

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

RILEVATI

Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00

GENERALE

Relazione Geotecnica

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

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	0	0	0	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI 	Data Dicembre 2021

Progettazione:

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

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1712EI2RBRI6000001A_03
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 2 di 155</p>

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Documentazione di progetto.....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento.....	5
2.3	Bibliografia	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	8
3.1	Premessa.....	8
3.2	Geometria del rilevato.....	8
3.3	Descrizione degli interventi.....	10
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
4.1	Indagini disponibili.....	13
4.2	Inquadramento stratigrafico	15
4.3	Livello di falda	16
4.4	Condizioni geotecniche del sito	16
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	28
4.6	Materiale da rilevato.....	30
4.7	Misto cementato.....	30
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	31
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	31
5.1.1	Vita Nominale.....	31
5.1.2	Classe d'uso	31
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	32
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	32
5.1.5	Condizioni topografiche	32
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	33
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	33
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	35
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	36
5.2.3	Commento ai risultati	39
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO	45
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	45
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	45
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	47
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche.....	47
6.2	Azioni di progetto	47

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 3 di 155</p>

6.2.1	Azioni permanenti	48
6.2.2	Azioni variabili	48
6.2.3	Azione sismica	48
6.3	Verifiche e risultati SLU	49
6.3.1	Premessa	49
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	49
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	50
6.4	Verifica e risultati SLE	52
6.4.1	Premessa e descrizione concettuale della soluzione	52
6.4.2	Metodologia di calcolo	53
6.4.3	Schematizzazione e risultati	55
6.4.3.1	Risultati sezione A	58
6.4.3.2	Risultati sezione B	61
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	64
	Allegati	65
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO	66
	ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE	68
	ALLEGATO 3 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA	78
	ALLEGATO 4 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA	87
	ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS	96
	ALLEGATO 6 - VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI	155

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 4 di 155</p>

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI60, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende da pk 31+633,65 a pk 31+840,00.

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.

Vengono quindi presentate le verifiche di SLU e SLE, condotte in base al modello geotecnico sopra definito, ed eseguite ai sensi della Normativa di riferimento (NTC2008, v. capitolo seguente).

Il documento è così organizzato:

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI600001A</p>	<p>Foglio 5 di 155</p>

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000003C Relazione Geotecnica (da 21+990 a 33+500)
- [3] IN1710EI2LZGE0000018B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 8 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000006B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000007B Planimetrie con classificazione sismica del territorio 8 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000004C Relazione idrogeologica 2/2
- [7] IN1710EI2RHGE0000007C-8C Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001B-2B, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000001B-4B, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005B-6B-7C-8B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009B-12B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001B-2B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003B-4B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 6 di 155</p>

- [23] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [24] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea)

2.3 Bibliografia

- [25] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [26] Bentley (2017), PLAXIS 3D, 2017
- [27] Matlock, H., Reese, L.C. (1960) "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". Journal of Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE, Vol.86, No.SM5, pp.63-91
- [28] Reese L.C. and O'Neill M.W. (1999), "Drilled shafts. Construction procedures and design methods" Federal Highway administration. Report FHWA-IF-99-025
- [29] Fioravante, V., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B. and Pedroni, S. (1995). "Load carrying capacity of large diameