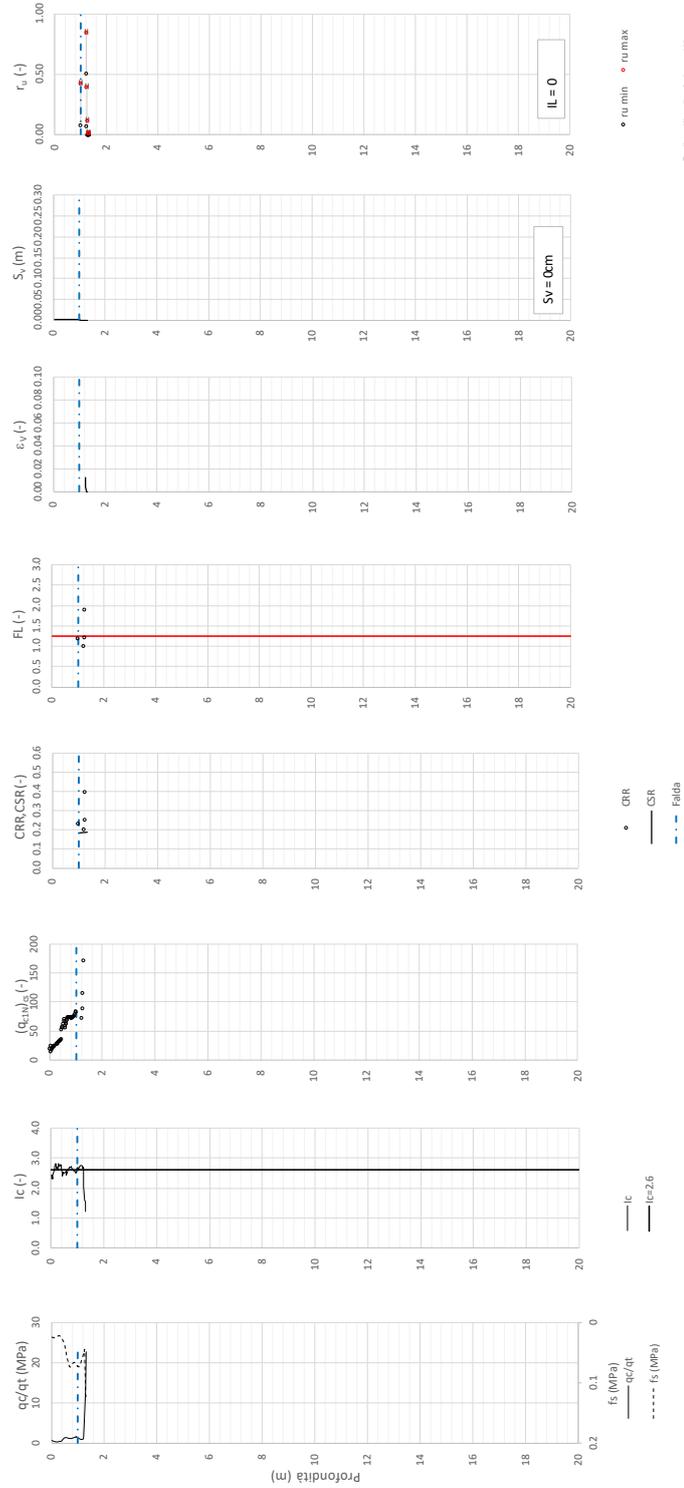


Figura 25 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-42



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI65A0001B

Foglio
48 di 171

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-43 Pr. 35-1365
 $a_{max} = 0.297g$ $M_{calc} = 6.5$ $MSF = 1.7$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 5m

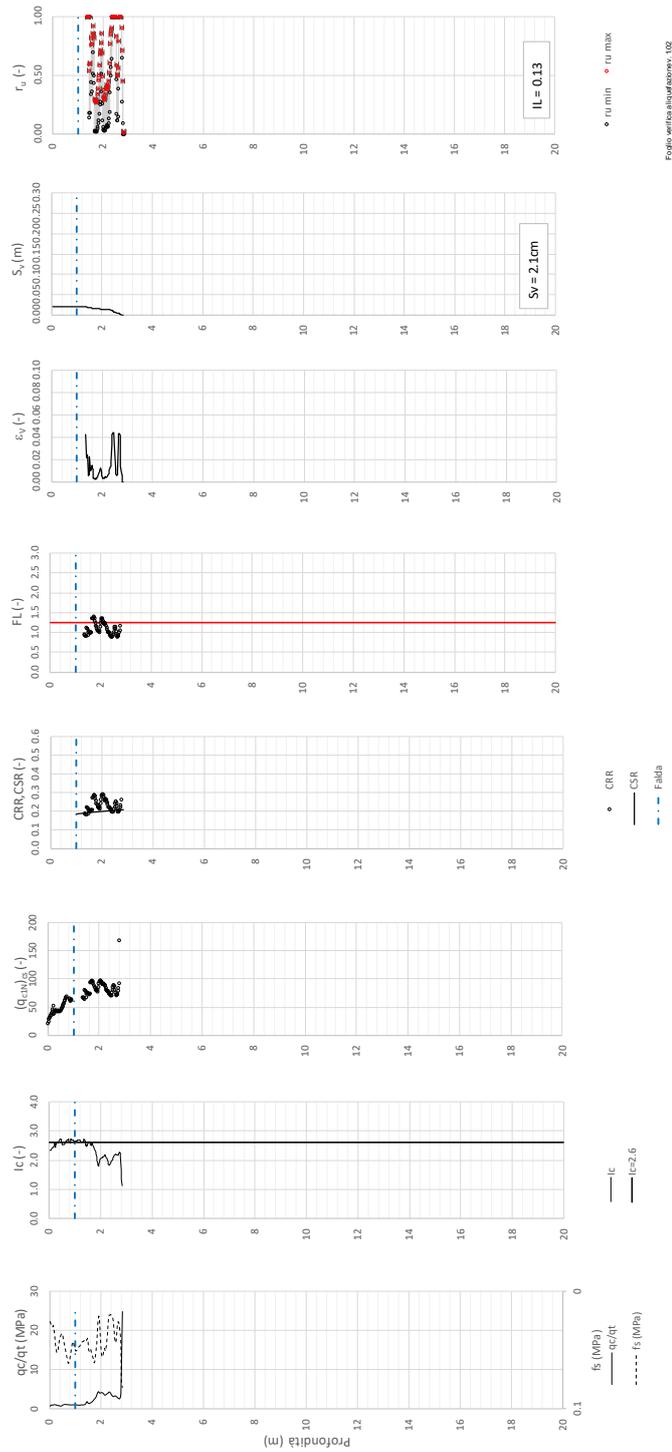


Figura 26 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-43



Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-44 Pr. 35+597
 $a_{max} = 0.297g$ $M_{calc} = 6.5$ $MSF = 1.7$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 3m

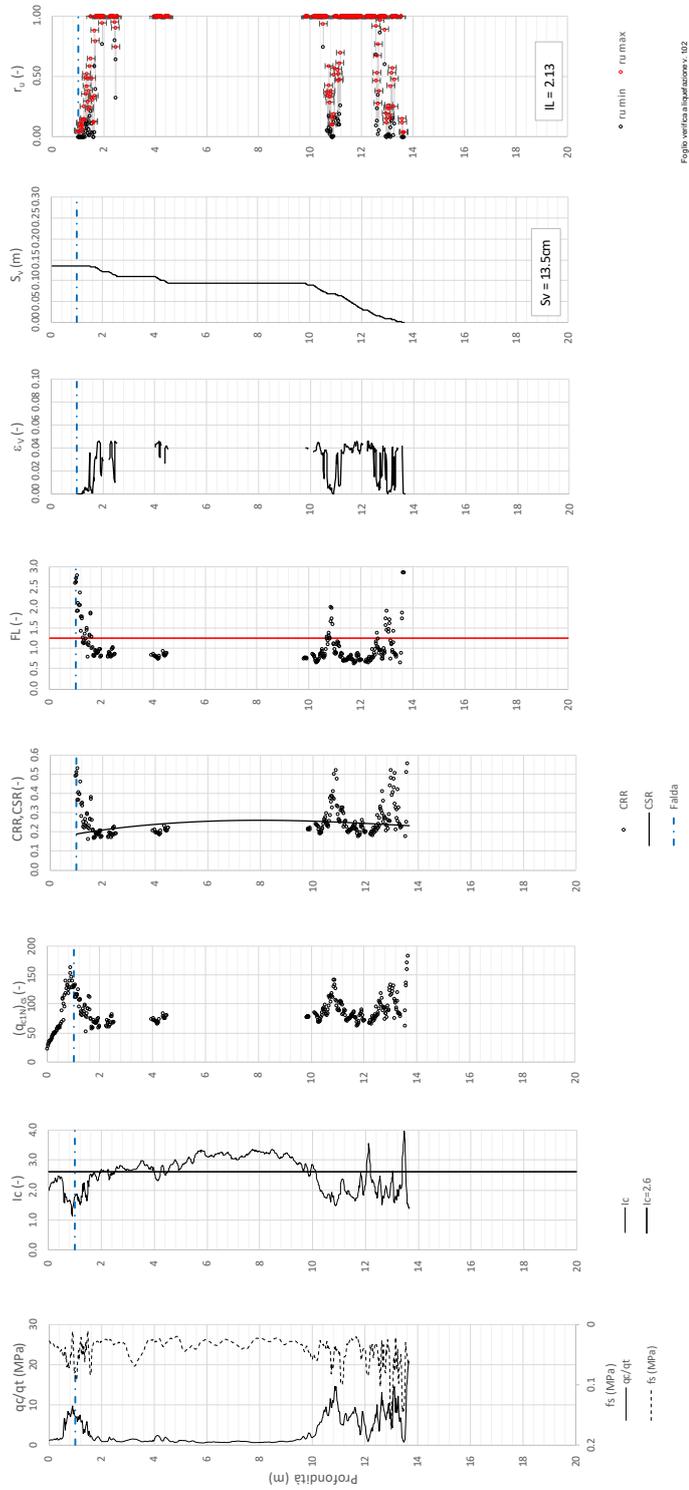


Figura 27 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-44

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 50 di 171

7 VERIFICA DELL'OPERA

7.1 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. [21]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [21]})$$

dove:

- Ed valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- Rd valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata impiegando specifiche combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri di resistenza dei materiali (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. [21]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [21]})$$

dove:

- Ed valore di progetto dell'effetto dell'azione;
- Cd 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 di resistenza dei materiali.

Le verifiche vengono condotte con analisi statiche o pseudostatiche e, in accordo al MdP (Doc. rif. [26]), il coefficiente di incremento dinamico delle azioni derivanti dal passaggio del treno è assunto pari all'unità.

7.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

Dal punto di vista geotecnico, le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 51 di 171

essere eseguite secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2 + M2 + R2, Doc. Rif. [21]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

essendo R resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif. [22]), 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. [21]), per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.

Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

dove:

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

Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [21])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 52 di 171

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	γ_M $\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

In condizioni statiche, le verifiche sono state condotte considerando il comportamento drenato del terreno di fondazione.

In condizioni sismiche, la verifica è stata eseguita secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione ψ per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [26]). In ragione della natura del fenomeno esaminato, in condizioni sismiche è stata presa in esame la risposta non drenata dei materiali argillosi rinvenuti lungo il profilo e, per tale motivo, la quota di falda risulta essere influente sull'esito delle stesse

7.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

I livelli prestazionali dell'opera previsti agli Stati Limite di Esercizio devono essere verificati impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri di resistenza dei materiali (Par. 6.5.3.2 del Doc. Rif. [21]). In condizioni di Stato Limite di Esercizio è necessario verificare 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.

Per quanto riguarda gli spostamenti, il livello prestazionale richiesto dalle specifiche ferroviarie è che i cedimenti residui a partire dal completamento del piano di posa del ballast, e per la durata della vita utile dell'opera (100 anni) siano inferiori a 5 cm.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 53 di 171

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

	V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	$\Delta H \leq 10$ $SCARTXL \leq 6$	$\Delta H \leq 10$ $SCARTXL \leq 4$
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < SCARTXL \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < SCARTXL \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in relazione ai limiti di sghembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < SCARTXL \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < SCARTXL \leq 12$
(1) il valore di ΔH può essere ammesso solo a seguito di una verifica di assenza di problemi di sagoma (gallerie, interasse, posizione linea di contatto ecc.)		
(2) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.		

7.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [25]) e nelle NTC (Doc. rif. [21]) e sono di seguito descritte.

7.2.1 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 ³
Peso elementi in cls	25 kN/m ³ .

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.

7.2.2 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).

7.2.3 Azione sismica

L'azione sismica di progetto è stata definita sulla base della pericolosità sismica di base ed in considerazione di

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 54 di 171

quanto discusso nel capitolo 6. Nelle analisi essa è stata definita adottando un'azione statica equivalente definita dal prodotto tra il peso W del volume di terreno potenzialmente instabile ed i coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v):

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

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

dove

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

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito (v. capitolo 6.1.6)

g accelerazione di gravità.

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[21])

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

Sulla base dell'accelerazione sismica di riferimento definita nel capitolo 6, i coefficienti sismici assumono i seguenti valori:

$K_h = + 0.083$ (concorde alla direzione di scivolamento)

$K_v = \pm 0.042$ (verificando la più cautelativa tra negativo e positivo).

7.3 Sezioni di calcolo

Lo studio del rilevato RI65A è affrontato compiutamente nella presente relazione. In ragione della continuità geometrica e di condizioni geotecniche riscontrate nell'area, si ritiene che l'opera sia da considerarsi come parte di un unico manufatto, costituito da RI65, RI66 ed RI67. Pertanto, la verifica del rilevato, l'analisi delle sezioni tipo, la descrizione del modello geotecnico e la definizione della soluzione progettuali sono state affrontate in maniera organica, valutando il contesto in cui si inserisce il rilevato RI65A. Per maggiori informazioni circa le opere RI66 ed RI67, si rimanda agli elaborati progettuali afferenti alle singole WBS.

Sulla base delle caratteristiche dell'opera descritte nel capitolo 4, le verifiche del rilevato sono state eseguite prendendo in esame due sezioni. La prima, denominata Sezione A (RI65A-1), posizionata alla pk 34+800 ed in prossimità della spalla est del viadotto Guà mostra un'altezza di rilevato pari a circa 6.1 m ed una larghezza dello stesso di 47 m circa. È stata inoltre considerata la sezione alla pk 34+900 (Sezione B, RI65A-5), in grado di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 55 di 171

rappresentare le rimanenti configurazioni geometriche del rilevato, in cui quest'ultimo ha un'altezza media compresa tra 4.5 m e 5.3 m circa.

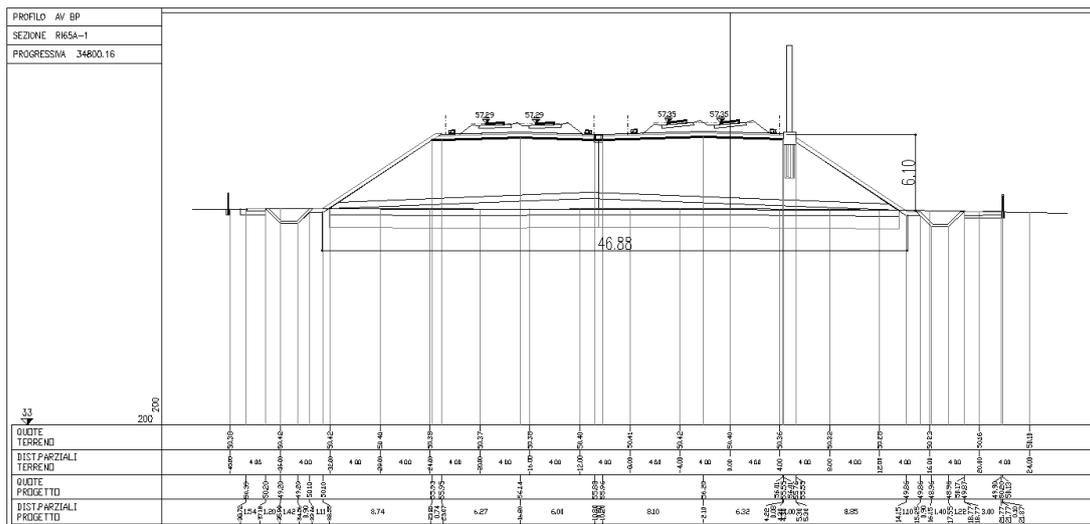


Figura 28 – Geometria della sezione di calcolo (Sezione A)

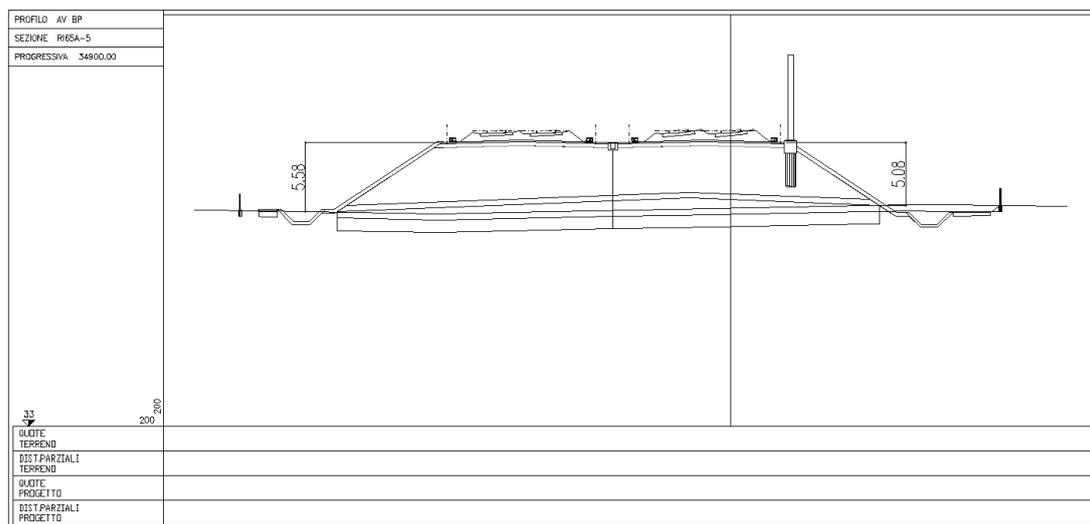


Figura 29 – Geometria della sezione di calcolo (Sezione B)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 56 di 171

7.4 Risultati e verifiche

7.4.1 Sezione A

7.4.1.1 Verifiche geotecniche agli SLU

Le verifiche di stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [42]) e facendo ricorso al metodo dell'equilibrio limite di Bishop modificato. I dettagli circa il modello geotecnico e la geometria del rilevato (Sezione A) sono discussi nei capitoli 5 e 7.3, mentre per le azioni di progetto si faccia riferimento al capitolo 7.2.

I risultati delle verifiche eseguite secondo la metodologia descritta nel capitolo 7.1.1 sono illustrati in Figura 30 e Figura 31, rispettivamente per le condizioni statiche e sismiche. I fattori di sicurezza FS minimi calcolati si riferiscono ai meccanismi individuati dalle superfici di scivolamento illustrate e sono pari a:

$$FS_{MIN,STAT_A} (DA1C2) = 1.14,$$

$$FS_{MIN,SISMA_A} (DA1C2) = 1.12.$$

Essendo:

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

le verifiche di stabilità globale sono soddisfatte. Sebbene i fattori di sicurezza calcolati siano prossimi al minimo richiesto dalla normativa di riferimento, l'introduzione di elementi di rinforzo resa necessaria per limitare i cedimenti (v. capitolo 7.4.1.2), garantisce ulteriori margini di sicurezza nei confronti della stabilità globale.

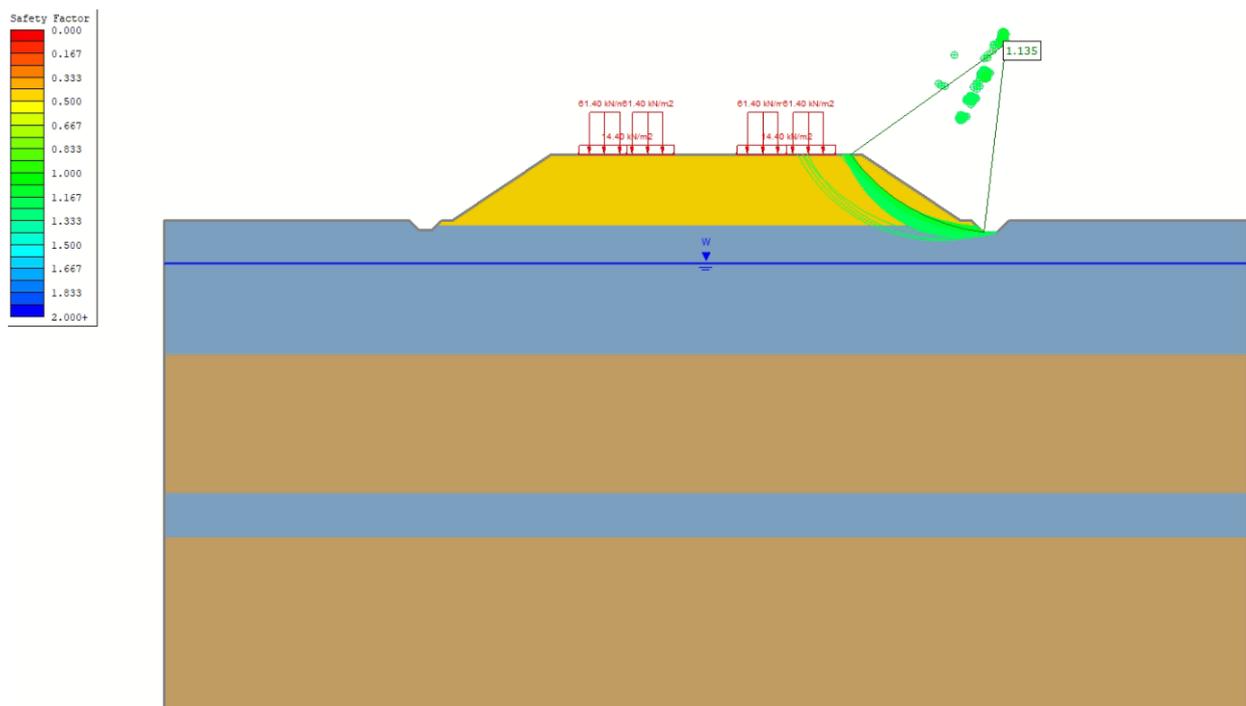


Figura 30 – Analisi di stabilità globale: Sezione A in condizioni statiche (FS > 1.1)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 57 di 171

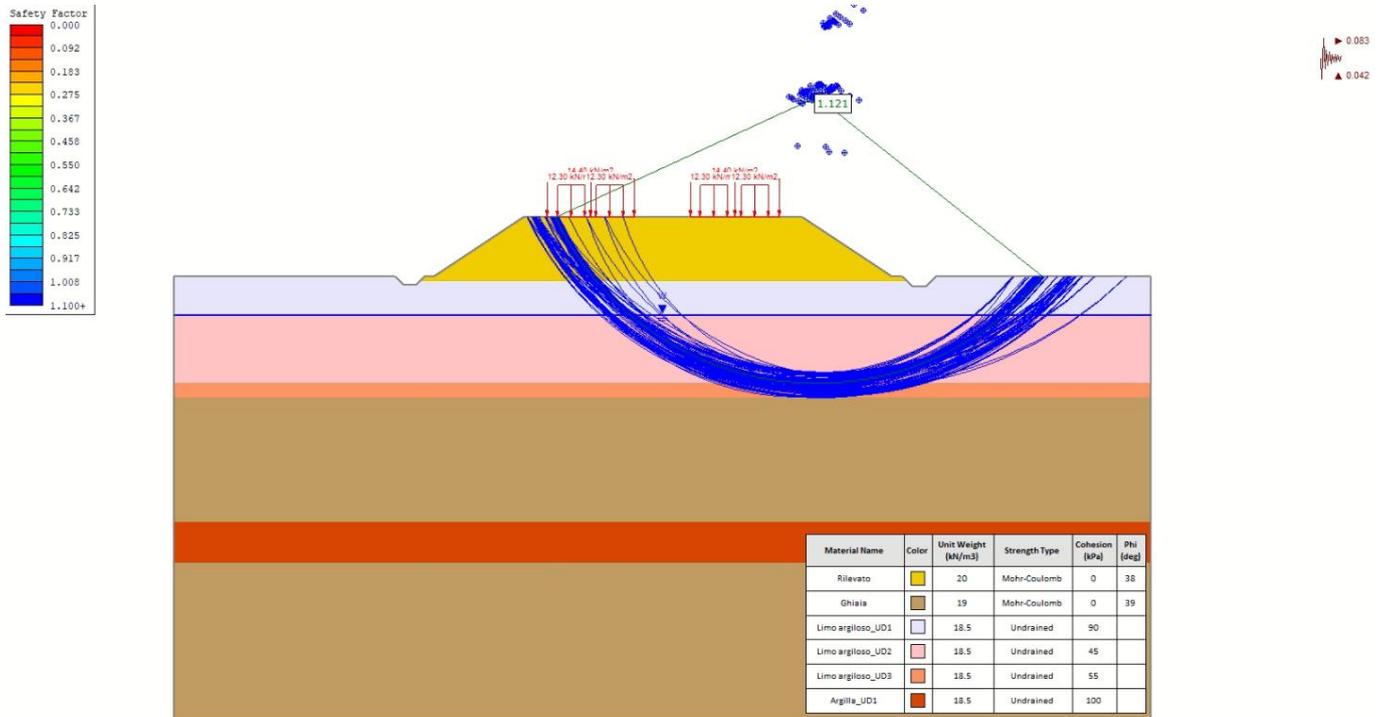


Figura 31 – Analisi di stabilità globale: Sezione A in condizioni sismiche (FS > 1.1)

7.4.1.2 Verifiche geotecniche agli SLE

Analisi di cedimenti condotte sul rilevato, in assenza di interventi, mostravano valori di cedimento prossimi a quelli compatibili con le specifiche. Tenendo conto di tale risultato, e in considerazione del fatto che il rilevato in questione è di approccio ad un viadotto, (con cedimenti pari virtualmente a zero), si è deciso di minimizzare i cedimenti in esercizio, al fine di evitare problematiche di cedimenti differenziali spalla/rilevato di approccio. Pertanto, in continuità con le indicazioni del Progetto Definitivo, il Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di inclusioni rigide, a partire dal piano di posa del rilevato, da realizzarsi successivamente alle operazioni di scotico previste (fino a profondità di circa 0.5 m pc).

Le inclusioni rigide si configurano come interventi colonnari, eseguiti per mezzo di perforazioni $\Phi 600$ fino alla profondità di 13 m e con interasse pari a 2.6 m, sia in direzione trasversale che longitudinalmente alla linea ferroviaria. A seguito delle perforazioni, si provvederà al riempimento con calcestruzzo avente le caratteristiche indicate nel capitolo 3 ed alla realizzazione dello strato di misto cementato, continuo per tutta la larghezza del rilevato e per uno spessore di 0.8 m.

Si segnala che la lunghezza prevista per le colonne è tale da avere un ammorsamento “di calcolo” almeno 0.5 m nelle ghiaie.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 58 di 171

7.4.1.2.1 Modellazione numerica di dettaglio

La determinazione del campo di spostamenti e delle azioni agenti sugli elementi costituenti l'opera è stata svolta mediante analisi agli elementi finiti con Plaxis (Doc. Rif. [32]). Il software ha permesso di valutare lo stato tensionale e deformativo del terreno durante ed in seguito alla costruzione del rilevato e di eseguire una modellazione di dettaglio delle inclusioni rigide e dell'interazione tra esse ed il terreno circostante.

Le unità geotecniche descritte nel capitolo 5, sono state rappresentate per mezzo di cluster il cui comportamento è definito dai seguenti modelli costitutivi, scelti sulla base della natura dei terreni esaminati e delle informazioni a disposizione.

Per i materiali a grana grossa (ghiaia e materiale da rilevato), dotati di buone proprietà meccaniche e la cui risposta ai carichi previsti è descrivibile in condizioni drenate, si è fatto riferimento ad un modello costitutivo alla Mohr-Coulomb. Per maggiori informazioni circa i parametri deformativi e di resistenza impiegati si faccia riferimento alla Tabella 2.

Per i depositi costituiti prevalentemente da argilla limosa si è esaminato il decorso dei cedimenti nel tempo, studiando il loro comportamento non drenato ed il grado di consolidazione in funzione del tempo nel corso della costruzione del rilevato. Inoltre, si è scelto di raggiungere un maggior grado di dettaglio nella definizione della rigidità dei depositi in funzione del loro stato tensionale, impiegando il modello costitutivo denominato Hardening Soil (HS) Model, appartiene alla famiglia dei modelli di tipo Cam-Clay. Il modello HS ha consentito di riprodurre la risposta esibita dai campioni indisturbati nel corso delle prove di laboratorio prese in esame per la caratterizzazione (v. capitolo 5). Ciò ha permesso di impiegare materiali aventi rigidità dipendenti dal livello tensionale, differenti in condizioni di compressione vergine e di scarico e ricarico e funzione della pressione di pre-consolidazione stimata. Si forniscono di seguito alcuni richiami teorici del modello costitutivo.

Il modello HS prevede una relazione gli indici di compressione o ricomprensione ed il modulo edometrico:

$$E_{oed}^{ref} = \frac{p^{ref}}{\lambda^*} \quad \lambda^* = \frac{\lambda}{(1 + e_0)} \quad \text{compressione vergine,}$$

$$E_{ur}^{ref} \approx \frac{2p^{ref}}{\kappa^*} \quad \kappa^* = \frac{\kappa}{(1 + e_0)} \quad \text{scarico-ricarico,}$$

dove:

- λ indice di compressione in fase di primo carico;
- κ indice di rigonfiamento in fase di scarico-ricarico;
- e_0 indice dei vuoti iniziale;
- p^{ref} pressione di riferimento.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 59 di 171

Il dominio di elasticità è individuato da due funzioni f e f_c : la prima, relativa alle deformazioni irreversibili generate dall'applicazione di uno sforzo deviatorico e la seconda, che riguarda le deformazioni plastiche dovute all'applicazione di carichi isotropi e edometrici:

$$f = \bar{f} - \gamma^p \quad \bar{f} = \frac{2}{E_i} \frac{q}{1 - q/q_a} - \frac{2q}{E_{ur}} \quad \gamma^p = -(2\varepsilon_1^p - \varepsilon_v^p) \approx -2\varepsilon_1^p$$

$$f^c = \frac{\tilde{q}^2}{\alpha^2} + p^2 - p_p^2 \quad \varepsilon_v^{pc} = \frac{\beta}{1 - m} \left(\frac{p_p}{p^{ref}} \right)^{1-m}$$

dove:

- E_i rigidezza iniziale, pari a $E_i = \frac{2E_{50}}{2 - R_f}$, con E_{50} rigidezza relativa al 50% dello sforzo deviatorico ultimo;
- E_{ur} rigidezza di scarico-ricarico;
- q sforzo deviatorico;
- q_a 90% dello sforzo deviatorico ultimo;
- \tilde{q} sforzo deviatorico misurato con una procedura speciali (Doc. rif. [32]);
- p' sforzo medio;
- p_p sforzo di pre-consolidazione isotropa;
- p_{ref} sforzo di riferimento;
- ε_v^p deformazioni volumetriche plastiche;
- ε_{p1} deformazioni deviatoriche plastiche;
- m costante che esprime la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale;
- α, β parametri di forma, rispettivamente funzione di K_0^{nc} e modulo edometrico.

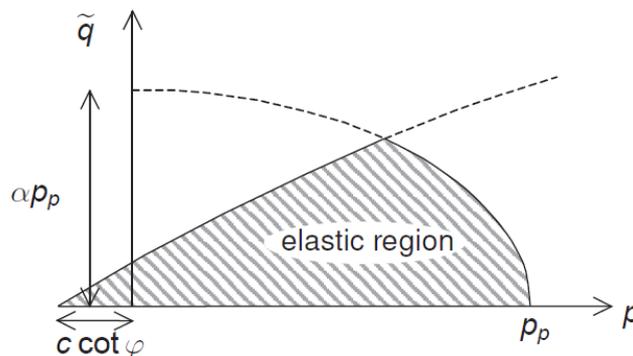


Figura 32 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano q-p'

La definizione del modello costitutivo richiede quindi la determinazione dei seguenti parametri geotecnici, per i quali si rimanda alla Tabella 2: e_0 , CR, RR, ϕ e c' (o c_u). Per maggiori dettagli si rimanda al Manuale di Plaxis (Doc. rif.[32]).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 60 di 171

Le inclusioni rigide sono state modellate per mezzo di elementi strutturali a comportamento elastico-lineare e di tipo *embedded beam*: considerati *wished-in-place*, del diametro di 600mm ed aventi rigidezza pari a quella di progetto. Tali elementi sono dotati di componenti d'interfaccia integrate, che definiscono l'interazione tra terreno e struttura sulla base della resistenza dei materiali che li circonda. Le inclusioni, di lunghezza pari a 13 m, sono state modellate con un interasse pari a 2.6 m in direzione trasversale e longitudinalmente alla linea ferroviaria.

Lo strato di misto cementato è stato invece caratterizzato come un materiale elastico perfettamente plastico con superficie di rottura tipo Mohr Coulomb. I parametri di resistenza e rigidezza di questo materiale sono stati determinati sulla base delle resistenze a compressione uniaassiale minima per il materiale pari a

$$\sigma_c = 3 \text{ MPa}$$

Considerando la retta di rottura nel piano di Mohr con inclinazione "φ" ed intercetta "c" tangente al cerchio di Mohr relativo alla condizione di schiacciamento non confinato ($\sigma_{\min} = 0$, $\sigma_{\max} = \sigma_c$) può ricostruire la coesione equivalente c del materiale fissando l'angolo di resistenza al taglio secondo le espressioni riportate nella seguente Figura 33

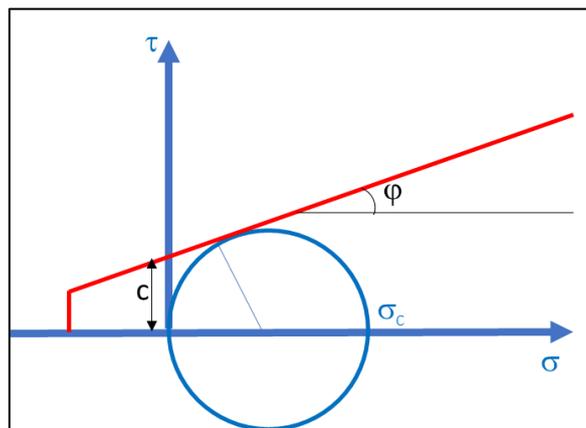


Figura 33 - Ricostruzione della coesione equivalente per il misto cementato

$$c = \left(\frac{\sigma_c}{2}\right) \cdot [\cos\varphi - \tan\varphi(1 - \sin\varphi)]$$

fissato un angolo di attrito pari a

$$\varphi = 30^\circ$$

si trova una coesione

$$c = 900 \text{ kPa}$$

La resistenza a trazione del materiale (f_{ctk}) può essere invece posta pari a

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot \left(0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}\right)$$

e vale

$$f_{ctk} = 440 \text{ kPa}$$

Il modulo elastico del misto cementato, coerentemente con le specifiche tecniche riportate al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è stato posto pari a

$$E = 4.0 \text{ GPa}$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 61 di 171

Il modello numerico rappresentato nella figura che segue è stato creato a partire dalla geometria della sezione di calcolo definita nel capitolo 7.3 (Sezione A).

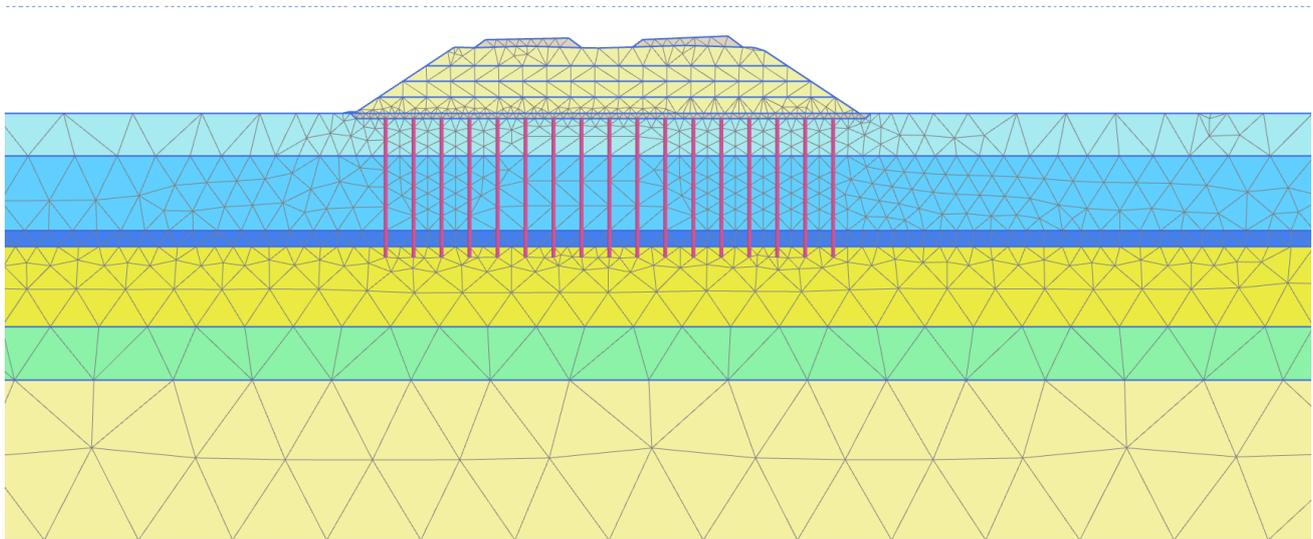


Figura 34 – Sezione A - modello agli elementi finiti

7.4.1.2.2 Fasi costruttive

Per il rilevato in oggetto si prevedono le seguenti fasi costruttive:

- Allestimento cantiere
- Scotico
- Realizzazione del piano di lavoro
- Realizzazione inclusioni rigide e strato di misto cementato
- Realizzazione del rilevato: 4 mesi;
- Lavorazioni di finitura, posa del sub-ballast e di opere di drenaggio: 3 mesi;
- Lavorazioni a latere (consorzio saturno): 2 mesi;
- Posa in opera del ballast ed armamento ferroviario: 2 mesi.

Per garantire una migliore convergenza delle analisi la fase di realizzazione del rilevato è stata suddivisa in quattro stadi, della durata di un mese ciascuno. Nell'ambito delle analisi numeriche è stata, inoltre, considerata una fase di consolidazione finale fino ad esaurimento dei fenomeni di consolidazione.

Secondo quanto riportato nei capitoli successivi, in relazione alla opportunità di un ammorsamento delle colonne nello strato di ghiaia, si ritiene utile che l'attrezzatura di installazione delle inclusioni sia dotata di un registrazione dei

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 62 di 171

parametri di installazione (tipo Lutz), in grado di cogliere il cambio di litologia fra i limi superficiali e le ghiaie in profondità, e di arrestare la perforazione in corrispondenza di un ammassamento pari a circa 1D, essendo D il diametro della perforazione (600 mm).

7.4.1.2.3 Risultati e verifiche

I risultati delle analisi Plaxis sono rappresentati di seguito, in termini di cedimenti calcolati nelle diverse fasi di costruzione e di azioni agenti sugli elementi costituenti le inclusioni rigide.

Per le verifiche geotecniche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad \text{(Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [21])}$$

dove:

E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione,

C_d valore limite prescritto dell'effetto delle azioni.

Come riportato nel capitolo 7.1.2, le verifiche sono da ritenersi soddisfatte se i cedimenti residui a partire dal completamento del piano di posa del ballast e per la vita utile dell'opera (100 anni) sono inferiori a 5 cm.

I risultati dell'analisi sono riportati nelle Figura 35 e nella Figura 36. Il cedimento calcolato alla fine della costruzione e della realizzazione degli impianti è di circa 5 cm, mentre il cedimento a fine consolidazione, e compreso il peso del ballast, è di poco inferiore a 6 cm.

Lo sviluppo dei cedimenti nel tempo è evidenziato nella Figura 37, che chiarisce come in fase di esercizio della linea i cedimenti di consolidazione indotti dalla dissipazione delle sovrappressioni neutre siano di fatto residuali ed estremamente limitati.

Il cedimento in esercizio sarà dell'ordine massimo del centimetro, comprendendo anche una possibile aliquota di cedimento secondario.

A questo proposito, si osserva che, grazie alla presenza delle inclusioni rigide, il cedimento totale assume valori modesti e, pertanto, **la verifica delle prestazioni dell'opera agli Stati Limite di Esercizio è ampiamente soddisfatta.**

Le Figura 39, Figura 38 e Figura 40 riportano i valori delle azioni interne sugli elementi di rinforzo, che verranno utilizzati ai fini di una loro verifica strutturale.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 63 di 171

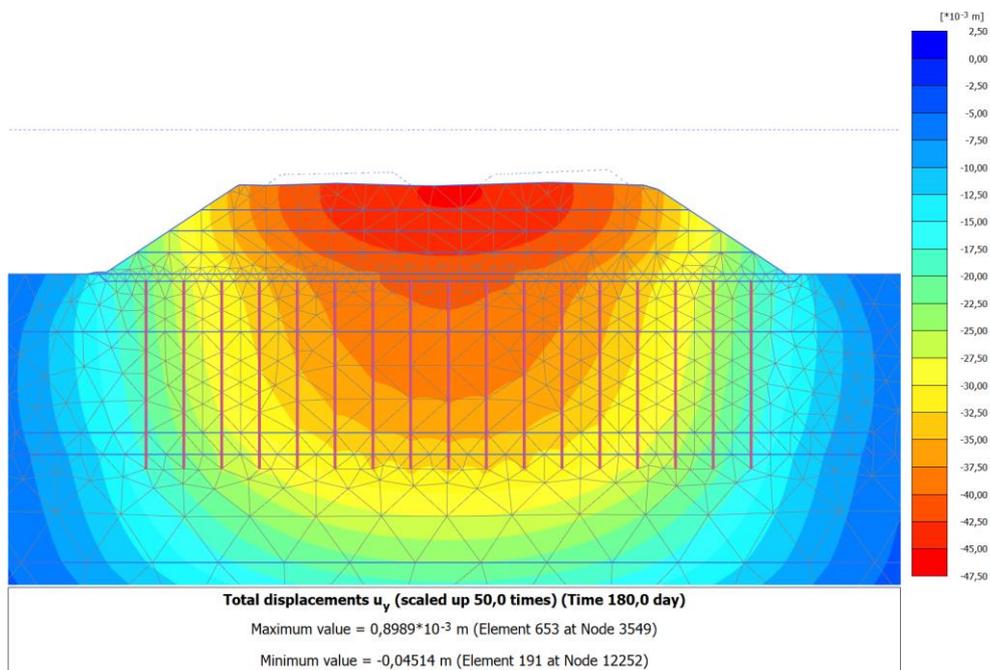


Figura 35 – Sezione A - Cedimenti prima della posa del ballast

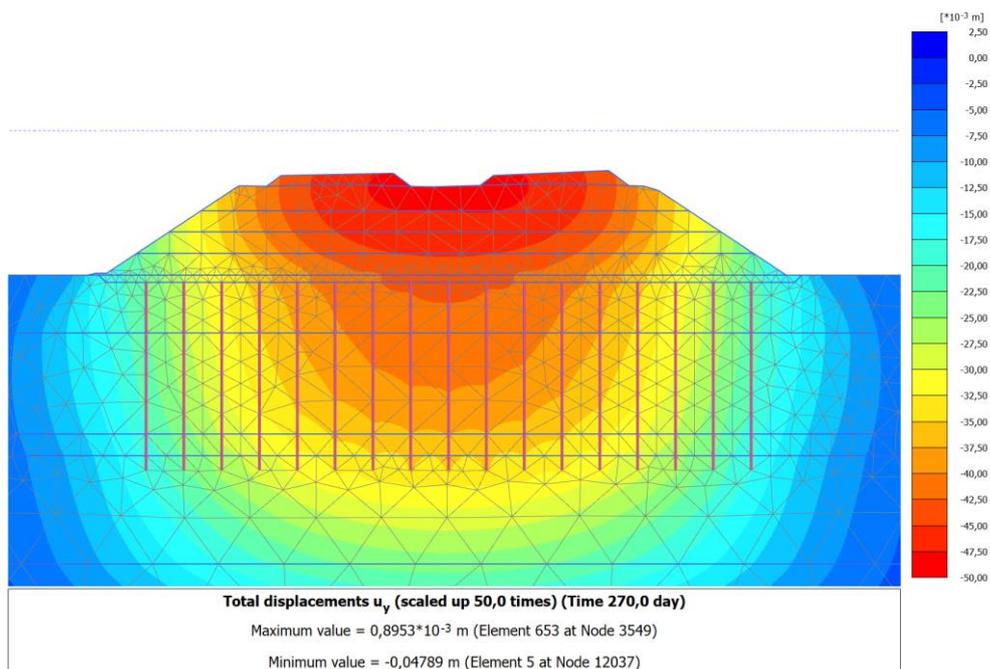


Figura 36 – Sezione A - Cedimenti in seguito alla posa del ballast ed al termine della consolidazione

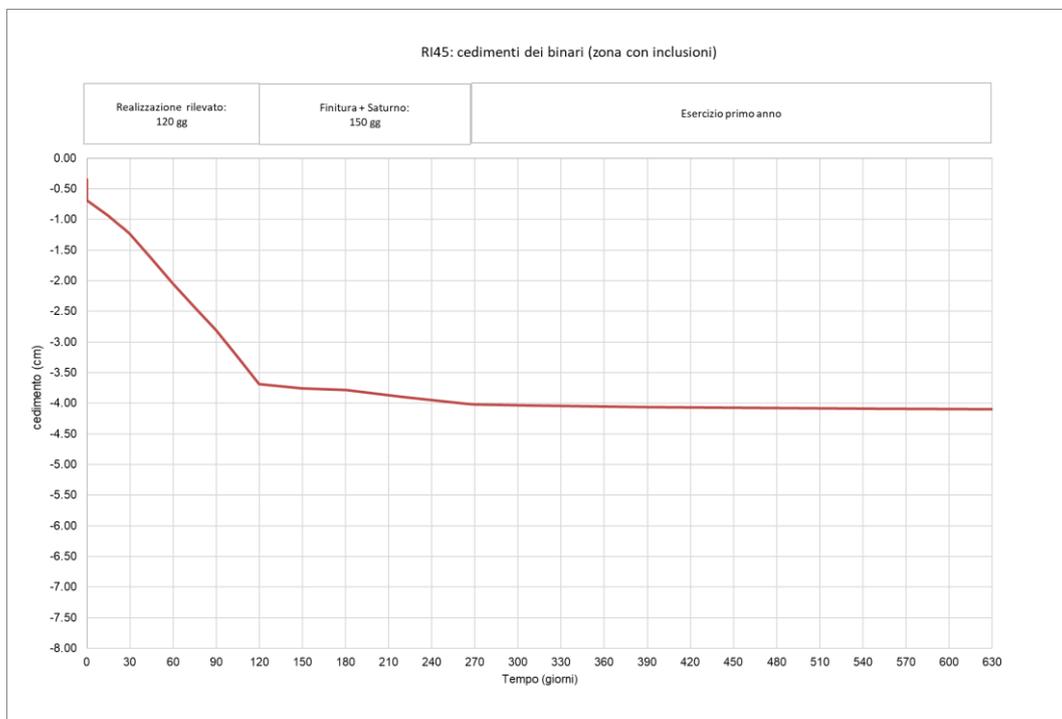


Figura 37 – Sezione A - Cedimenti di consolidazione del rilevato

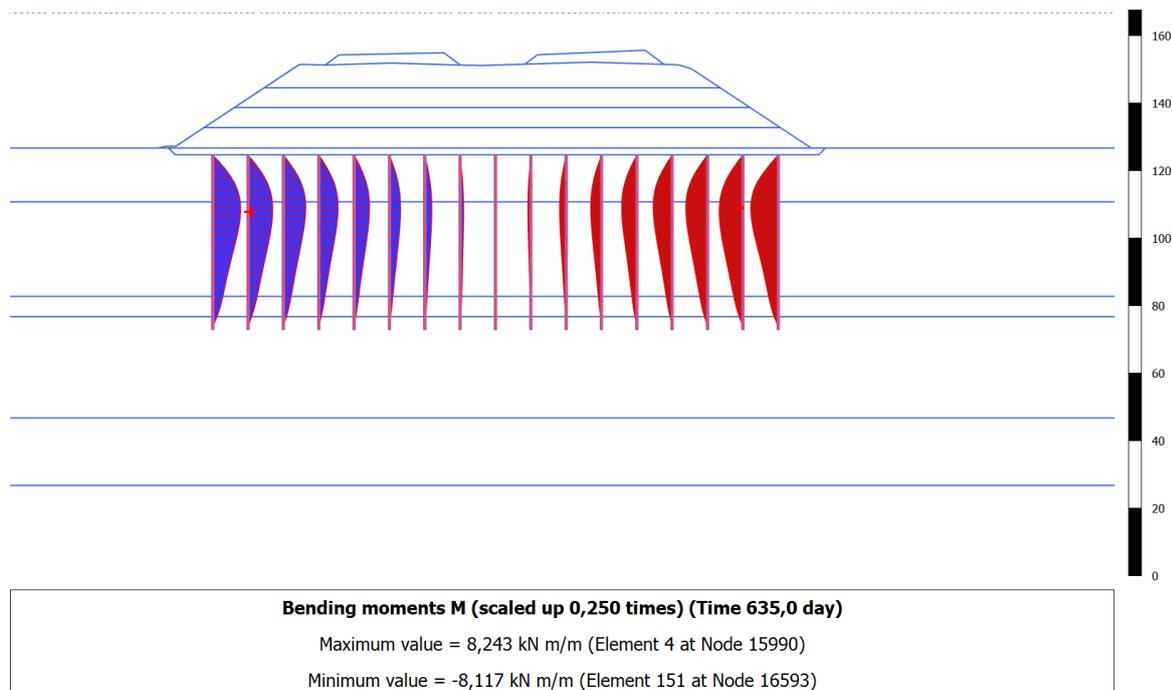


Figura 38 – Sezione A - Momenti flettenti agenti lungo le inclusioni rigide.

$$M_{max} = 8.2 \cdot 2.6 = 21.3 \text{ kNm}$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 65 di 171

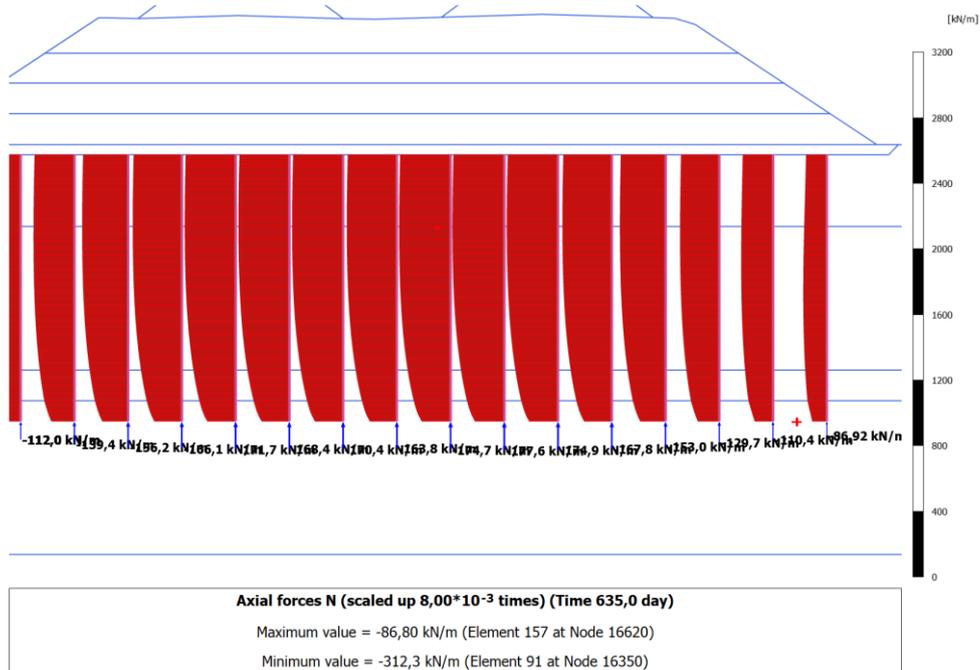


Figura 39 – Sezione A - Azioni assiali agenti lungo le inclusioni rigide – azione minima alla quota di momento massima $130 \cdot 2.6 = 338$ kN (compressione negativa)

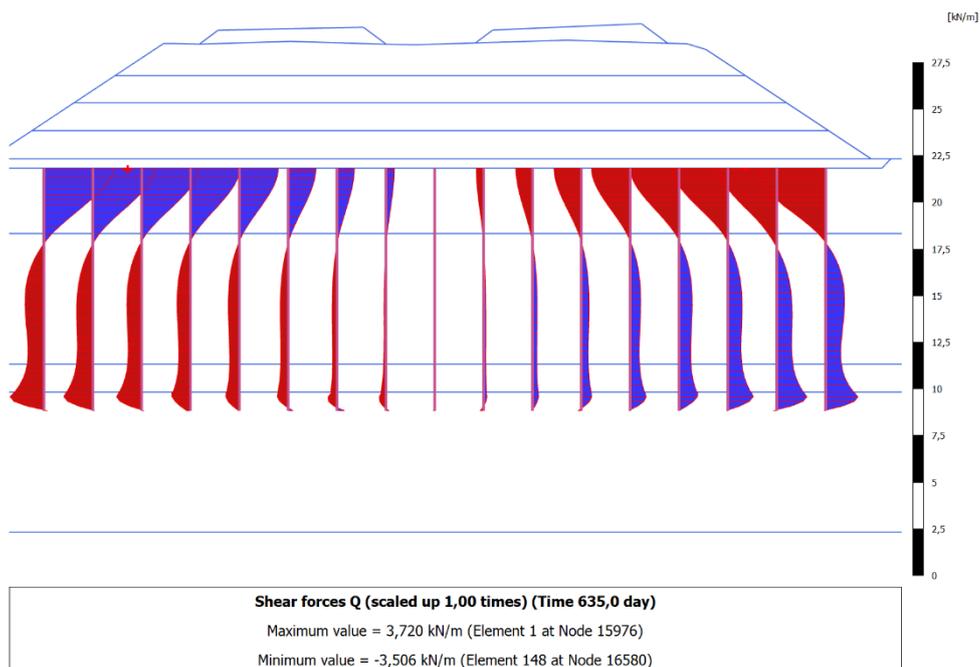


Figura 40 – Sezione A - Azioni di taglio agenti lungo le inclusioni rigide

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 66 di 171

$$T \max = 3.7 \cdot 2.6 = 9.6 \text{ kN}$$

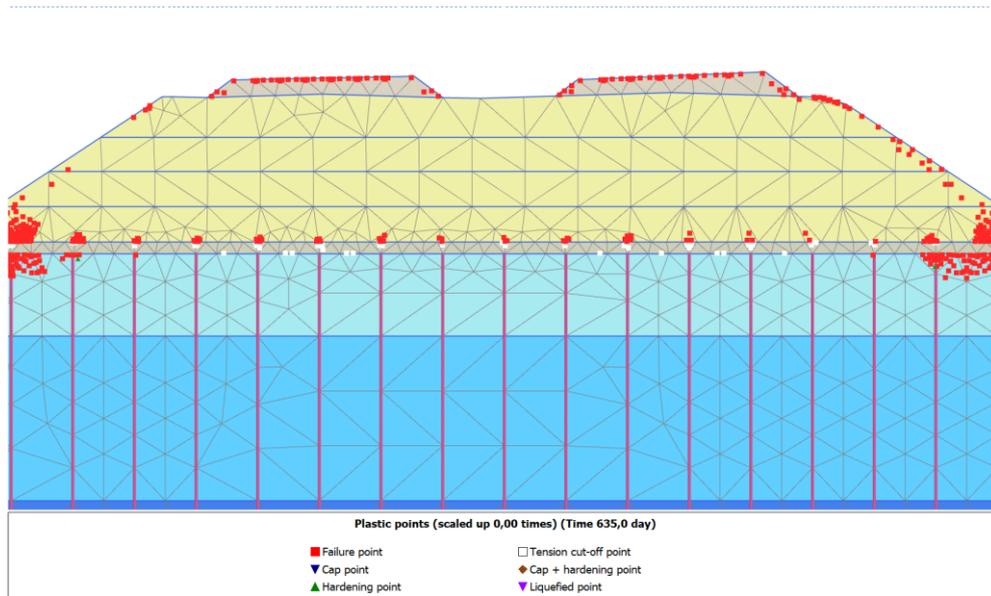


Figura 41 – Sezione A – Punti plastici nel misto cementato

7.4.1.3 Verifiche strutturali

Le azioni agenti sulle inclusioni rigide sono state calcolate sulla base dei risultati agli Stati Limite di Esercizio discussi nel capitolo precedente. In particolare, si è fatto riferimento alla combinazione A1+M1+R1 ritenuta d'interesse per le verifiche strutturali, moltiplicando le azioni stimate agli SLE per un fattore moltiplicativo pari ad 1.3 (fattore parziale A1), per ottenere le relative azioni di progetto agli Stati Limite Ultimo (v. capitoli 7.1 e 7.1.1).

La massima eccentricità di carico per tutti i pali vale

$$e = M/N = 21.3 \cdot 1.3 / 338 = 8.2 \text{ cm}$$

minore del raggio di inerzia della sezione circolare pari a

$$\rho = \sqrt{I/A} = D/4 = 15 \text{ cm}$$

Le sezioni risultano perciò tutte compresse e le inclusioni non necessitano di alcuna armatura longitudinale.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 67 di 171

7.4.1.4 Strato in misto cementato

E' utile segnalare che, seppure non sia richiesto specificamente una verifica del misto cementato, lo stato tensionale in questo strato risulta praticamente ovunque compatibile con le caratteristiche meccaniche (comunque cautelative) del materiale, senza che si evidenzino bande di taglio (si veda anche la Figura 41).

7.4.2 Sezione B

Tutte le analisi e le verifiche discusse nei seguenti capitoli sono state eseguite con strumenti, metodologia ed assunzioni del tutto equivalenti a quelle impiegate per l'analisi della Sezione A. Per maggiori informazioni in merito si rimanda al capitolo 7.4.1.

7.4.2.1 Verifiche geotecniche agli SLU

Poiché le verifiche condotte con riferimento alla Sezione A (caratterizzata da condizioni geotecniche equivalenti ed altezza di rilevato maggiore di quella in esame) sono soddisfatte in assenza di interventi di consolidamento (v. capitolo 7.4.1.1), le verifiche di stabilità globale del rilevato risultano essere soddisfatte anche in corrispondenza della Sezione B.

7.4.2.2 Verifiche geotecniche agli SLE

Il modello numerico rappresentato nella figura che segue è stato creato a partire dalla geometria della sezione di calcolo definita nel capitolo 7.3 (Sezione B).

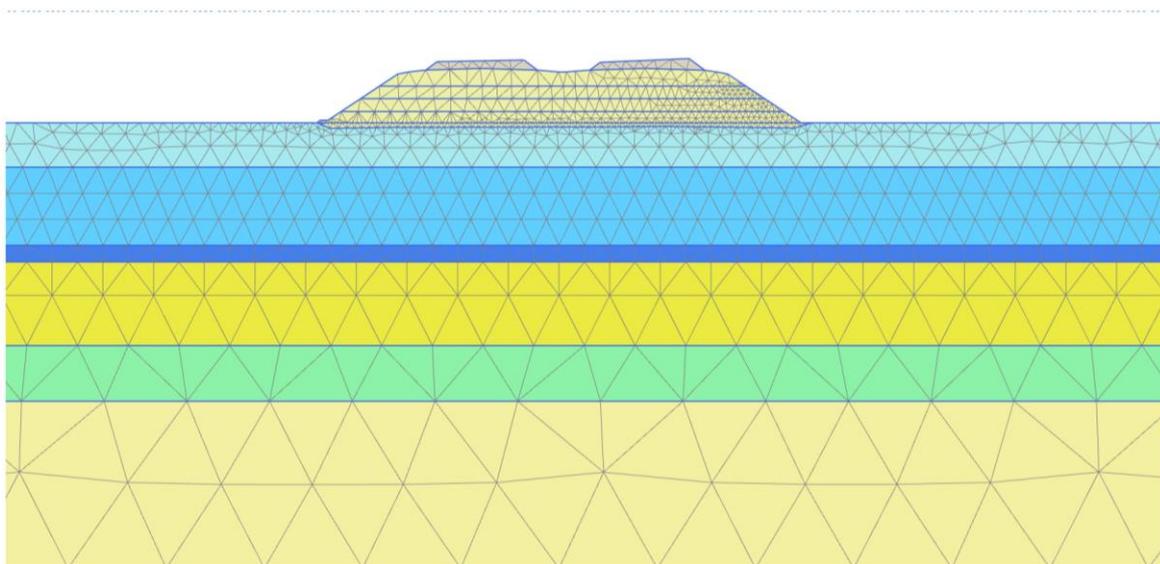


Figura 42 – Sezione B - modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 68 di 171

I risultati delle analisi Plaxis sono rappresentati di seguito, in termini di cedimenti calcolati nelle diverse fasi di costruzione.

Per le verifiche geotecniche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [21]})$$

dove:

- E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione,
- C_d valore limite prescritto dell'effetto delle azioni.

Come riportato nel capitolo 7.1.2, le verifiche sono da ritenersi soddisfatte se i cedimenti residui a partire dal completamento del piano di posa del ballast, e per la vita utile dell'opera (100 anni) sono inferiori a 5 cm.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Figura 43 e nella Figura 44. Il cedimento calcolato alla fine della costruzione è di circa 5 cm, mentre il cedimento a fine consolidazione, e compreso il peso del ballast, è pari a circa 6.6 cm.

Lo sviluppo dei cedimenti nel tempo è evidenziato nella Figura 45 che chiarisce come in fase di esercizio della linea i cedimenti di consolidazione indotti dalla dissipazione delle sovrappressioni neutre sono limitati e si esauriscono nell'arco di due anni .

Si può concludere che il cedimento in esercizio sarà inferiore a 2 cm, comprendendo anche una possibile aliquota di cedimento secondario.

A questo proposito, si osserva che il cedimento totale assume valori modesti e, pertanto, **la verifica delle prestazioni dell'opera agli Stati Limite di Esercizio è soddisfatta.**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 69 di 171</p>

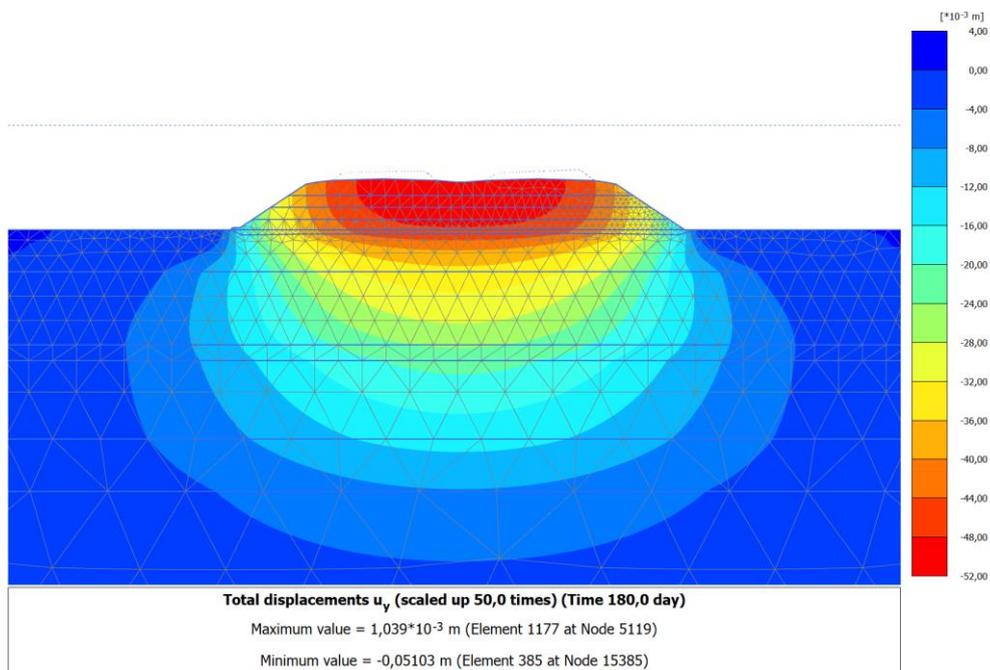


Figura 43 – Sezione B - Cedimenti prima della posa del ballast

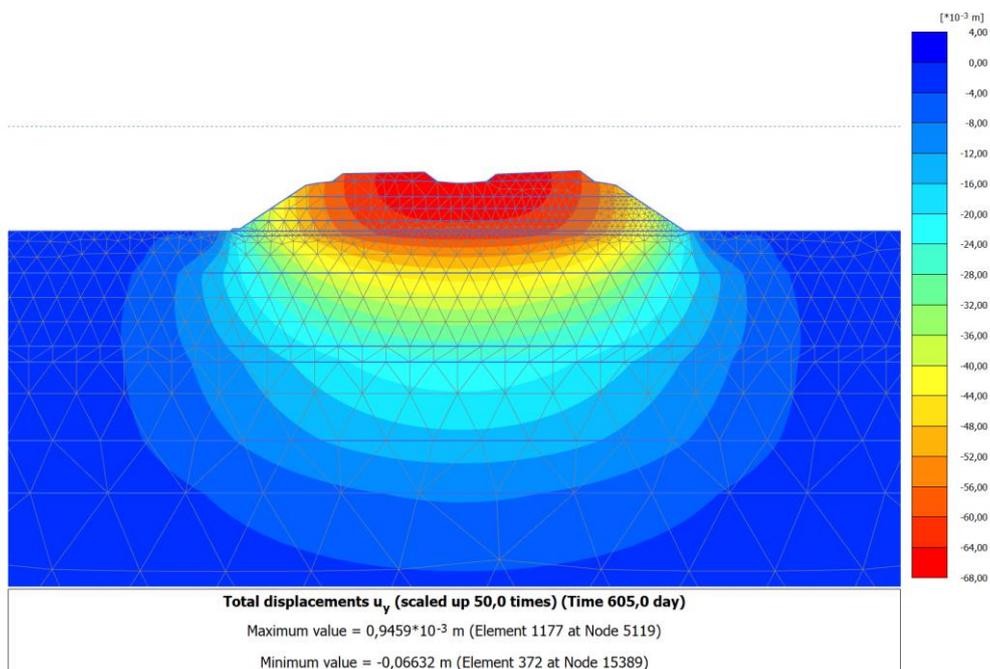


Figura 44 – Sezione B - Cedimenti in seguito alla posa del ballast ed al termine della consolidazione

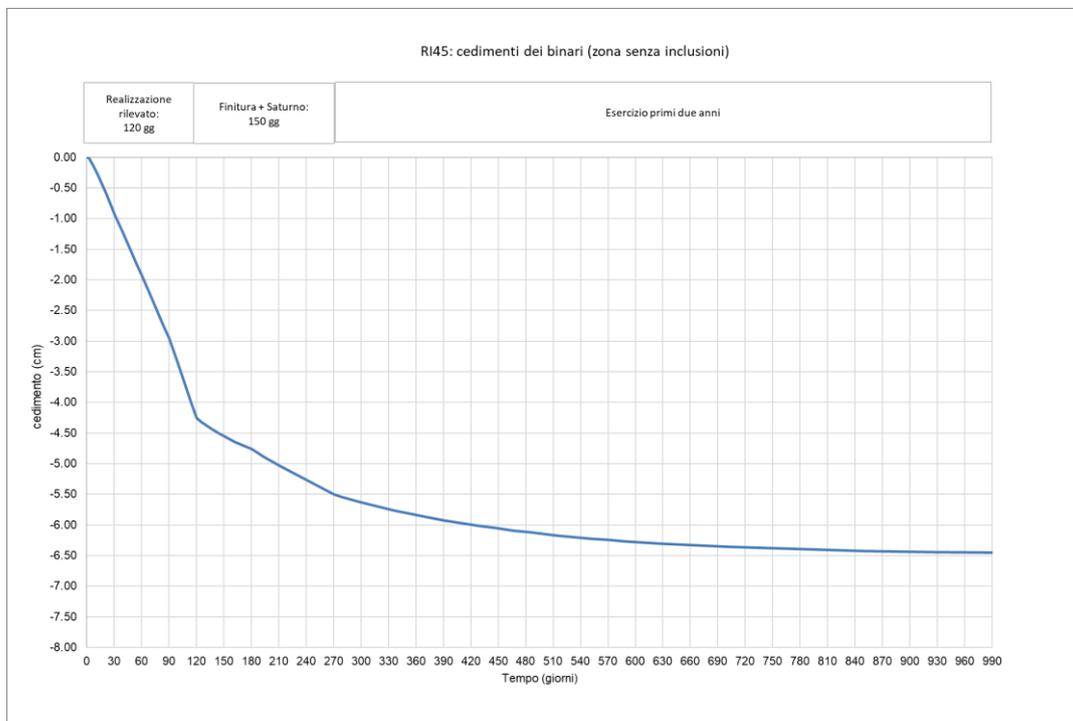


Figura 45 – Sezione B - Cedimenti di consolidazione del rilevato

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 71 di 171

8 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Nel tratto iniziale del rilevato, lo studio descritto nei capitoli precedenti ha confermato la necessità di interventi migliorativi emersa nell'ambito del Progetto Definitivo, del quale si conserva la soluzione tipologica.

In particolare, nel tratto iniziale del rilevato a seguito di uno scotico di 50 cm per il raggiungimento del piano d'imposta del rilevato, si realizzeranno inclusioni rigide sottostanti uno strato di collegamento di misto cementato gettato in opera. Si elencano di seguito le principali caratteristiche degli elementi costituenti:

Inclusioni rigide – da pk 34+800 a 34+875 circa

- Lunghezza 13 m;
- Diametro 600 mm;
- Schema a maglia quadrata;
- Interasse in direzione longitudinale alla linea 2.6 m;
- Interasse in direzione trasversale alla linea 2.6 m;

Strato di misto cementato

- Spessore 0.8 m;

Lo schema d'intervento adottato ed illustrato negli elaborati grafici di riferimento è stato esaminato anche in relazione alle potenziali interferenze con le fondazioni delle barriere antirumore, presenti lungo il rilevato. Si osserva in primo luogo che, in relazione alla natura delle opere coinvolte ed al loro funzionamento, interferenze di piccole entità non sono da ritenersi problematiche. Ciononostante, le seguenti considerazioni hanno lo scopo di semplificare l'esecuzione delle opere di progetto.

Le barriere saranno posizionate sul ciglio del rilevato (Doc. rif. [1]) e dotate di fondazione profonde, costituite da un cordolo dello spessore di 100 cm e da una fila di pali $\Phi 800$ della lunghezza compresa tra 9 m e 12 m, realizzati con un interasse di 3 m. Per i pali di fondazione e le inclusioni rigide, si sono assunti cautelativamente errori di verticalità pari a 1:100 e di posizionamento uguale a 25 mm. Pertanto, si ritiene che garantendo uno spazio libero per la perforazione dei pali di fondazione di almeno 1.3 m possa eliminare i problemi di interferenza.

Per maggiori dettagli sulla geometria dell'intervento si rimanda agli elaborati di progetto (Doc. rif. [6], [7] e [8]).

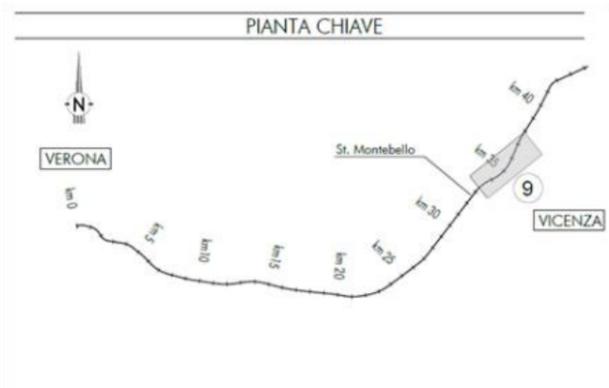
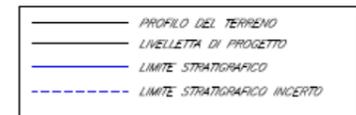
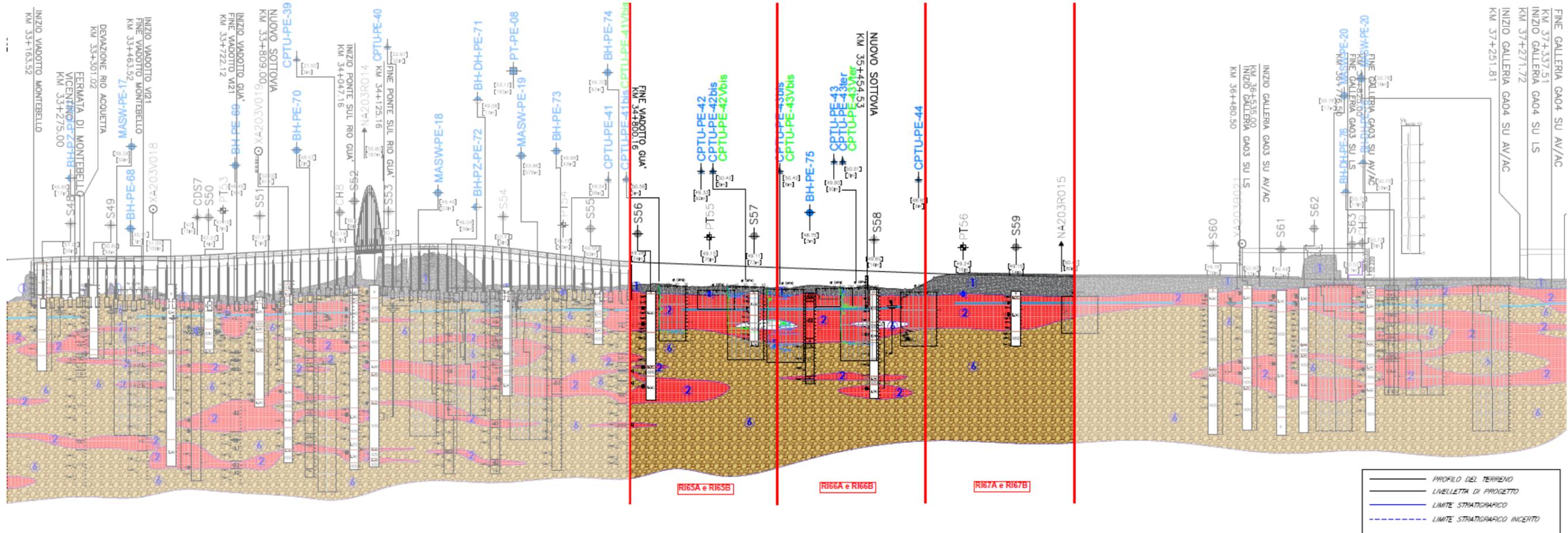
Le soluzioni progettuali impiegate consentono di garantire la stabilità del rilevato ed i cedimenti attesi sono di piccola entità e soddisfano i requisiti prestazionali indicati nel MdP (Doc. rif. [26]). Non si evidenziano criticità di tipo geotecnico e pertanto non è previsto un monitoraggio.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 72 di 171</p>

ALLEGATI

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 73 di 171</p>

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO



LEGENDA

Campagna indagini integrative PE	PE-PE-4	Pozzo esplorativo
SP-SP-1	SP-SP-2	Sondaggio con esecuzione di prove dove hole
SP-SP-3	SP-SP-4	Sondaggio con esecuzione di prove unse hole
MASW-PE-18	PT-PT-1	Indagini puntuali
CPTU-PE-40	PT-PT-2	Nota per PE: in tutti i sondaggi eseguiti e con coordinate certe, in caso indagini ancora non disponibili o con coordinate non note
Campagna indagini 2018 per CDS		
Campagna indagini 2015		
PI-PI-100		Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piazzometro a Tubo Aperto (A)
PI-PI-100a		Faro a distribuzione di nuclei per installazione di Piazzometro Casagrande (C)
Campagna indagini 2014		
SP-SP-1		Sondaggio a carotaggio continuo
SP-SP-2		Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piazzometro Casagrande (C) e/o Piazzometro a Tubo Aperto (A)
SP-SP-3		Faro a distribuzione di nuclei per installazione di Piazzometro Casagrande (C) e/o Piazzometro a Tubo Aperto (A)
SP-SP-4		Prova penetrometrica statica con piazzometro (possibilità di avanzamento con trivellazione)
SP-SP-5		Prova penetrometrica statica con piazzometro "tradizionale"
SP-SP-6		Faro a distribuzione di nuclei per esecuzione prove CROSS-HOLE
PT-PT-1		Pozzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastrina
PT-PT-2		Profondità delle indagini

Campagna indagini pregresse

1998	Sondaggio geostatico (campagna 1998)
2002	Sondaggio geostatico, numero di riferimento (campagna 2002)
2002	CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
2002	Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (VI) per gentile concessione Centro Idrico Navale s.r.l.)

Asse di progetto	confine di Provincia	Confine Comunale
-------------------------	-----------------------------	-------------------------

Classi dei terreni

1	Riparto	3a	Area con prevalenza di sabbie limose/argille e limi sabbiosi/argillosi, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati	4	Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
2	Limati argillosi e limi da compatti a molto compatti, generalmente sovraconsolidati	3b	Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatti, generalmente NC o debolmente CC	5	Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)
		3c	Area di alternanza, sia in verticale che planimetrica, di materiali 3a e 3b		

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 75 di 171</p>

ALLEGATO 2 – INDAGINI DISPONIBILI



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI65A0001B

Foglio

77 di 171

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - BS OHSAS 18001:2007

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl - P.iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)

CANTIERE: Montebello Vicentino

PERFORAZIONE: BH-PE-75
ESECUZIONE: 24-25/11/2020
COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF201070
OPERATORE: BARONE - EL AZHARI
RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 25,00 m
RIVESTIMENTO: 22,00 m
QUOTA: -

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			PROVE			FALDA		
				TIPO	NUM.	PROF.	TIPO	NUM.	PROF.			METODO
21			Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice limoso sabbiosa (a tratti debolmente argillosa). Livelli di argilla marrone scuro da 23.10 a 23.60 m									
22								SPT3 21.00-21.45 m 18 - 25 - 26 PC	Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm		Foro non attrezzato	
23												
24												
25	25.00											
26			FINE SONDAGGIO									
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

SF201070_BH-PE-75 - pag 2 di 4

Il Responsabile Prove in Sito:
dot. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

78 di 171

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

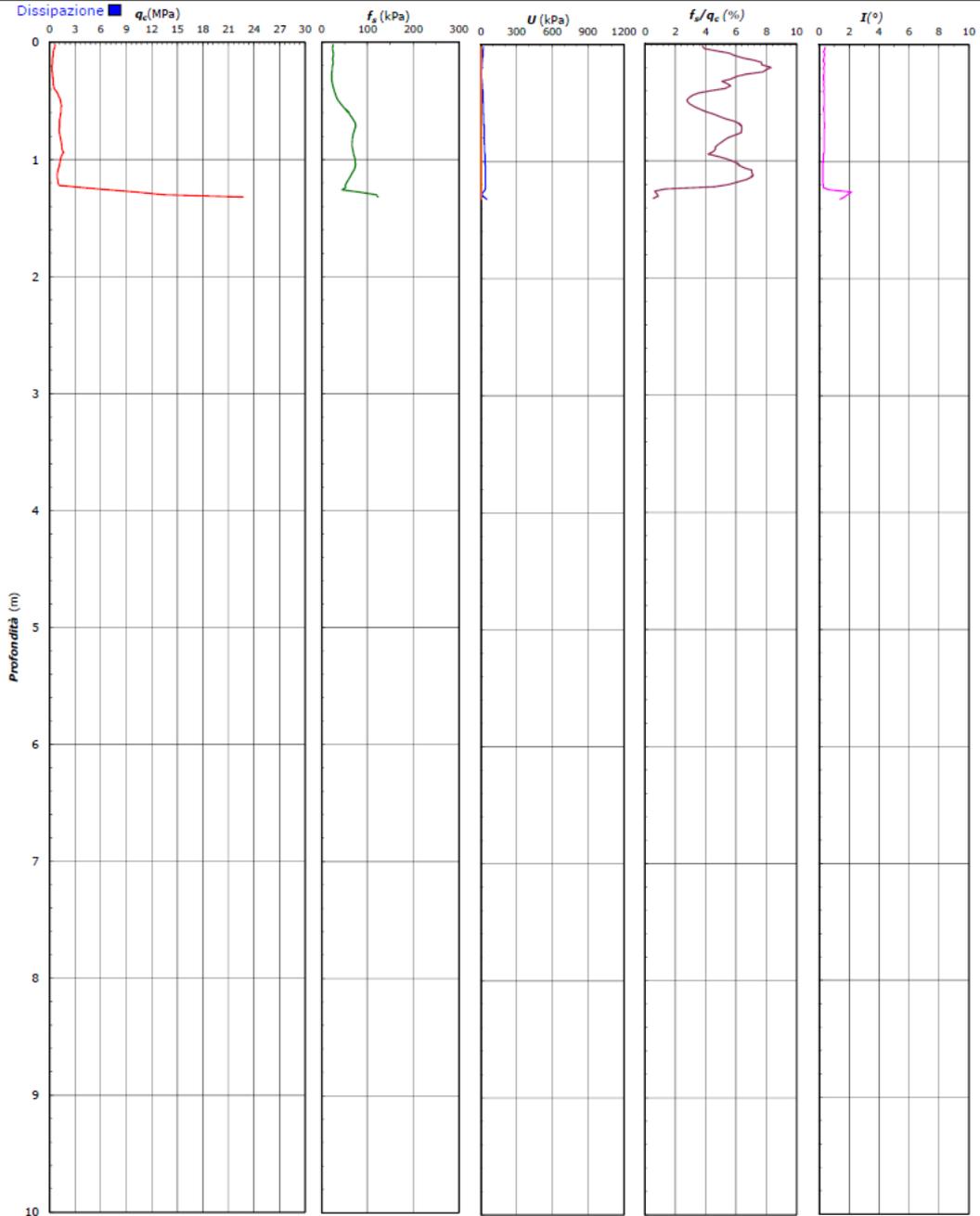
SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)

CANTIERE: Linea Alta Velocità Verona-Vicenza

PROVA N°: CPTU-PE-42 PROF. FALDA (m da p.c.): n.r. PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
DATA: 10/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45°27'38.10"N Long.: 11°24'39.00"E
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210098 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 49.164



Il Direttore Tecnico SO:
ing. Massimo De Iasi

SF210098_CPTU-PE-42.xls - pag 2 di 3

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

79 di 171

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax: +39 0532 56119

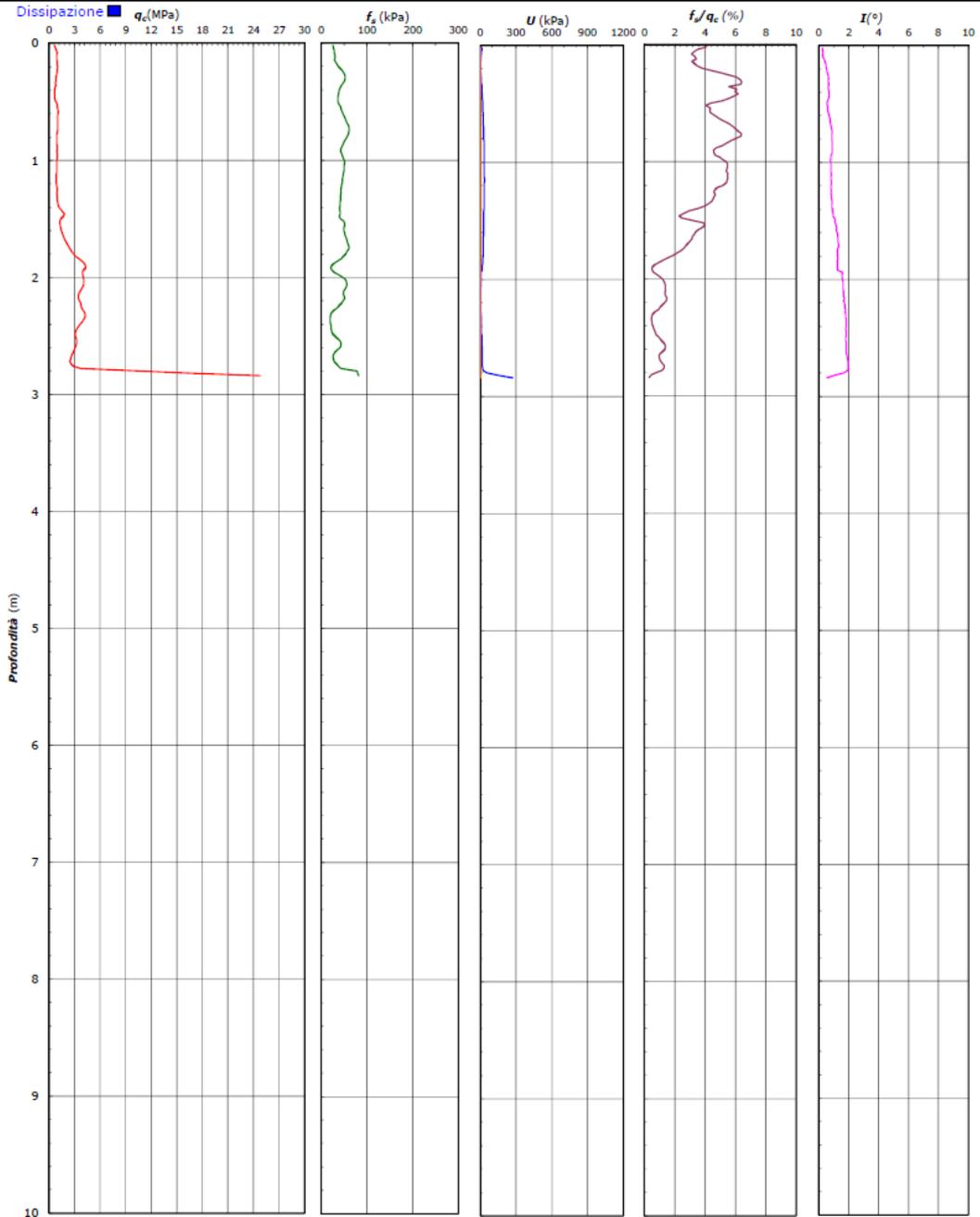
SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9376 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**

CANTIERE: **Linea Alta Velocità Verona-Vicenza**

PROVA N°: CPTU-PE-43 PROF. FALDA (m da p.c.): n.r. PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[$\alpha = 0.66$]
DATA: 10/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45°27'45,58"N Long.: 11°24'50,30"E
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210099 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 49.89



Il Direttore Tecnico SO:
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI65A0001B

Foglio

80 di 171

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



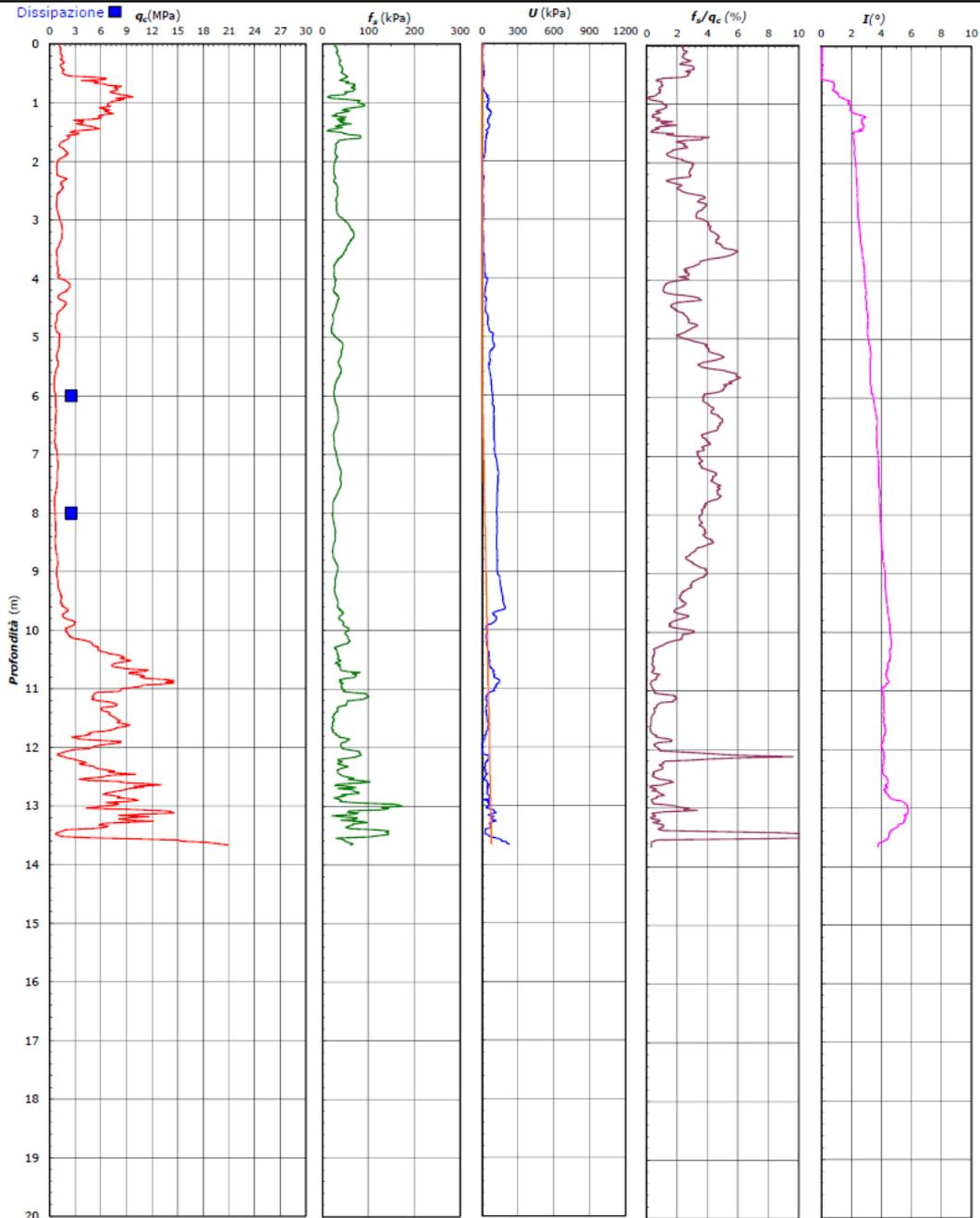
COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)

CANTIERE: Linea Alta Velocità Verona-Vicenza

PROVA N°: CPTU-PE-44 PROF. FALDA (m da p.c.): 5.60 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 10/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45°27'52.49"N Long.: 11°24'55.12"E

COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210100 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 48.749



Il Direttore Tecnico SO:
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

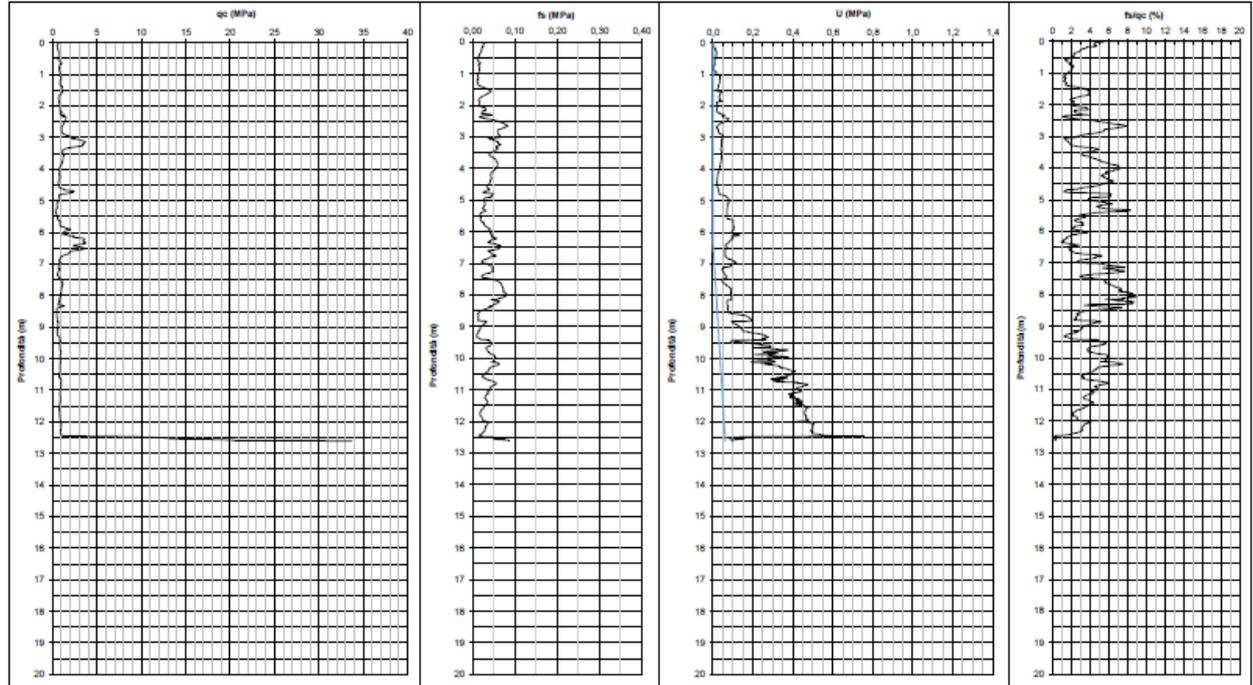
81 di 171

vicenzetto

EARTH WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due	Punta Mij497
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza	Profondità prova 12,61 m da p.c. Livello acqua 6,30 m da p.c.
PROVA CPTU41 bis DATA 04/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio	Coordinate WGS84 X 45.459236° Y 11.408969°



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-41VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI65A0001B

Foglio

82 di 171

vicenzetto
EARTH WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due

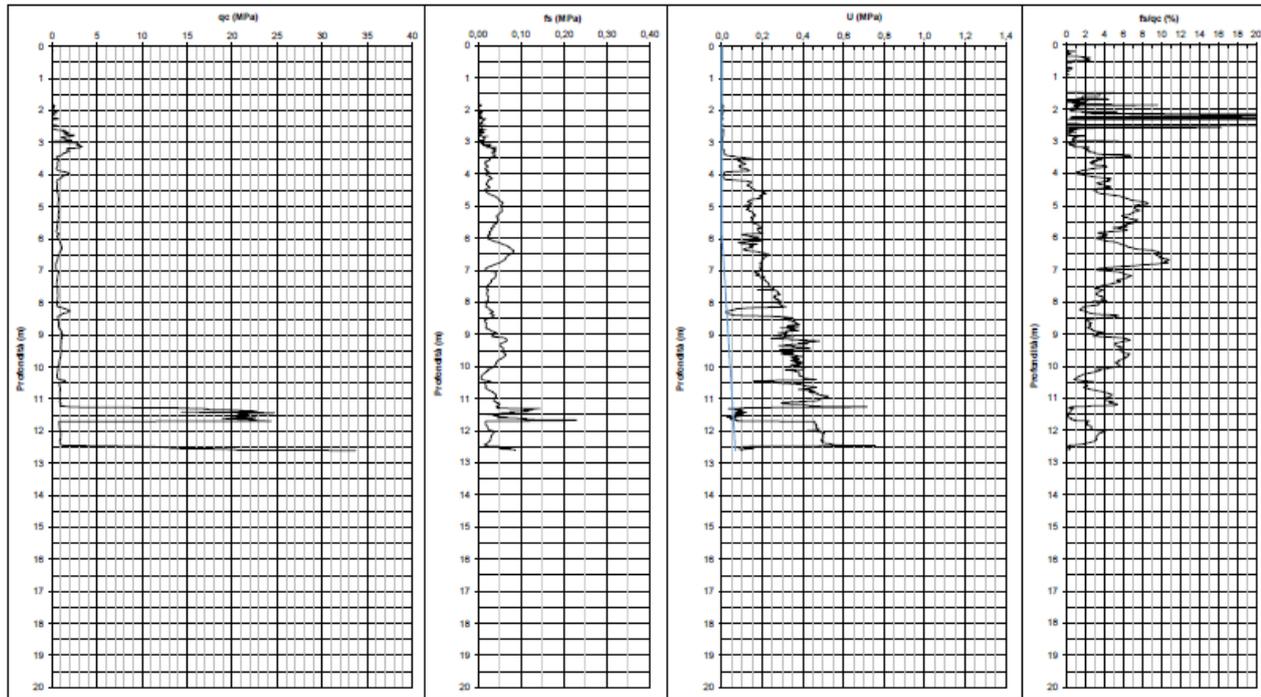
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza

PROVA CPTU42 bis DATA 04/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Punta MKJ497

Profondità prova 12,61 m da p.c. Livello acqua 5,80 m da p.c.

Coordinate WGS84 X 45.460719° Y 11.411153°



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-42VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI65A0001B

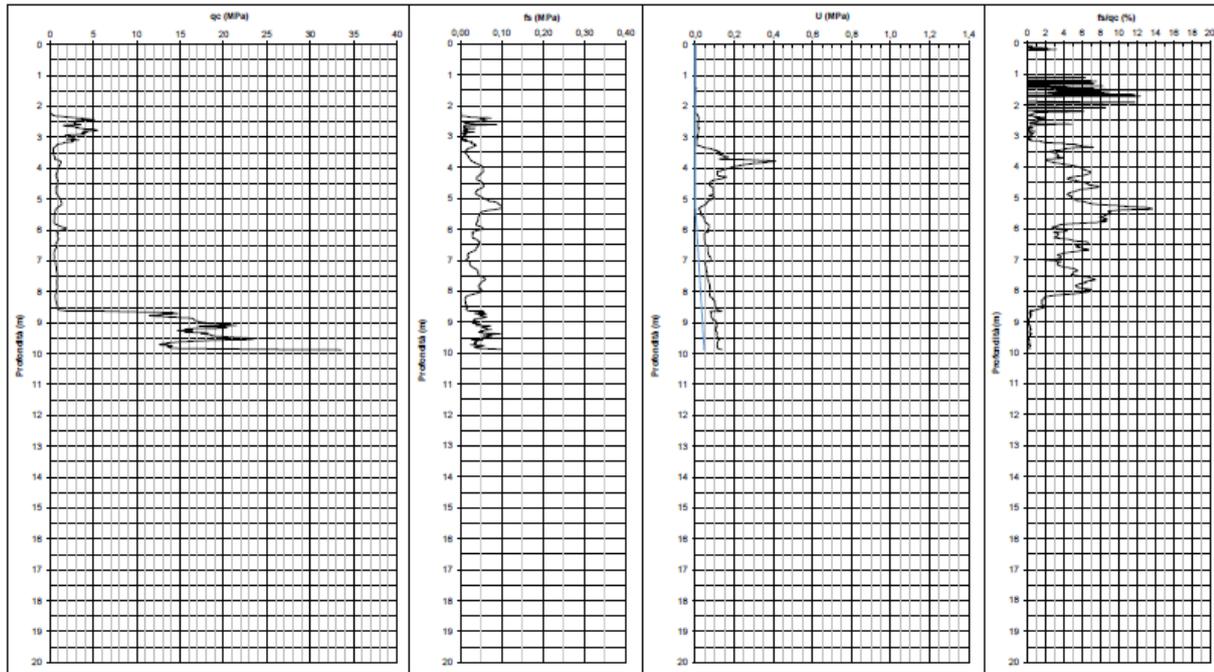
Foglio

83 di 171

vicenzetto
EARTH WATER AND CLAY

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due	Punta Mk497
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza	Profondità prova 9,88 m da p.c. Livello acqua 5,20 m da p.c.
PROVA CPTU43 bis DATA 03/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio	Coordinate WGS84 X 45.461911* Y 11.412653*



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI65A0001B

Foglio

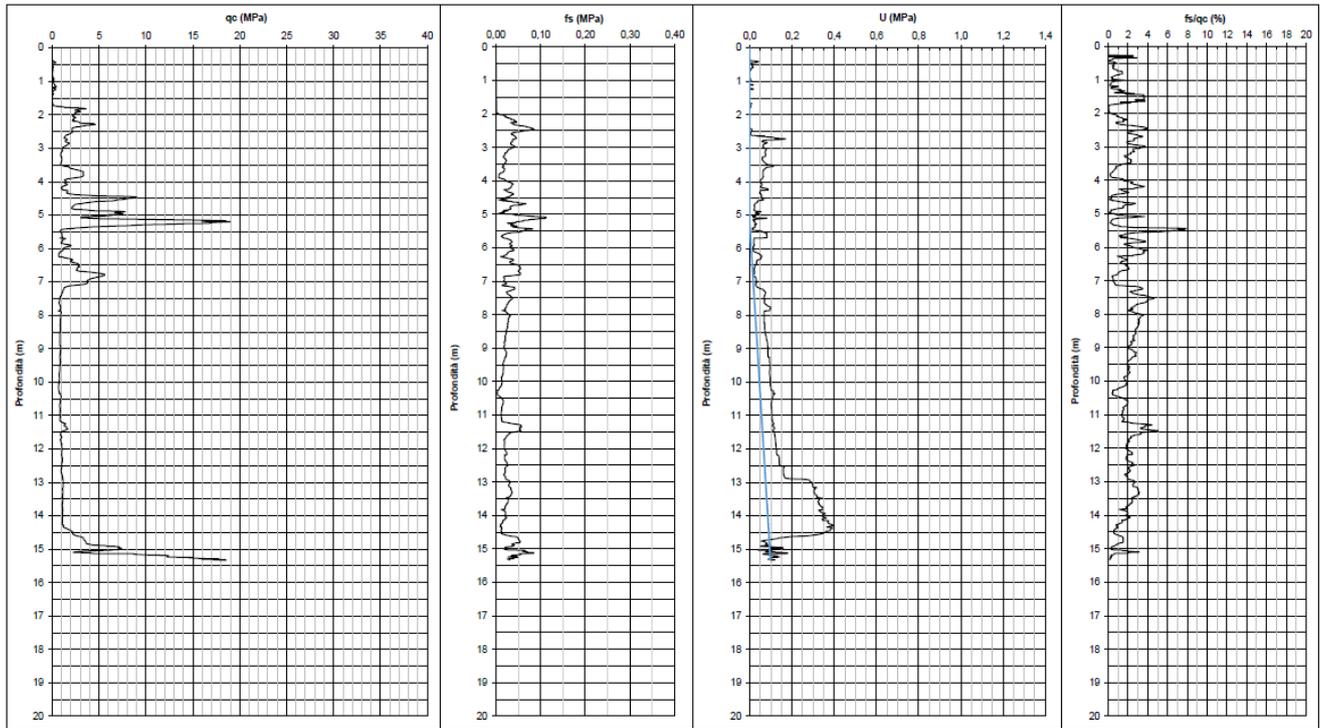
84 di 171



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE	Consorzio Incav Due
CANTIERE	Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza
PROVA	CPTU43 ter DATA 03/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Punta	Mkj497		
Profondità prova	15,33 m da p.c.	Livello acqua	5,30 m da p.c.
Coordinate WGS84	X 45.463110°	Y	11.414166°



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43VTER



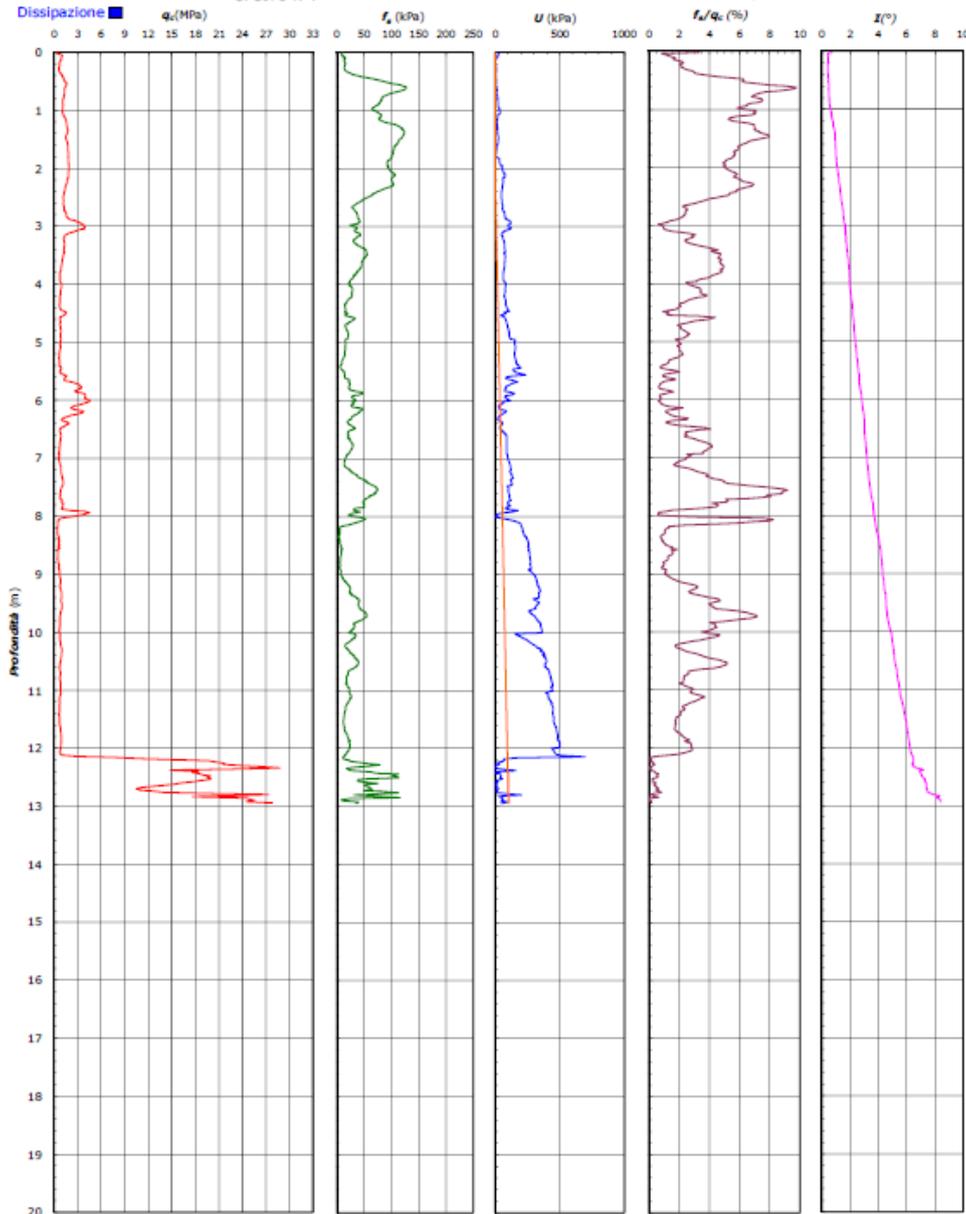
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI65A0001B	85 di 171

FERRARA DEPARTMENT
Via Aristide Zucchini, 89 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 90771 - Fax.: +39 0532 96119
SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Barfola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099



COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)
CANTIERE: Linea Alta Velocita Verona-Vicenza
PRUVA N°: CPTU_PE_41Bis PROF. FALDA (m da p.c.): 2,40 IPU PUNIA: Iechopenta G1-CPLZIN (matr. 1z1114)(a = U.bb)
DATA: 26/04/21 LAT.: 45° 27' 33,25" Long.: 11° 24' 32,29" E
LUMINOSA: Z2036AV/ZU C. SITO N°: SF210446 - Z//04/Z1 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 50,589



Il Direttore Tecnico SOA:
Ing. Massimo De Iasi

SF210446_CPTU-PE-41Bis - pag 3 di 4

Il Responsabile Prove In Sito:
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-41BIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

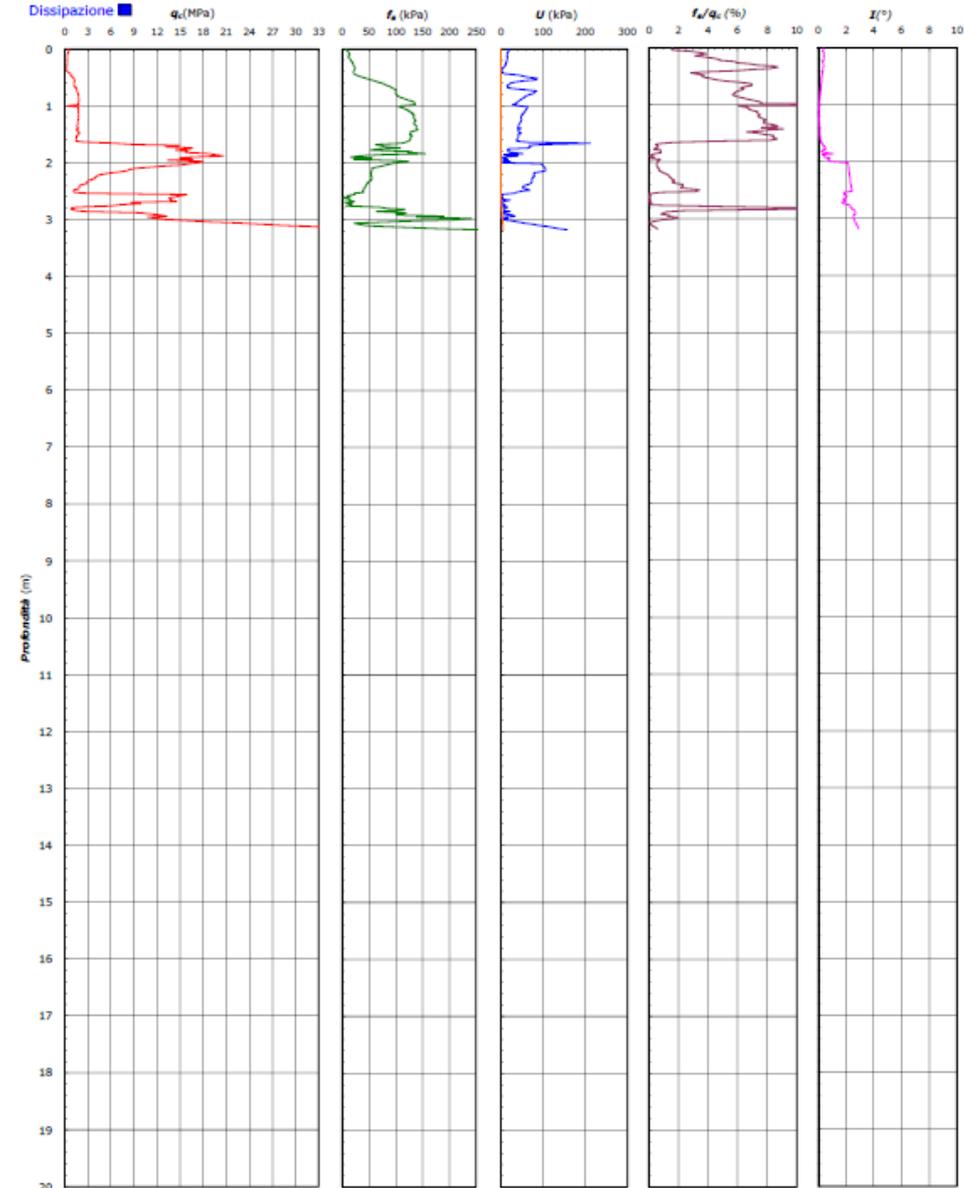
86 di 171

FERRARA DEPARTMENT
Via Annibale Zucchini, 99 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 68771 - Fax.: +39 0532 68118
SOCOTEC ITALIA Srl - P.No 01872430548
Headquarters: Via Barolo, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099



COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**

CANTIERE: **Linea Alta Velocita Verona-Vicenza**
PROVA N°: CPTU PE_42E PROF. FALDA (m da p.c.): 2,60 IIPU PUNIA: Tecnopenta G1-CPZIN (matr. 121114)(a = 0,66)
DATA: 26/04/21 PREFORO (m da p.c.): LAT.: 45° 27' 58,59" N Long.: 11° 24' 40,15" E
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210447 - 27/04/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 50,42



Il Direttore Tecnico SOA:
Ing. Massimo De Iasi

SF210447_CPTU-PE-42Ea - pag 2 di 3

Il Responsabile Prove In Sito:
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-42BIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

87 di 171

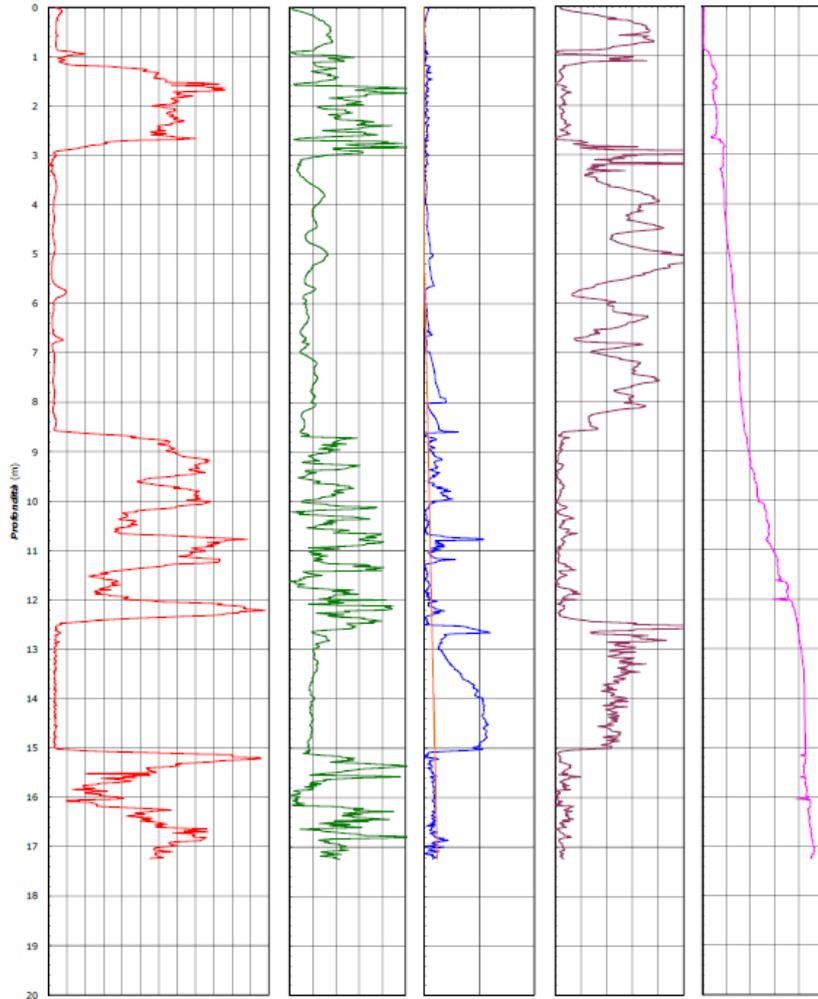
FERRARA DEPARTMENT
Via Annibale Zucchini, 88 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 68771 - Fax.: +39 0532 68118
SOCOTEC ITALIA Srl - P.iva 01872430548
Headquarters: Via Sarola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)

CANTIERE: Linea Alta Velocita Verona-Vicenza
PUNTO: CPTU PE 43Bis PROF. FALDA (m da p.c.): 5,30 IIPU PUNIA: tecnopenta G1-LPLZIN (matr. 121114)[a = 0.bb]
DATA: 26/04/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 49,691
COMMESSA: Z2036AV/20 C. SITO N°: SF210448 - 27/04/21 Lat.: 45° 27' 44,88" N Long.: 11° 24' 42,55" E

Dissipazione q_c (MPa) f_c (kPa) u (kPa) f_c/q_c (%) I_p (%)



Il Direttore Tecnico SOA:
Ing. Massimo De Iasi

SF210448_CPTU-PE-43Bis - pag 3 di 4

Il Responsabile Prove In Sito:
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43BIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

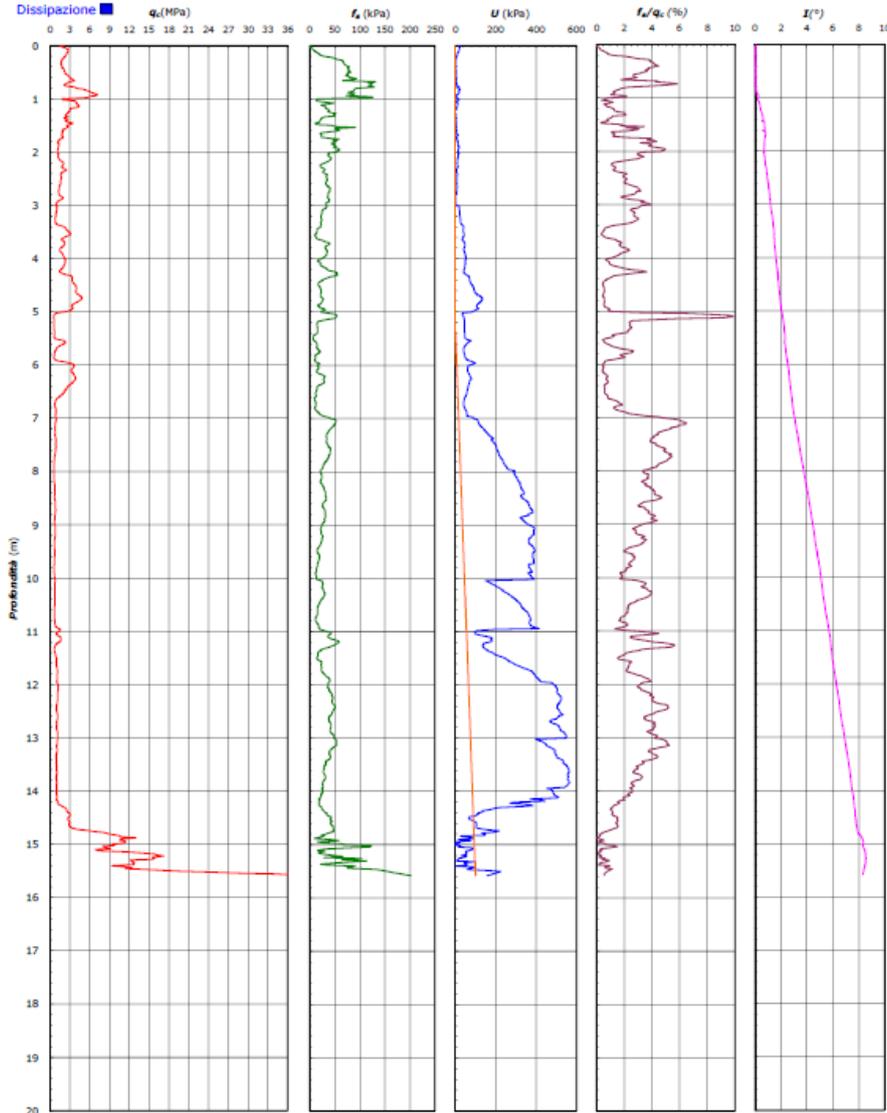
EI2RBRI65A0001B

88 di 171

FERRARA DEPARTMENT
Via Annibale Zupolini, 86 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 68771 - Fax.: +39 0532 68119
SOCOTEC ITALIA Srl - P.A. 01972430548
Headquarters: Via Sarbola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099



COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**
CANTIERE: **Livine Aida Veduggia Veduggia-VIC08129**
PROVA N°: CPTU PE 43Ter PROF. FALDA (m da p.c.): 5,30 IIPU PUNIA: Ichnopenta G1-L-PLZIN (matr. 121114)[a = U.bb]
DATA: 26/04/21 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45° 27' 47,52" P Long.: 11° 24' 30,53" E
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210449 - 27/04/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 50,011



Il Direttore Tecnico SOA:
Ing. Massimo De Iasi

SF210449_CPTU-PE-43Ter - pag 3 di 4

Il Responsabile Prove In Sito:
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43TER

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 89 di 171</p>

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI STATICHE

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 90 di 171

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name:	RI65ar2_01_stat.slim
Slide Modeler Version:	7.038
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	16/03/2021, 18:12:38

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:	Stabilit@lobale_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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 91 di 171

Seismic Coefficient	1
---------------------	---

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 75
Check malpha < 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/m3]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

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

Surface Options

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 92 di 171

Minimum Depth [m]:	2
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Loading

- 6 Distributed Loads present

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Distributed Load 4

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

Distributed Load 5

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 93 di 171

Distributed Load 6

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

Material Properties

Property	Rilevato	Limo argilloso	Ghiaia
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	18.5	19
Cohesion [kPa]	0	5	0
Friction Angle [deg]	38	24	39
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.134510
Center:	77.608, 66.680
Radius:	17.627
Left Slip Surface Endpoint:	63.314, 56.366
Right Slip Surface Endpoint:	75.610, 49.167
Resisting Moment:	3375.48 kN-m
Driving Moment:	2975.28 kN-m
Total Slice Area:	17.033 m ²
Surface Horizontal Width:	12.2966 m
Surface Average Height:	1.38519 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1463



Number of Invalid Surfaces:

0

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.13451

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	0.246308	0.820303	-53.5142	Rilevato	0	32.0066	1.05184	1.19332	1.90922	0	1.90922	3.33143	3.33143
2	0.246308	2.42239	-52.1881	Rilevato	0	32.0066	3.16962	3.59597	5.75327	0	5.75327	9.83777	9.83777
3	0.246308	3.95071	-50.9004	Rilevato	0	32.0066	5.26797	5.97657	9.56207	0	9.56207	16.0444	16.0444
4	0.246308	5.41127	-49.6474	Rilevato	0	32.0066	7.34461	8.33253	13.3314	0	13.3314	21.9758	21.9758
5	0.246308	6.44038	-48.4259	Rilevato	0	32.0066	8.88868	10.0843	16.1342	0	16.1342	26.1549	26.1549
6	0.246308	6.97214	-47.2331	Rilevato	0	32.0066	9.77603	11.091	17.7449	0	17.7449	28.3143	28.3143
7	0.246308	7.44885	-46.0666	Rilevato	0	32.0066	10.6026	12.0287	19.2451	0	19.2451	30.25	30.25
8	0.246308	7.87472	-44.9243	Rilevato	0	32.0066	11.3705	12.8999	20.6388	0	20.6388	31.9793	31.9793
9	0.246308	8.25276	-43.8043	Rilevato	0	32.0066	12.0805	13.7055	21.9277	0	21.9277	33.5143	33.5143
10	0.246308	8.58564	-42.7049	Rilevato	0	32.0066	12.7338	14.4466	23.1135	0	23.1135	34.8659	34.8659
11	0.246308	8.87576	-41.6246	Rilevato	0	32.0066	13.331	15.1242	24.1977	0	24.1977	36.0438	36.0438
12	0.246308	9.12525	-40.5622	Rilevato	0	32.0066	13.8732	15.7393	25.1818	0	25.1818	37.0567	37.0567
13	0.246308	9.33603	-39.5163	Rilevato	0	32.0066	14.3611	16.2928	26.0673	0	26.0673	37.9125	37.9125
14	0.246308	9.50985	-38.486	Rilevato	0	32.0066	14.7953	16.7854	26.8553	0	26.8553	38.6182	38.6182
15	0.246308	9.6483	-37.4702	Rilevato	0	32.0066	15.1765	17.2179	27.5473	0	27.5473	39.1802	39.1802
16	0.246308	9.75281	-36.4681	Rilevato	0	32.0066	15.5054	17.591	28.1443	0	28.1443	39.6043	39.6043
17	0.246308	9.8247	-35.4787	Rilevato	0	32.0066	15.7825	17.9054	28.6473	0	28.6473	39.896	39.896
18	0.246308	9.86518	-34.5014	Rilevato	0	32.0066	16.0084	18.1617	29.0573	0	29.0573	40.0602	40.0602
19	0.246308	9.87535	-33.5354	Rilevato	0	32.0066	16.1836	18.3604	29.3752	0	29.3752	40.1013	40.1013
20	0.246308	9.85622	-32.5801	Rilevato	0	32.0066	16.3084	18.502	29.6018	0	29.6018	40.0234	40.0234
21	0.246308	9.80875	-31.6349	Rilevato	0	32.0066	16.3832	18.5869	29.7377	0	29.7377	39.8304	39.8304
22	0.246308	9.73379	-30.6992	Rilevato	0	32.0066	16.4085	18.6156	29.7835	0	29.7835	39.5259	39.5259
23	0.246308	9.63216	-29.7725	Rilevato	0	32.0066	16.3844	18.5883	29.74	0	29.74	39.113	39.113
24	0.246308	9.50459	-28.8542	Rilevato	0	32.0066	16.3114	18.5054	29.6073	0	29.6073	38.5947	38.5947
25	0.246308	9.35177	-27.9441	Rilevato	0	32.0066	16.1895	18.3672	29.3862	0	29.3862	37.974	37.974
26	0.246308	9.17436	-27.0415	Rilevato	0	32.0066	16.0191	18.1738	29.0767	0	29.0767	37.2535	37.2535
27	0.246308	8.97294	-26.1461	Rilevato	0	32.0066	15.8	17.9253	28.6792	0	28.6792	36.4354	36.4354
28	0.246308	8.74807	-25.2576	Rilevato	0	32.0066	15.5327	17.622	28.1939	0	28.1939	35.5221	35.5221
29	0.246308	8.50028	-24.3755	Rilevato	0	32.0066	15.2171	17.2639	27.6209	0	27.6209	34.5158	34.5158
30	0.246308	8.23005	-23.4995	Rilevato	0	32.0066	14.853	16.8509	26.9602	0	26.9602	33.4183	33.4183
31	0.246308	7.93783	-22.6293	Rilevato	0	32.0066	14.4408	16.3832	26.2119	0	26.2119	32.2316	32.2316
32	0.246308	7.62405	-21.7646	Rilevato	0	32.0066	13.9801	15.8606	25.3758	0	25.3758	30.9574	30.9574
33	0.246308	7.28909	-20.905	Rilevato	0	32.0066	13.471	15.283	24.4517	0	24.4517	29.5971	29.5971
34	0.246308	6.93333	-20.0504	Rilevato	0	32.0066	12.9134	14.6504	23.4395	0	23.4395	28.1525	28.1525
35	0.246308	6.55712	-19.2004	Rilevato	0	32.0066	12.307	13.9624	22.3389	0	22.3389	26.6247	26.6247
36	0.246308	6.16077	-18.3547	Rilevato	0	32.0066	11.6517	13.219	21.1495	0	21.1495	25.0152	25.0152
37	0.246308	5.74459	-17.5132	Rilevato	0	32.0066	10.9473	12.4198	19.8708	0	19.8708	23.3253	23.3253
38	0.246308	5.30885	-16.6756	Rilevato	0	32.0066	10.1935	11.5646	18.5025	0	18.5025	21.5559	21.5559
39	0.244737	4.81162	-15.8442	Limo argilloso	4	19.605	8.90529	10.1031	17.1348	0	17.1348	19.6622	19.6622
40	0.244737	4.31889	-15.019	Limo argilloso	4	19.605	8.36223	9.48703	15.4051	0	15.4051	17.6487	17.6487

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 95 di 171</p>

41	0.244737	3.80909	-14.1969	Limo argilloso	4	19.605	7.79357	8.84188	13.5938	0	13.5938	15.5654	15.5654
42	0.244737	3.49766	-13.3777	Limo argilloso	4	19.605	7.45629	8.45924	12.5195	0	12.5195	14.2928	14.2928
43	0.244737	3.72467	-12.5614	Limo argilloso	4	19.605	7.76128	8.80525	13.491	0	13.491	15.2203	15.2203
44	0.244737	3.96334	-11.7476	Limo argilloso	4	19.605	8.08267	9.16987	14.5146	0	14.5146	16.1955	16.1955
45	0.244737	4.18561	-10.9362	Limo argilloso	4	19.605	8.38672	9.51482	15.4831	0	15.4831	17.1036	17.1036
46	0.244737	4.26628	-10.1271	Limo argilloso	4	19.605	8.52111	9.66729	15.9112	0	15.9112	17.4332	17.4332
47	0.244737	3.43454	-9.31998	Limo argilloso	4	19.605	7.54327	8.55791	12.7965	0	12.7965	14.0345	14.0345
48	0.244737	2.41826	-8.51473	Limo argilloso	4	19.605	6.3306	7.18213	8.93396	0	8.93396	9.88174	9.88174
49	0.244737	1.45283	-7.71116	Limo argilloso	4	19.605	5.16985	5.86525	5.23678	0	5.23678	5.9368	5.9368
50	0.244737	0.486905	-6.90912	Limo argilloso	4	19.605	3.99836	4.53618	1.50535	0	1.50535	1.98985	1.98985

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.13451

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	63.3138	56.3661	0	0	0
2	63.5601	56.0331	0.376958	0	0
3	63.8064	55.7157	1.42293	0	0
4	64.0527	55.4126	3.02446	0	0
5	64.299	55.1227	5.08148	0	0
6	64.5453	54.845	7.3738	0	0
7	64.7916	54.5787	9.69304	0	0
8	65.0379	54.3231	12.0035	0	0
9	65.2842	54.0774	14.275	0	0
10	65.5305	53.8412	16.4818	0	0
11	65.7768	53.6139	18.6019	0	0
12	66.0232	53.395	20.617	0	0
13	66.2695	53.1842	22.5114	0	0
14	66.5158	52.981	24.2725	0	0
15	66.7621	52.7852	25.8899	0	0
16	67.0084	52.5964	27.3554	0	0
17	67.2547	52.4143	28.6626	0	0
18	67.501	52.2388	29.8072	0	0
19	67.7473	52.0695	30.7862	0	0
20	67.9936	51.9062	31.5984	0	0
21	68.2399	51.7488	32.2438	0	0
22	68.4862	51.5971	32.7237	0	0
23	68.7325	51.4509	33.0408	0	0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 96 di 171

24	68.9789	51.31	33.1986	0	0
25	69.2252	51.1742	33.202	0	0
26	69.4715	51.0436	33.0567	0	0
27	69.7178	50.9179	32.7697	0	0
28	69.9641	50.797	32.3484	0	0
29	70.2104	50.6807	31.8017	0	0
30	70.4567	50.5691	31.1389	0	0
31	70.703	50.4621	30.3705	0	0
32	70.9493	50.3594	29.5075	0	0
33	71.1956	50.261	28.5621	0	0
34	71.4419	50.167	27.5469	0	0
35	71.6882	50.0771	26.4756	0	0
36	71.9346	49.9913	25.3626	0	0
37	72.1809	49.9096	24.2231	0	0
38	72.4272	49.8318	23.0731	0	0
39	72.6735	49.7581	21.9293	0	0
40	72.9182	49.6886	20.9416	0	0
41	73.163	49.6229	19.9081	0	0
42	73.4077	49.561	18.8438	0	0
43	73.6524	49.5028	17.749	0	0
44	73.8972	49.4483	16.5866	0	0
45	74.1419	49.3974	15.3486	0	0
46	74.3866	49.3501	14.0297	0	0
47	74.6314	49.3064	12.6414	0	0
48	74.8761	49.2662	11.3106	0	0
49	75.1208	49.2296	10.0897	0	0
50	75.3656	49.1964	8.99891	0	0
51	75.6103	49.1668	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0	46.25
100	46.25

Distributed Load

X	Y
47.0553	56.3661
45.9962	56.3661
45.3396	56.3661
43.826	56.3661
43.1962	56.3661
41.9962	56.3661
41.3396	56.3661

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

97 di 171

39.8261	56.3661
39.1962	56.3661
38.2182	56.3661

Distributed Load

X	Y
61.9434	56.3661
60.8109	56.3661
60.1419	56.3661
58.6332	56.3661
58.0109	56.3661
56.6109	56.3661
55.9419	56.3661
53.8109	56.3661
52.8652	56.3661

Distributed Load

X	Y
41.9962	56.3661
41.3396	56.3661
39.8261	56.3661
39.1962	56.3661

Distributed Load

X	Y
45.9962	56.3661
45.3396	56.3661
43.826	56.3661
43.1962	56.3661

Distributed Load

X	Y
56.6109	56.3661
55.9419	56.3661
53.8109	56.3661

Distributed Load

X	Y
60.8109	56.3661
60.1419	56.3661

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

98 di 171

58.6332

56.3661

58.0109

56.3661

External Boundary

X	Y
0	20.76
0	4.43647
100	4.43647
100	20.76
100	24.9
100	37.75
100	39.25
100	46.25
100	50.2577
77.9562	50.2577
76.8628	49.1643
75.6128	49.1643
75.019	49.7581
74.5194	50.2577
73.4727	50.2577
64.3101	56.3661
61.9434	56.3661
60.8109	56.3661
60.1419	56.3661
58.6332	56.3661
58.0109	56.3661
56.6109	56.3661
55.9419	56.3661
53.8109	56.3661
52.8652	56.3661
47.0553	56.3661
45.9962	56.3661
45.3396	56.3661
43.826	56.3661
43.1962	56.3661
41.9962	56.3661
41.3396	56.3661
39.8261	56.3661
39.1962	56.3661
38.2182	56.3661
35.6899	56.3661
26.5273	50.2577
25.5962	50.2577
25.096	49.7575
24.7341	49.3956
23.4841	49.3956
22.622	50.2577
0	50.2577
0	46.25

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

99 di 171

0	39.25
0	37.75
0	24.9

Material Boundary

X	Y
0	37.75
100	37.75

Material Boundary

X	Y
0	24.9
100	24.9

Material Boundary

X	Y
0	20.76
100	20.76

Material Boundary

X	Y
26.5273	50.2577
73.4727	50.2577

Material Boundary

X	Y
25.096	49.7575
75.019	49.7581

Material Boundary

X	Y
0	46.25
100	46.25

Material Boundary

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI65A0001B

Foglio
100 di 171

X	Y
0	39.25
100	39.25

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 101 di 171</p>

ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 102 di 171

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI65a_01_sisma_01.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 16/03/2021, 18:12:38

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: Stabilit@lobale_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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 103 di 171

Seismic Coefficient	1
---------------------	---

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

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

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 104 di 171</p>

Minimum Depth [m]:	2
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.083
Seismic Load Coefficient (Vertical):	-0.042

- 6 Distributed Loads present

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Distributed Load 4

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

Distributed Load 5

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 105 di 171

Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 6

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

Material Properties

Property	Rilevato	Ghiaia	Limo argiloso_UD1	Limo argiloso_UD2	Limo argiloso_UD3	Argilla_UD1
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	18.5	18.5	18.5	18.5
Cohesion [kPa]	0	0				
Friction Angle [deg]	38	39				
Cohesion Type			90	45	55	100
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.121460
Center:	65.826, 68.813
Radius:	29.560
Left Slip Surface Endpoint:	39.015, 56.366
Right Slip Surface Endpoint:	88.836, 50.258
Resisting Moment:	66528.9 kN-m
Driving Moment:	59323.5 kN-m
Total Slice Area:	521.677 m ²
Surface Horizontal Width:	49.8213 m
Surface Average Height:	10.4709 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 2076

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 106 di 171

Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.12146

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	1.05336	21.6442	-62.8586	Rilevato	0	32.0066	11.8212	13.257	21.2102	0	21.2102	44.2698	44.2698
2	1.05336	61.5068	-58.6572	Rilevato	0	32.0066	24.0496	26.9707	43.1511	0	43.1511	82.6393	82.6393
3	1.05336	95.5231	-54.9177	Rilevato	0	32.0066	34.6444	38.8523	62.1607	0	62.1607	111.487	111.487
4	1.05336	125.271	-51.5011	Rilevato	0	32.0066	42.179	47.3021	75.6798	0	75.6798	128.708	128.708
5	0.875343	123.726	-48.5785	Limo argiloso_UD1	64.2857	0	57.3232	64.2857	97.1381	0	97.1381	162.109	162.109
6	0.875343	139.117	-46.0732	Limo argiloso_UD1	64.2857	0	57.3232	64.2857	119.443	0	119.443	178.955	178.955
7	0.875343	153.243	-43.6772	Limo argiloso_UD1	64.2857	0	57.3232	64.2857	139.679	0	139.679	194.414	194.414
8	0.875343	166.253	-41.3736	Limo argiloso_UD1	64.2857	0	57.3232	64.2857	147.853	0	147.853	198.343	198.343
9	1.00507	205.625	-38.9897	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	177.456	0	177.456	200.658	200.658
10	1.00507	220.109	-36.5241	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	188.574	0	188.574	209.801	209.801
11	1.00507	233.364	-34.135	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	203.004	0	203.004	222.435	222.435
12	1.00507	245.495	-31.8118	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	216.218	0	216.218	233.997	233.997
13	1.00507	256.588	-29.5457	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	228.324	0	228.324	244.571	244.571
14	1.00507	266.714	-27.3294	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	239.409	0	239.409	254.221	254.221
15	1.00507	275.931	-25.1567	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	262.445	0	262.445	275.905	275.905
16	1.00507	284.29	-23.022	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	284.939	0	284.939	297.118	297.118
17	1.00507	291.833	-20.9207	Limo argiloso_UD2	32.1429	0	28.6617	32.1429	293.907	0	293.907	304.864	304.864

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 107 di 171

18	1.00507	298.59 4	-18.8485	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	299.44 8	0	299.448	309.23 2	309.232
19	1.00507	304.60 6	-16.8016	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	296.08 4	0	296.084	304.73 9	304.739
20	1.00507	309.89 2	-14.7766	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	311.76 1	0	311.761	319.32 2	319.322
21	1.00507	314.47 4	-12.7704	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	319.94 9	0	319.949	326.44 5	326.445
22	1.00507	318.37 1	-10.7799	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	324.70 3	0	324.703	330.16	330.16
23	1.00507	321.59 7	-8.80255	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	316.61 8	0	316.618	321.05 7	321.057
24	1.00507	324.16 4	-6.83573	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	307.51 5	0	307.515	310.95	310.95
25	1.00507	326.08 2	-4.87697	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	308.36 4	0	308.364	310.80 9	310.809
26	1.00507	325.61 5	-2.92392	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	308.9	0	308.9	310.36 4	310.364
27	1.00507	314.40 8	-0.974262	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	299.19 4	0	299.194	299.68 2	299.682
28	1.00507	300.93 9	0.974262	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	287.33 1	0	287.331	286.84 4	286.844
29	1.00507	286.83 4	2.92392	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	274.86 3	0	274.863	273.39 9	273.399
30	1.00507	272.09	4.87697	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	261.79 1	0	261.791	259.34 6	259.346
31	1.00507	256.70 4	6.83573	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	248.11 6	0	248.116	244.68 1	244.681
32	1.00507	240.66 8	8.80255	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	233.83 4	0	233.834	229.39 6	229.396
33	1.00507	223.97 3	10.7799	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	218.93 9	0	218.939	213.48 2	213.482
34	1.00507	206.60 7	12.7704	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	203.42 6	0	203.426	196.93	196.93
35	1.00507	189.59 1	14.7766	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	188.27 1	0	188.271	180.71 1	180.711
36	1.00507	180.57 4	16.8016	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	180.77 1	0	180.771	172.11 6	172.116
37	1.00507	159.81 5	18.8485	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	162.11 4	0	162.114	152.33	152.33

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 108 di 171

38	1.00507	147.96 4	20.9207	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	151.99	0	151.99	141.03 3	141.033
39	1.00507	150.12 2	23.022	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	155.26 9	0	155.269	143.09	143.09
40	1.00507	152.34 5	25.1567	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	158.67	0	158.67	145.20 9	145.209
41	1.00507	143.17 1	27.3294	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	151.27 7	0	151.277	136.46 5	136.465
42	1.00507	133.04 6	29.5457	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	143.06 1	0	143.061	126.81 4	126.814
43	1.00507	121.95 3	31.8118	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	134.02	0	134.02	116.24 1	116.241
44	1.00507	109.82 2	34.135	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	124.10 9	0	124.109	104.67 8	104.678
45	1.00507	96.566 9	36.5241	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	113.27 1	0	113.271	92.044	92.044
46	1.00507	82.082 6	38.9897	Limo argiloso_UD 2	32.1429	0	28.661 7	32.1429	101.43 9	0	101.439	78.237 9	78.2379
47	0.97841 9	64.705 5	41.5094	Limo argiloso_UD 1	64.2857	0	57.323 2	64.2857	114.08 6	0	114.086	63.354	63.354
48	0.97841 9	48.288 6	44.0962	Limo argiloso_UD 1	64.2857	0	57.323 2	64.2857	102.82 3	0	102.823	47.28	47.28
49	0.97841 9	30.278 2	46.8021	Limo argiloso_UD 1	64.2857	0	57.323 2	64.2857	90.693	0	90.693	29.645 5	29.6455
50	0.97841 9	10.423 9	49.6523	Limo argiloso_UD 1	64.2857	0	57.323 2	64.2857	77.684 8	0	77.6848	10.205 7	10.2057

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.12146

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.0151	56.3661	0	0	0
2	40.0684	54.3114	32.927	0	0
3	41.1218	52.5818	87.332	0	0
4	42.1752	51.082	151.995	0	0
5	43.2285	49.7577	218.186	0	0
6	44.1039	48.7656	274.653	0	0
7	44.9792	47.8568	344.568	0	0
8	45.8545	47.021	423.858	0	0
9	46.7299	46.25	501.475	0	0
10	47.735	45.4364	634.113	0	0
11	48.74	44.692	763.944	0	0
12	49.7451	44.0107	892.83	0	0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65A0001B	Foglio 109 di 171

13	50.7502	43.3872	1019.2	0	0
14	51.7553	42.8175	1141.77	0	0
15	52.7603	42.2981	1259.45	0	0
16	53.7654	41.8261	1377.43	0	0
17	54.7705	41.399	1493.91	0	0
18	55.7756	41.0148	1602.25	0	0
19	56.7806	40.6716	1700.97	0	0
20	57.7857	40.3682	1787.3	0	0
21	58.7908	40.103	1866.87	0	0
22	59.7959	39.8752	1937.05	0	0
23	60.8009	39.6839	1996.8	0	0
24	61.806	39.5282	2043.97	0	0
25	62.8111	39.4078	2079.12	0	0
26	63.8162	39.322	2103.82	0	0
27	64.8212	39.2707	2117.9	0	0
28	65.8263	39.2536	2120.3	0	0
29	66.8314	39.2707	2111.56	0	0
30	67.8365	39.322	2092.45	0	0
31	68.8415	39.4078	2063.78	0	0
32	69.8466	39.5282	2026.38	0	0
33	70.8517	39.6839	1981.16	0	0
34	71.8568	39.8752	1929.04	0	0
35	72.8618	40.103	1871.04	0	0
36	73.8669	40.3682	1808.06	0	0
37	74.872	40.6716	1739.38	0	0
38	75.8771	41.0148	1668.22	0	0
39	76.8821	41.399	1593.29	0	0
40	77.8872	41.8261	1510.63	0	0
41	78.8923	42.2981	1419.58	0	0
42	79.8974	42.8175	1324.08	0	0
43	80.9024	43.3872	1224.81	0	0
44	81.9075	44.0107	1122.57	0	0
45	82.9126	44.692	1018.31	0	0
46	83.9177	45.4364	913.206	0	0
47	84.9227	46.25	808.682	0	0
48	85.9012	47.1159	659.178	0	0
49	86.8796	48.0639	509.622	0	0
50	87.858	49.1059	361.549	0	0
51	88.8364	50.2577	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0	46.25
100	46.25

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

110 di 171

Distributed Load

X	Y
47.0553	56.3661
45.9962	56.3661
45.3396	56.3661
43.826	56.3661
43.1962	56.3661
41.9962	56.3661
41.3396	56.3661
39.8261	56.3661
39.1962	56.3661
38.2182	56.3661

Distributed Load

X	Y
61.9434	56.3661
60.8109	56.3661
60.1419	56.3661
58.6332	56.3661
58.0109	56.3661
56.6109	56.3661
55.9419	56.3661
53.8109	56.3661
52.8652	56.3661

Distributed Load

X	Y
41.9962	56.3661
41.3396	56.3661
39.8261	56.3661
39.1962	56.3661

Distributed Load

X	Y
45.9962	56.3661
45.3396	56.3661
43.826	56.3661
43.1962	56.3661

Distributed Load

X	Y
---	---

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

111 di 171

56.6109	56.3661
55.9419	56.3661
53.8109	56.3661

Distributed Load

X	Y
60.8109	56.3661
60.1419	56.3661
58.6332	56.3661
58.0109	56.3661

External Boundary

X	Y
0	20.76
0	4.43647
100	4.43647
100	20.76
100	24.9
100	37.75
100	39.25
100	46.25
100	50.2577
77.9562	50.2577
76.8628	49.1643
75.6128	49.1643
75.019	49.7581
74.5194	50.2577
73.4727	50.2577
64.3101	56.3661
61.9434	56.3661
60.8109	56.3661
60.1419	56.3661
58.6332	56.3661
58.0109	56.3661
56.6109	56.3661
55.9419	56.3661
53.8109	56.3661
52.8652	56.3661
47.0553	56.3661
45.9962	56.3661
45.3396	56.3661
43.826	56.3661
43.1962	56.3661
41.9962	56.3661
41.3396	56.3661
39.8261	56.3661

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65A0001B

112 di 171

39.1962	56.3661
38.2182	56.3661
35.6899	56.3661
26.5273	50.2577
25.5962	50.2577
25.096	49.7575
24.7341	49.3956
23.4841	49.3956
22.622	50.2577
0	50.2577
0	46.25
0	39.25
0	37.75
0	24.9

Material Boundary

X	Y
0	37.75
100	37.75

Material Boundary

X	Y
0	24.9
100	24.9

Material Boundary

X	Y
0	20.76
100	20.76

Material Boundary

X	Y
26.5273	50.2577
73.4727	50.2577

Material Boundary

X	Y
25.096	49.7575
75.019	49.7581

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI65A0001B

Foglio
113 di 171

Material Boundary

X	Y
0	46.25
100	46.25

Material Boundary

X	Y
0	39.25
100	39.25

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 34+800,00 a pk 35+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65A0001B</p>	<p>Foglio 114 di 171</p>

ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS

PLAXIS OUTPUT

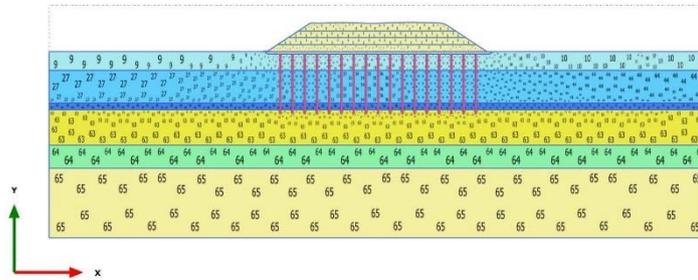
<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 116 di 171</p>

RI36C_01

PLAXIS Report

RI36C_01

1.1.1.2 Calculation results, NIL [Phase_8] (8/16), Connectivity plot



Connectivity plot



Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65B0001B

121 di 171

RI36C_01

1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (1/2)

Identification number	-	1	2	3	5	6
Identification	-	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	U6_1	Ballast
Soil model	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	-	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
γ_{unsat}	kNm ³	20,00	20,00	24,00	19,00	18,00
γ_{sat}	kNm ³	20,00	20,00	24,00	19,00	18,00
e_{int}	-	0,5000	0,5000	0,5000	1,000	0,5000
n_{int}	-	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,3333
Identification number	-	1	2	3	5	6
Identification	-	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	U6_1	Ballast
Soil model	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	-	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
E_{ref}	kNm ²	60,00E3	20,00E3	4,000E6	80,00E3	100,0E3
E_{ref}	kNm ²	60,00E3	20,00E3	4,000E6	80,00E3	100,0E3
$\nu_{(u)}$	-	0,3000	0,3000	0,2300	0,2300	0,3000
Determination	-	ν -undrained definition				
ν_u definition method	-	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct
$\nu_{u, equivalent}$	-	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
Skempton B	-	0,9783	0,9783	0,9848	0,9848	0,9783
$K_w, refB$	kNm ²	2,250E6	750,0E3	159,6E6	3,192E6	3,750E6
Identification number	-	1	2	3	5	6
Identification	-	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	U6_1	Ballast
Soil model	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	-	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
Classification type	-	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Soil class (Standard)	-	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
<2 μ m	%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
2 μ m - 50 μ m	%	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
50 μ m - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00	77,00	77,00
Identification number	-	1	2	3	5	6
Identification	-	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	U6_1	Ballast
Soil model	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	-	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
c_s	k J/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
λ_s	k W/mK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65B0001B

122 di 171

RI36C_01

Identification number	-	1	2	3	5	6
ρ_s	t/m ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Thermal expansion type	-	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic
α_{sv}	1/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Phase change	-	False	False	False	False	False
D_v	m ² /day	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f_{Tv}	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number	-	1	2	3	5	6
Identification	-	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	US_1	Ballast
Soil model	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	-	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
Stiffness determination	-	Derived	Derived	Derived	Derived	Derived
Strength determination	-	Manual	Manual	Rigid	Manual	Manual
R_{inter}	-	0,6670	0,6670	1,000	0,6670	0,6670
Consider gap closure	-	True	True	True	True	True
Cross permeability	-	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ² /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$R_{thermal}$	m ² K/W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number	-	1	2	3	5	6
Identification	-	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	US_1	Ballast
Soil model	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	-	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
K_0 determination	-	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x}$	-	0,3843	0,4122	0,5000	10,00E9	0,3572
$K_{0,z}$	-	0,3843	0,4122	0,5000	10,00E9	0,3572

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 123 di 171

RI36C_01

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (2/2)

Identification number	..	12
Identification	..	U6_2
Soil model	..	Mohr-Coulomb
Drainage type	..	Drained
Colour	..	
Comments	..	
γ_{unsat}	kN/m ³	19,00
γ_{sat}	kN/m ³	19,00
e_{init}	..	1,000
n_{init}	..	0,5000
Identification number	..	12
Identification	..	U6_2
Soil model	..	Mohr-Coulomb
Drainage type	..	Drained
Colour	..	
Comments	..	
E'_{ref}	kN/m ²	120,0E3
ν (nu)	..	0,2300
Determination	..	v-undrained definition
ν_u definition method	..	Direct
$\nu_{u, equivalent}$ (nu)	..	0,4950
Skempton B	..	0,9848
$K_{w, ref/n}$	kN/m ²	4,788E6
Identification number	..	12
Identification	..	U6_2
Soil model	..	Mohr-Coulomb
Drainage type	..	Drained
Colour	..	
Comments	..	

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 124 di 171</p>

RI36C_01

Identification number	**	12
Classification type	**	Standard
Soil class (Standard)	**	Coarse
< 2 µm	%	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00
Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	
c_s	kJ/mK	0,000
λ_s	kW/mK	0,000
ρ_s	t/m³	0,000
Thermal expansion type	**	Isotropic
α_sv	1/K	0,000
Phase change	**	False
D_v	m²/day	0,000
f_Tv	**	0,000
Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	
Stiffness determination	**	Derived
Strength determination	**	Manual
R_inter	**	0,6670
Consider gap closure	**	True
Cross permeability	**	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000
R_thermal	m² K/kW	0,000

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 125 di 171

RI36C_01

Identification number	**	12
Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	
K_0 determination	**	Automatic
K_0,x	**	10,00E9
K_0,z	**	10,00E9



RI36C_01

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening Soil

Identification number	-	4	8	9	10	11
Identification	-	U2sup	U2medf	U2med2	U2fondo	U2 prof
Soil model	-	Hardening Soil				
Drainage type	-	Undrained A				
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
γ_{unsat}	kNm ³	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
γ_{sat}	kNm ³	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
e_{int}	-	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
n_{int}	-	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
Identification number	-	4	8	9	10	11
Identification	-	U2sup	U2medf	U2med2	U2fondo	U2 prof
Soil model	-	Hardening Soil				
Drainage type	-	Undrained A				
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
E_{50}^{*ref}	kNm ²	1681	1681	1681	1681	1681
E_{oed}^{*ref}	kNm ²	1345	1345	1345	1345	1345
E_{ur}^{*ref}	kNm ²	24,09E3	24,09E3	24,09E3	24,09E3	24,09E3
ν_{ur}	-	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
Use defaults	-	False	False	False	False	False
K_{0mc}	-	0,5933	0,5933	0,5933	0,5933	0,5933
R_f	-	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Determination	-	v-undrained definition				
ν_u definition method	-	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct
ν_u equivalent (nu)	-	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
Skempton B	-	0,3866	0,3866	0,3866	0,3866	0,3866
K_w^{refn}	kNm ²	987,0E3	987,0E3	987,0E3	987,0E3	987,0E3
Identification number	-	4	8	9	10	11
Identification	-	U2sup	U2medf	U2med2	U2fondo	U2 prof
Soil model	-	Hardening Soil				
Drainage type	-	Undrained A				
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
Classification type	-	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Soil class (Standard)	-	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
<2 μ m	%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
2 μ m - 50 μ m	%	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
50 μ m - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00	77,00	77,00
Identification number	-	4	8	9	10	11
Identification	-	U2sup	U2medf	U2med2	U2fondo	U2 prof
Soil model	-	Hardening Soil				
Drainage type	-	Undrained A				



Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65B0001B

127 di 171

RI36C_01

Identification number	-	4	8	9	10	11
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
c_s	kJ/m ³ K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
λ_s	W/m.K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ρ_s	t/m ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Thermal expansion type	-	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic
α_sv	1/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Phase change	-	False	False	False	False	False
D_v	m ² /day	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f_Tv	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number	-	4	8	9	10	11
Identification	-	U2sup	U2med1	U2med2	U2ondo	U2 prof
Soil model	-	Hardening Soil				
Drainage type	-	Undrained A				
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
Stiffness determination	-	Derived	Derived	Derived	Derived	Derived
Strength determination	-	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_inter	-	0,6670	0,6670	0,6670	0,6670	0,6670
Consider gap closure	-	True	True	True	True	True
δ_inter	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability	-	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ² /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R_thermal	m ² K/W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number	-	4	8	9	10	11
Identification	-	U2sup	U2med1	U2med2	U2ondo	U2 prof
Soil model	-	Hardening Soil				
Drainage type	-	Undrained A				
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
K_0 determination	-	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
K_0_x	-	0,5333	0,5333	0,5333	0,5333	0,7203
K_0_z	-	0,5333	0,5333	0,5333	0,5333	0,7203
PDP	kN/m ²	400,0	200,0	200,0	400,0	0,000
OCR	-	1,000	1,000	1,000	1,000	1,370

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 128 di 171

RI36C_01

1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Linear Elastic

Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
y_unsat	kN/m ³	25,00
y_sat	kN/m ³	25,00
e_init	**	0,5000
n_init	**	0,3333
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
E_ref	kN/m ²	33,00E6
v (nu)	**	0,2000
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
Classification type	**	Standard
Soil class (Standard)	**	Coarse
< 2 µm	%	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00



RI36C_01

Identification number	**	7
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
c_s	kJ/K	0,000
λ_s	kW/mK	0,000
ρ_s	t/m³	0,000
Thermal expansion type	**	Isotropic
α_sv	1/K	0,000
Phase change	**	False
D_v	m²/day	0,000
f_Tv	**	0,000
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
Stiffness determination	**	Derived
Strength determination	**	Rigid
R_inter	**	1,000
Consider gap closure	**	True
Cross permeability	**	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000
R_thermal	m² K/KW	0,000
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 130 di 171</p>

RI36C_01

Identification number	..	7
Comments	..	
K_0 determination	..	Automatic
K_0,x	..	0,5000
K_0,z	..	0,5000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 131 di 171</p>

RI36C_01

1.1.2.2 Materials - Plates

Identification number	**	1	2
Identification	**	MistoCementato	MC_Dummy
Material type	**	Elastic	Elastic
Colour	**		
Comments	**	**	**
w	kNm/m	5,000	5,000
Prevent punching	**	False	False
Identification number	**	1	2
Identification	**	MistoCementato	MC_Dummy
Material type	**	Elastic	Elastic
Colour	**		
Comments	**	**	**
Isotropic	**	True	True
Identification number	**	1	2
Identification	**	MistoCementato	MC_Dummy
Material type	**	Elastic	Elastic
Colour	**		
Comments	**	**	**
c	kJ/K	0,000	0,000
λ	kW/mK	0,000	0,000
ρ	t/m ³	0,000	0,000
α	1/K	0,000	0,000
A_eff,T	m ²	0,000	0,000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 132 di 171</p>

RI36C_01

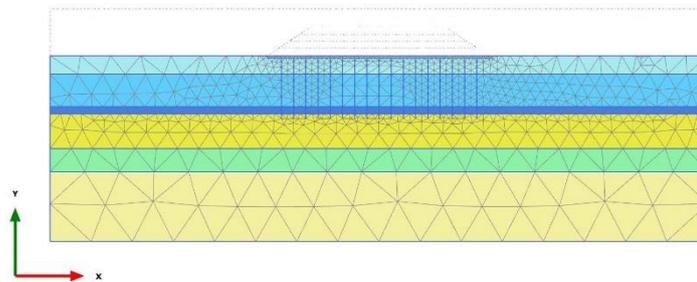
1.1.2.3 Materials - Embedded beams

Identification number	**	1	2
Identification	**	Inclusioni	Pali1200
Material type	**	Elastic	Elastic
Colour	**		
Comments	**	**	**
γ	kN/m ³	6,000	6,000
Identification number	**	1	2
Identification	**	Inclusioni	Pali1200
Material type	**	Elastic	Elastic
Colour	**		
Comments	**	**	**
L_spacing	m	2,600	3,600
Cross section type	**	Predefined	Predefined
Predefined cross section type	**	Solid circular beam	Solid circular beam
Diameter	m	0,6000	1,200
A	m ²	0,2827	1,131
I	m ⁴	6,362E-3	0,1018
Axial skin resistance	**	Multi-linear	Layer dependent
T_max	kN/m	1,000E12	1,000E12
Lateral resistance	**	Unlimited	Unlimited
F_max	kN	9000	3100
Default values	**	True	True
Axial stiffness factor	**	0,8324	1,097
Lateral stiffness factor	**	0,8324	1,097
Base stiffness factor	**	8,324	10,97

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 133 di 171

RI36C_01

2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_y



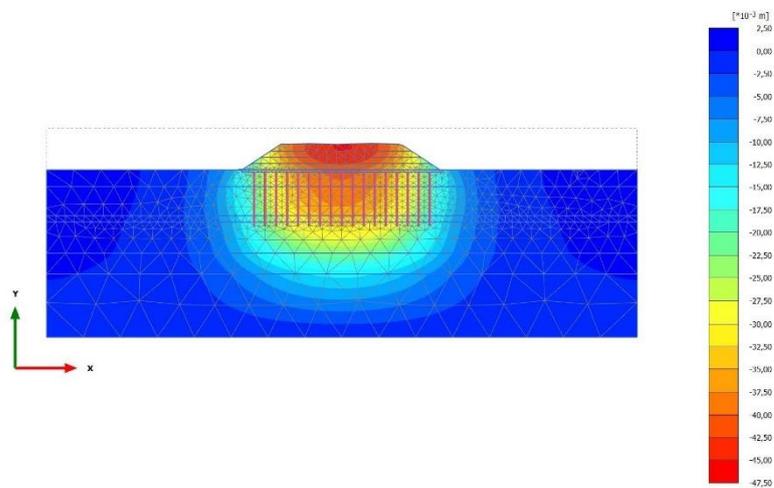
Total displacements u_y (at true scale)
Uniform value of 0,000 m

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 134 di 171</p>

RI36C_01

2.1.1.1.2 Calculation results, NIL [Phase_8] (8/16), Total displacements

u_y

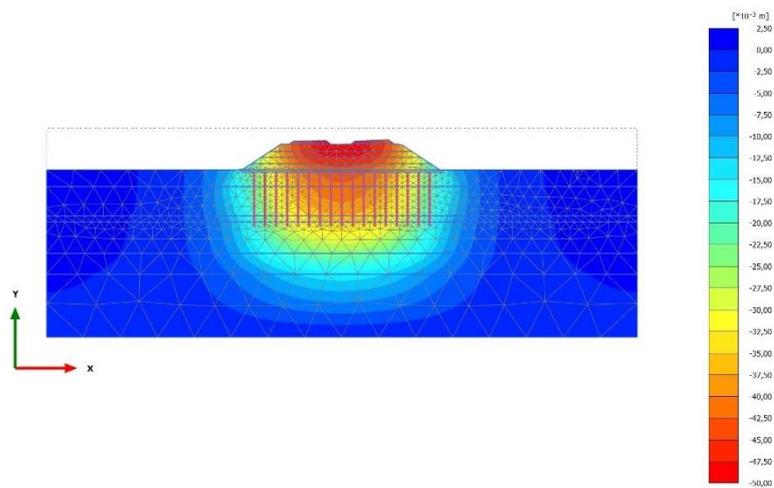


Total displacements u_y (scaled up 50,0 times) (Time 180,0 day)
Maximum value = $0,8989 \cdot 10^{-3}$ m (Element 653 at Node 3549)
Minimum value = $-0,04514$ m (Element 191 at Node 12252)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 135 di 171

RI36C_01

2.1.1.1.3 Calculation results, Fine Consolidazione [Phase_10] (10/23), Total displacements u_y

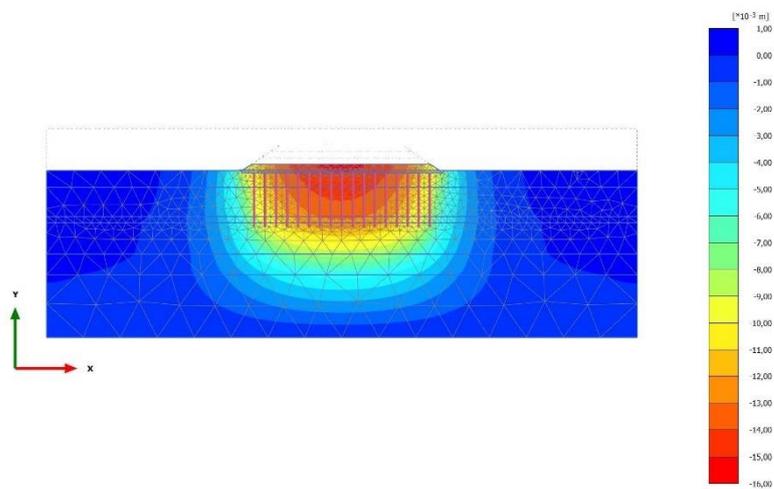


Total displacements u_y (scaled up 50,0 times) (Time 635,0 day)
Maximum value = 0,8882 * 10⁻³ m (Element 653 at Node 3549)
Minimum value = -0,04861 m (Element 5 at Node 12037)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 136 di 171</p>

RI36C_01

2.1.1.1.4 Calculation results, RILEVATO 1 [Phase_4] (4/164), Total displacements u_y

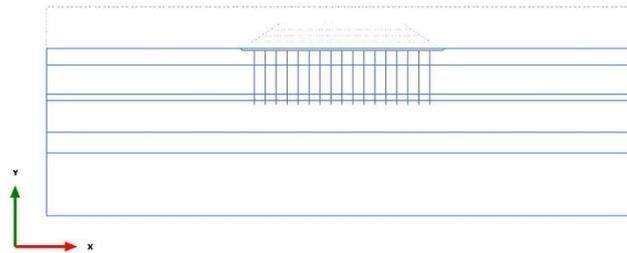


Total displacements u_y (scaled up 200 times) (Time 30,00 day)
Maximum value = $0,6390 \cdot 10^{-3}$ m (Element 607 at Node 10991)
Minimum value = $-0,01528$ m (Element 302 at Node 12714)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 137 di 171</p>

RI36C_01

3.1.1.1.1 Calculation results, Embedded beam row, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Shear forces Q

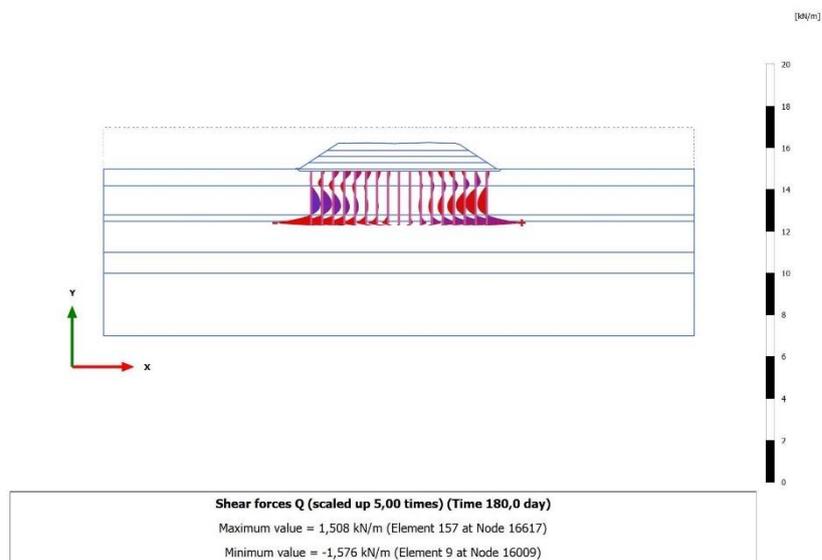


Shear forces Q (scaled up 1,00 times)
No results

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 138 di 171</p>

RI36C_01

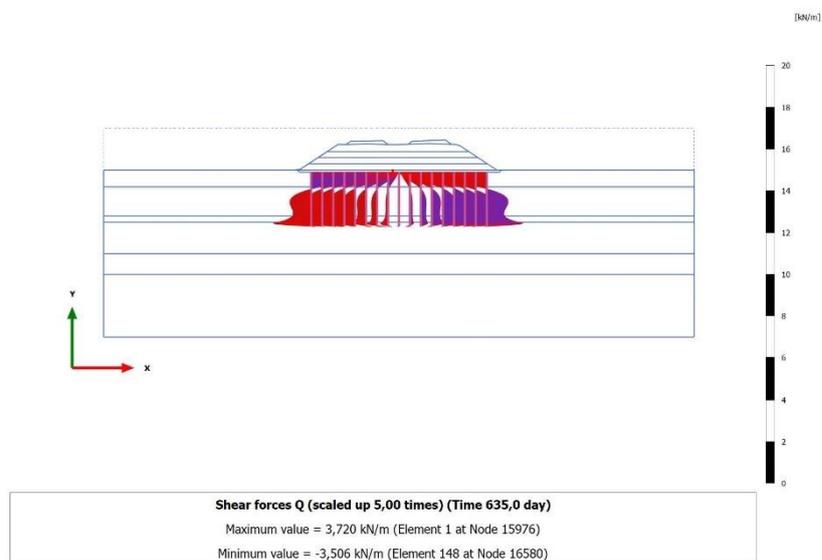
3.1.1.1.2 Calculation results, Embedded beam row, NIL [Phase_8] (8/16), Shear forces Q



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 139 di 171</p>

RI36C_01

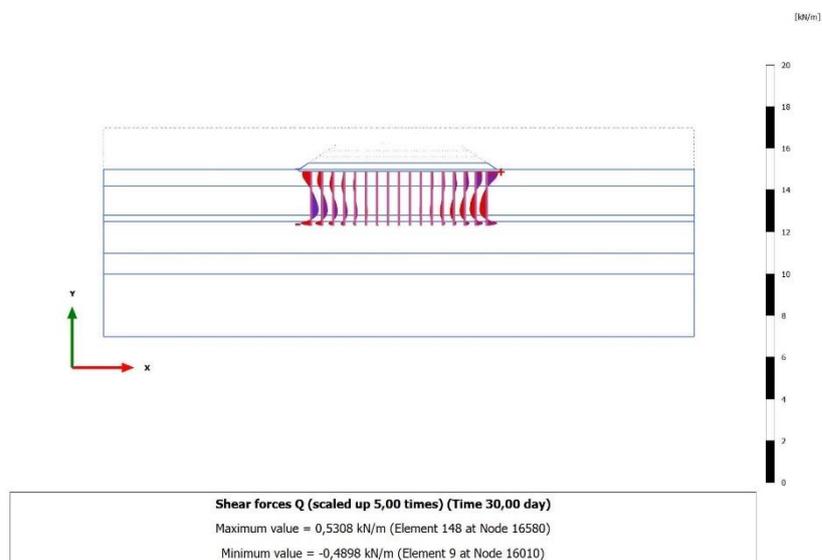
3.1.1.1.3 Calculation results, Embedded beam row, Fine Consolidazione [Phase_10] (10/23), Shear forces Q



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 140 di 171</p>

RI36C_01

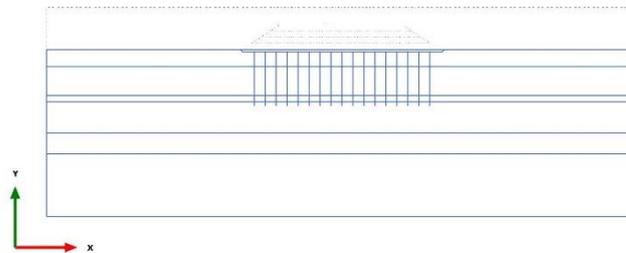
3.1.1.1.4 Calculation results, Embedded beam row, RILEVATO 1 [Phase_4] (4/164), Shear forces Q



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 141 di 171

RI36C_01

3.1.1.2.1 Calculation results, Embedded beam row, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments M

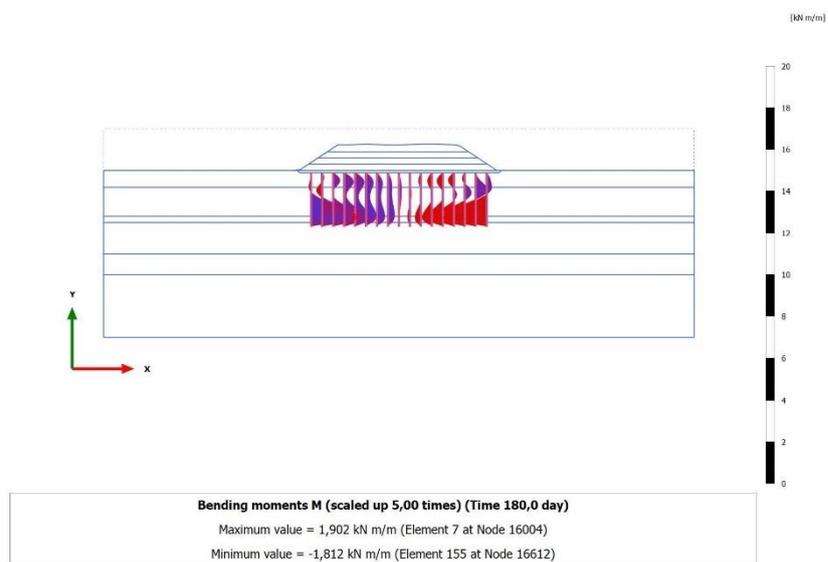


Bending moments M (scaled up 1,00 times)
No results

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 142 di 171</p>

RI36C_01

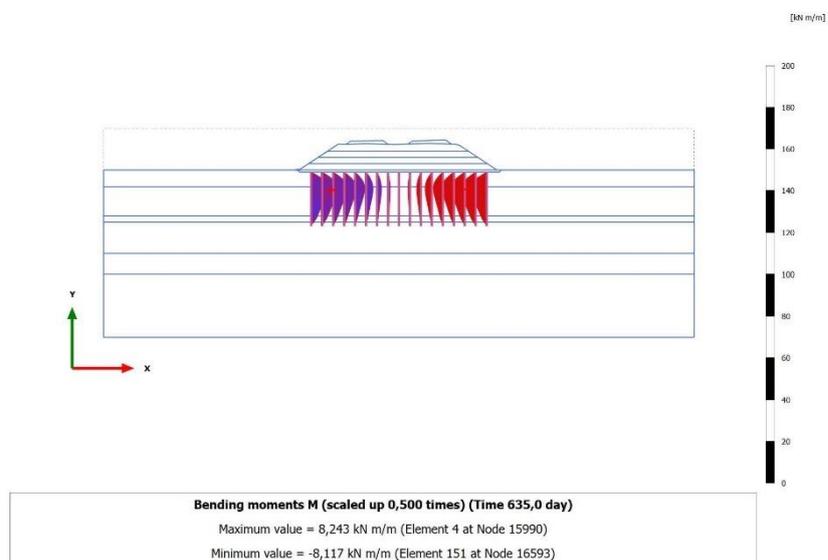
3.1.1.2.2 Calculation results, Embedded beam row, NIL [Phase_8] (8/16), Bending moments M



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 143 di 171

RI36C_01

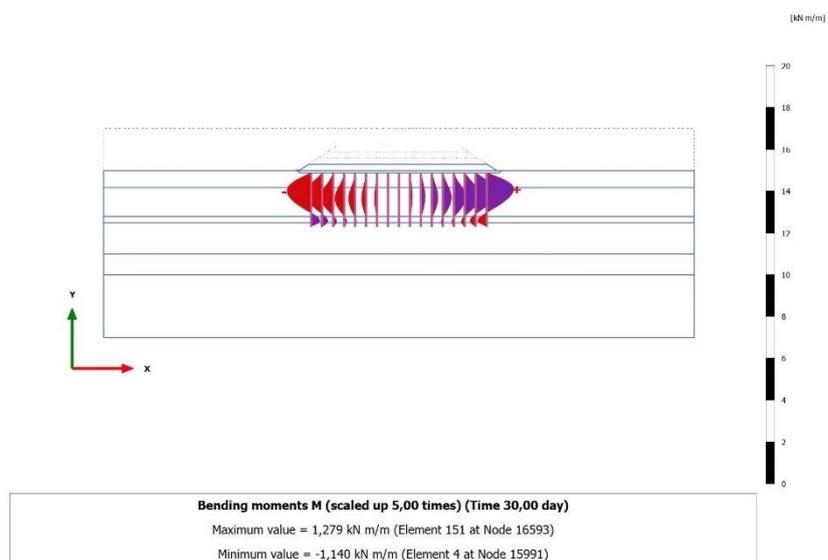
3.1.1.2.3 Calculation results, Embedded beam row, Fine Consolidazione [Phase_10] (10/23), Bending moments M



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 144 di 171</p>

RI36C_01

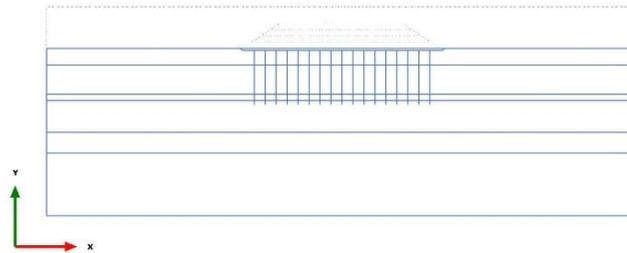
3.1.1.2.4 Calculation results, Embedded beam row, RILEVATO 1 [Phase_4] (4/164), Bending moments M



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 145 di 171</p>

RI36C_01

3.1.1.3.1 Calculation results, Embedded beam row, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N

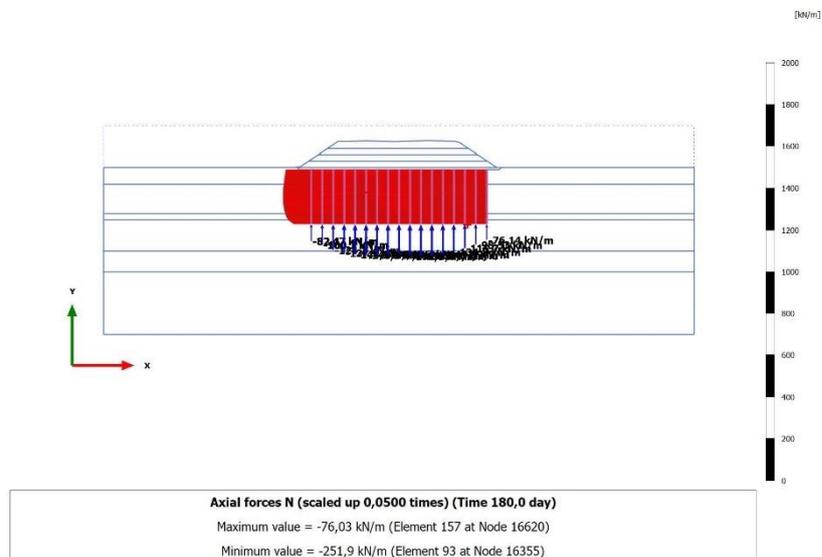


Axial forces N (scaled up 1,00 times)
No results

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 146 di 171</p>

RI36C_01

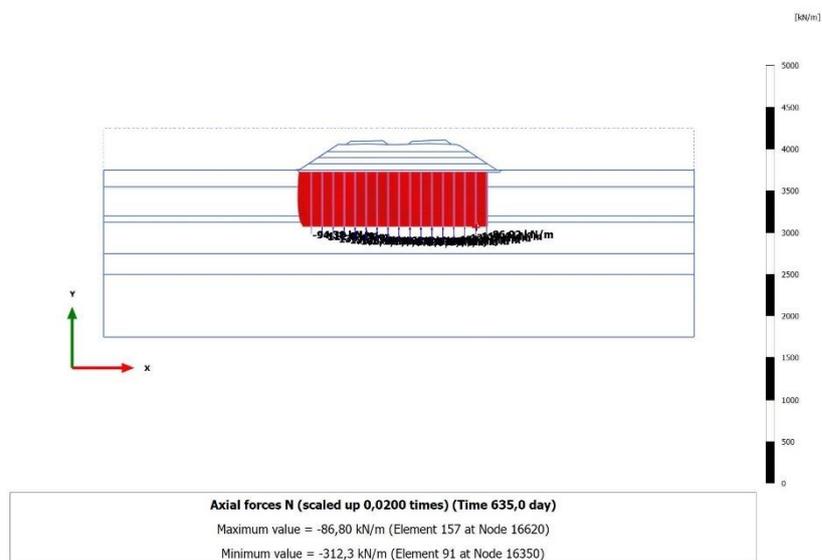
3.1.1.3.2 Calculation results, Embedded beam row, NIL [Phase_8] (8/16), Axial forces N



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 147 di 171

RI36C_01

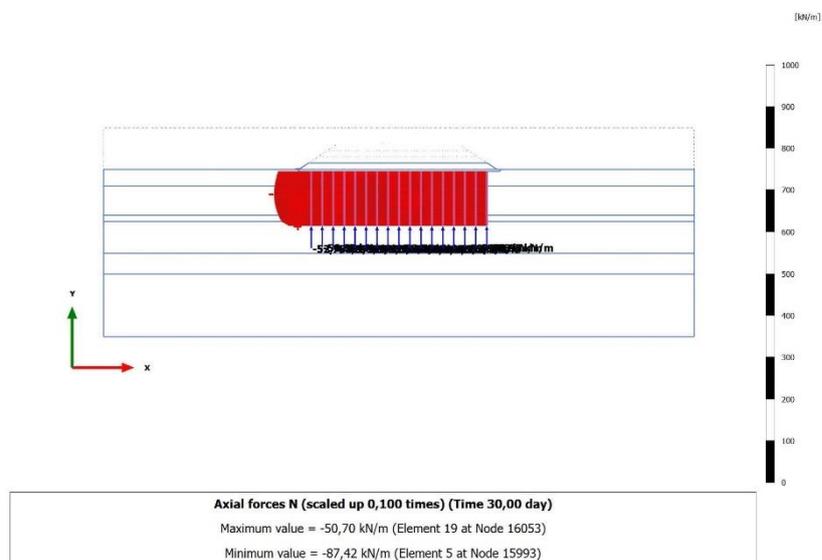
3.1.1.3.3 Calculation results, Embedded beam row, Fine Consolidazione [Phase_10] (10/23), Axial forces N



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 148 di 171</p>

RI36C_01

3.1.1.3.4 Calculation results, Embedded beam row, RILEVATO 1 [Phase_4] (4/164), Axial forces N



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 149 di 171</p>

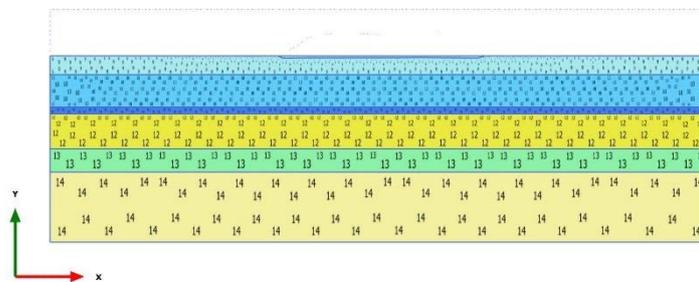
RI36C_01

PLAXIS Report

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 150 di 171

RI36C_01

1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Connectivity plot

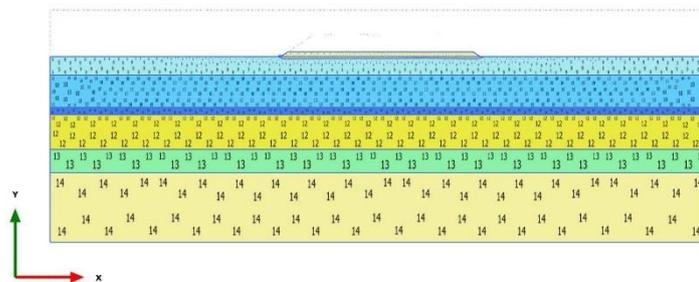


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 151 di 171</p>

RI36C_01

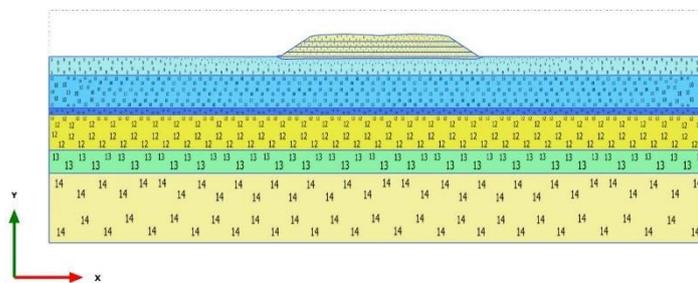
1.1.1.2 Calculation results, RILEVATO 1 [Phase_3] (3/20), Connectivity plot



Connectivity plot

RI36C_01

1.1.1.3 Calculation results, NIL [Phase_7] (7/34), Connectivity plot

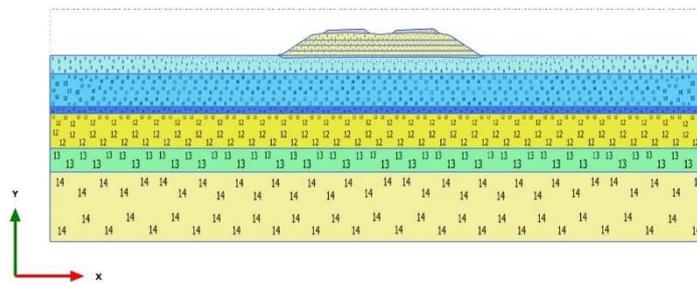


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 153 di 171</p>

RI36C_01

1.1.1.4 Calculation results, CONSOLIDAZIONE [Phase_9] (9/57), Connectivity plot



Connectivity plot



Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65B0001B

154 di 171

RI36C_01

1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (1/2)

Identification number	1	2	3	5	6	
Identification	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	U6_1	Ballast	
Soil model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	
Drainage type	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained	
Colour						
Comments	-	-	-	-	-	
γ_{unsat}	kNm ³	20,00	20,00	24,00	19,00	18,00
γ_{sat}	kNm ³	20,00	20,00	24,00	19,00	18,00
e_{int}	-	0,5000	0,5000	0,5000	1,000	0,5000
n_{int}	-	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,3333
Identification number	1	2	3	5	6	
Identification	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	U6_1	Ballast	
Soil model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	
Drainage type	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained	
Colour						
Comments	-	-	-	-	-	
E_{ref}	kNm ²	60,00E3	20,00E3	4,000E6	80,00E3	100,0E3
E_{ref}	kNm ²	60,00E3	20,00E3	4,000E6	80,00E3	100,0E3
$\nu_{(nu)}$	-	0,3000	0,3000	0,2300	0,2300	0,3000
Determination	-	ν -undrained definition				
ν_u definition method	-	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct
$\nu_{u, equivalent}$	-	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
Skempton B	-	0,9783	0,9783	0,9848	0,9848	0,9783
$K_w, refH$	kNm ²	2,250E6	750,0E3	159,6E6	3,192E6	3,750E6
Identification number	1	2	3	5	6	
Identification	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	U6_1	Ballast	
Soil model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	
Drainage type	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained	
Colour						
Comments	-	-	-	-	-	
Classification type	-	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Soil class (Standard)	-	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
<2 μ m	%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
2 μ m - 50 μ m	%	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
50 μ m - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00	77,00	77,00
Identification number	1	2	3	5	6	
Identification	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	U6_1	Ballast	
Soil model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	
Drainage type	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained	
Colour						
Comments	-	-	-	-	-	
c_s	k J/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
λ_s	k W/mK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI65B0001B

Foglio

155 di 171

RI36C_01

Identification number	-	1	2	3	5	6
ρ_s	t/m ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Thermal expansion type	-	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic
α_{sv}	1/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Phase change	-	False	False	False	False	False
D_v	m ² /day	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f_{Tv}	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number	-	1	2	3	5	6
Identification	-	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	US_1	Ballast
Soil model	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	-	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
Stiffness determination	-	Derived	Derived	Derived	Derived	Derived
Strength determination	-	Manual	Manual	Rigid	Manual	Manual
R_{inter}	-	0,6670	0,6670	1,000	0,6670	0,6670
Consider gap closure	-	True	True	True	True	True
Cross permeability	-	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ² /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$R_{thermal}$	m ² K/W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number	-	1	2	3	5	6
Identification	-	Rilevato	Rinterro	Misto Cementato	US_1	Ballast
Soil model	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	-	Drained	Drained	Non-porous	Drained	Drained
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
K_0 determination	-	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x}$	-	0,3843	0,4122	0,3843	10,00E9	0,3572
$K_{0,z}$	-	0,3843	0,4122	0,3843	10,00E9	0,3572

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 156 di 171</p>

RI36C_01

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (2/2)

Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	
γ_{unsat}	kN/m ³	19,00
γ_{sat}	kN/m ³	19,00
e_{init}	**	1,000
n_{init}	**	0,5000
Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	
E'_{ref}	kN/m ²	120,0E3
ν (nu)	**	0,2300
Determination	**	v-undrained definition
ν_u definition method	**	Direct
$\nu_{u,\text{equivalent}}$ (nu)	**	0,4950
Skempton B	**	0,9848
$K_{w,\text{ref}}/n$	kN/m ²	4,788E6
Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 157 di 171</p>

RI36C_01

Identification number	**	12
Classification type	**	Standard
Soil class (Standard)	**	Coarse
< 2 µm	%	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00
Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	
c_s	kJ/mK	0,000
λ_s	kW/mK	0,000
ρ_s	t/m³	0,000
Thermal expansion type	**	Isotropic
α_sv	1/K	0,000
Phase change	**	False
D_v	m²/day	0,000
f_Tv	**	0,000
Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	
Stiffness determination	**	Derived
Strength determination	**	Manual
R_inter	**	0,6670
Consider gap closure	**	True
Cross permeability	**	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000
R_thermal	m² K/kW	0,000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 158 di 171</p>

RI36C_01

Identification number	**	12
Identification number	**	12
Identification	**	U6_2
Soil model	**	Mohr-Coulomb
Drainage type	**	Drained
Colour	**	
Comments	**	
K_0 determination	**	Automatic
K_0,x	**	10,00E9
K_0,z	**	10,00E9



Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65B0001B

159 di 171

RI36C_01

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening Soil

Identification number	4	8	9	10	11
Identification	U2sup	U2medf	U2med2	U2fondo	U2 prof
Soil model	Hardening Soil				
Drainage type	Undrained A				
Colour					
Comments	-	-	-	-	-
γ_{unsat}	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
γ_{sat}	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
e_{int}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
n_{int}	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
Identification number	4	8	9	10	11
Identification	U2sup	U2medf	U2med2	U2fondo	U2 prof
Soil model	Hardening Soil				
Drainage type	Undrained A				
Colour					
Comments	-	-	-	-	-
E_{50}^{*ref}	1681	1681	1681	1681	1681
E_{oed}^{*ref}	1345	1345	1345	1345	1345
E_{ur}^{*ref}	24,09E3	24,09E3	24,09E3	24,09E3	24,09E3
v_{ur}	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
Use defaults	False	False	False	False	False
K_{0mc}	0,5933	0,5933	0,5933	0,5933	0,5933
R_f	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Determination	v-undrained definition				
v_u definition method	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct
v_u equivalent (nu)	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
Skempton B	0,3866	0,3866	0,3866	0,3866	0,3866
K_w^{refn}	987,0E3	987,0E3	987,0E3	987,0E3	987,0E3
Identification number	4	8	9	10	11
Identification	U2sup	U2medf	U2med2	U2fondo	U2 prof
Soil model	Hardening Soil				
Drainage type	Undrained A				
Colour					
Comments	-	-	-	-	-
Classification type	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Soil class (Standard)	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
<2 μ m	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
2 μ m - 50 μ m	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
50 μ m - 2 mm	77,00	77,00	77,00	77,00	77,00
Identification number	4	8	9	10	11
Identification	U2sup	U2medf	U2med2	U2fondo	U2 prof
Soil model	Hardening Soil				
Drainage type	Undrained A				



Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI65B0001B

160 di 171

RI36C_01

Identification number	-	4	8	9	10	11
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
c_s	kJ/m ³ K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
λ_s	W/m.K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ρ_s	t/m ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Thermal expansion type	-	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic
α_sv	1/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Phase change	-	False	False	False	False	False
D_v	m ² /day	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f_Tv	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number	-	4	8	9	10	11
Identification	-	U2sup	U2med1	U2med2	U2ondo	U2 prof
Soil model	-	Hardening Soil				
Drainage type	-	Undrained A				
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
Stiffness determination	-	Derived	Derived	Derived	Derived	Derived
Strength determination	-	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_inter	-	0,6670	0,6670	0,6670	0,6670	0,6670
Consider gap closure	-	True	True	True	True	True
δ_inter	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability	-	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ² /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R_thermal	m ² K/W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number	-	4	8	9	10	11
Identification	-	U2sup	U2med1	U2med2	U2ondo	U2 prof
Soil model	-	Hardening Soil				
Drainage type	-	Undrained A				
Colour	-					
Comments	-	-	-	-	-	-
K_0 determination	-	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
K_0_x	-	0,5333	0,5333	0,5333	0,5333	0,7203
K_0_z	-	0,5333	0,5333	0,5333	0,5333	0,7203
PDP	kN/m ²	400,0	200,0	200,0	400,0	0,000
OCR	-	1,000	1,000	1,000	1,000	1,370

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 161 di 171

RI36C_01

1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Linear Elastic

Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
y_unsat	kN/m ³	25,00
y_sat	kN/m ³	25,00
e_init	**	0,5000
n_init	**	0,3333
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
E_ref	kN/m ²	33,00E6
v (nu)	**	0,2000
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
Classification type	**	Standard
Soil class (Standard)	**	Coarse
< 2 µm	%	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00



RI36C_01

Identification number	**	7
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
c_s	kJ/K	0,000
λ_s	kW/mK	0,000
ρ_s	t/m³	0,000
Thermal expansion type	**	Isotropic
α_sv	1/K	0,000
Phase change	**	False
D_v	m²/day	0,000
f_Tv	**	0,000
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	
Comments	**	
Stiffness determination	**	Derived
Strength determination	**	Rigid
R_inter	**	1,000
Consider gap closure	**	True
Cross permeability	**	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000
R_thermal	m² K/KW	0,000
Identification number	**	7
Identification	**	CA
Soil model	**	Linear Elastic
Drainage type	**	Non-porous
Colour	**	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 163 di 171

RI36C_01

Identification number	..	7
Comments	..	
K_0 determination	..	Automatic
K_0,x	..	0,5000
K_0,z	..	0,5000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 164 di 171</p>

RI36C_01

1.1.2.2 Materials - Plates

Identification number	**	1	2
Identification	**	MistoCementato	MC_Dummy
Material type	**	Elastic	Elastic
Colour	**		
Comments	**	**	**
w	kNm/m	5,000	5,000
Prevent punching	**	False	False
Identification number	**	1	2
Identification	**	MistoCementato	MC_Dummy
Material type	**	Elastic	Elastic
Colour	**		
Comments	**	**	**
Isotropic	**	True	True
Identification number	**	1	2
Identification	**	MistoCementato	MC_Dummy
Material type	**	Elastic	Elastic
Colour	**		
Comments	**	**	**
c	kJ/K	0,000	0,000
λ	kW/mK	0,000	0,000
ρ	t/m ³	0,000	0,000
α	1/K	0,000	0,000
A_eff,T	m ²	0,000	0,000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 165 di 171</p>

RI36C_01

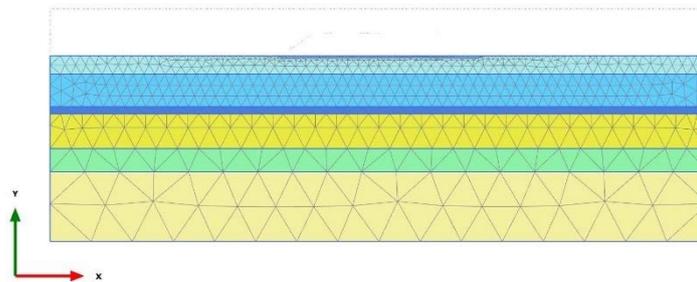
1.1.2.3 Materials - Embedded beams

Identification number	•	1	2
Identification	•	Inclusioni	Pali1200
Material type	•	Elastic	Elastic
Colour	•		
Comments	•	•	•
γ	kN/m ³	6,000	6,000
Identification number	•	1	2
Identification	•	Inclusioni	Pali1200
Material type	•	Elastic	Elastic
Colour	•		
Comments	•	•	•
L_spacing	m	2,600	3,600
Cross section type	•	Predefined	Predefined
Predefined cross section type	•	Solid circular beam	Solid circular beam
Diameter	m	0,6000	1,200
A	m ²	0,2827	1,131
I	m ⁴	6,362E-3	0,1018
Axial skin resistance	•	Multi-linear	Layer dependent
T_max	kN/m	1,000E12	1,000E12
Lateral resistance	•	Unlimited	Unlimited
F_max	kN	9000	3100
Default values	•	True	True
Axial stiffness factor	•	0,8324	1,097
Lateral stiffness factor	•	0,8324	1,097
Base stiffness factor	•	8,324	10,97

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI65B0001B	Foglio 166 di 171

RI36C_01

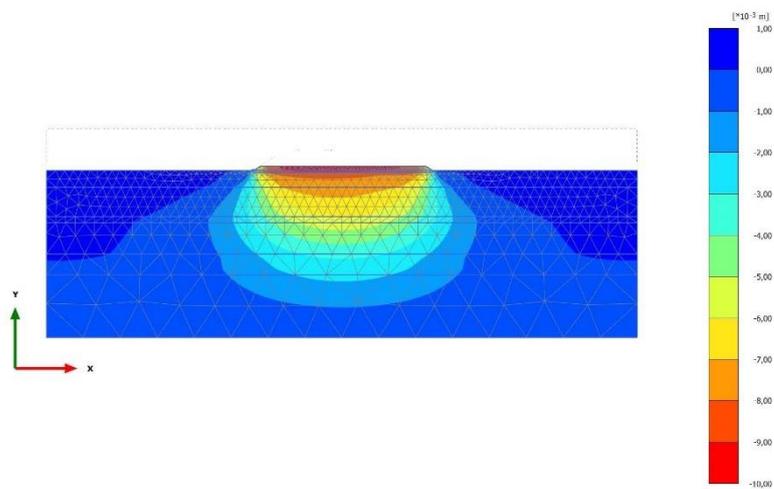
2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_y



Total displacements u_y (at true scale)
Uniform value of 0,000 m

RI36C_01

2.1.1.1.2 Calculation results, RILEVATO 1 [Phase_3] (3/20), Total displacements u_y

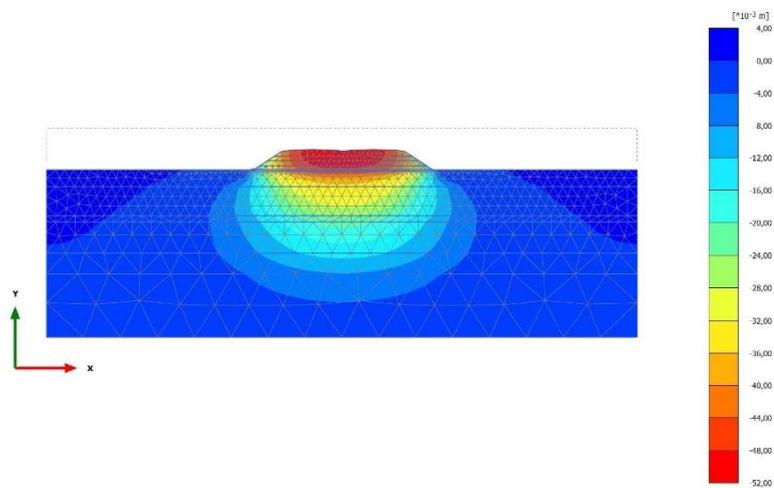


Total displacements u_y (scaled up 500 times) (Time 30,00 day)
 Maximum value = $0,7186 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1260 at Node 18533)
 Minimum value = $-9,454 \cdot 10^{-3}$ m (Element 709 at Node 11975)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 168 di 171</p>

RI36C_01

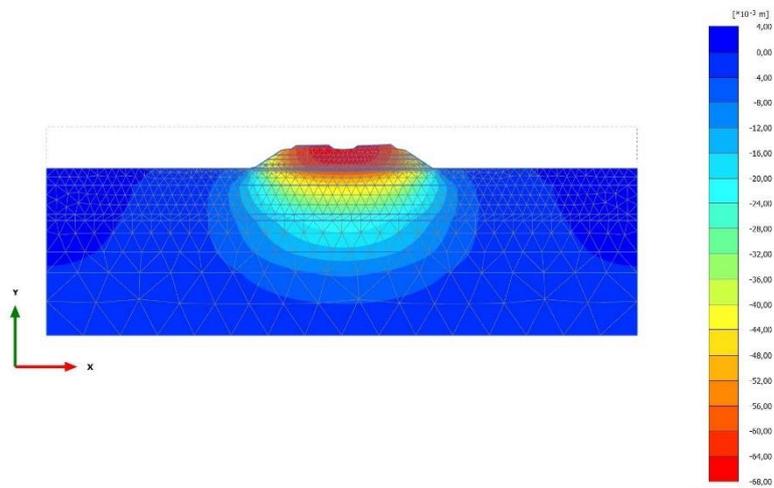
2.1.1.1.3 Calculation results, NIL [Phase_7] (7/34), Total displacements u_y



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 169 di 171</p>

RI36C_01

2.1.1.1.4 Calculation results, CONSOLIDAZIONE [Phase_9] (9/57), Total displacements u_y



Total displacements u_y (scaled up 50,0 times) (Time 605,0 day)
 Maximum value = $0,9459 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1177 at Node 5119)
 Minimum value = $-0,06632$ m (Element 372 at Node 15389)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 170 di 171</p>

ALLEGATO 6- VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI

- 1) SLIDE ver 7.0
- 2) PLAXIS 2D ver 2021

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante LS da pk 184+542,12 a pk 184+939,60 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI65B0001B</p>	<p>Foglio 171 di 171</p>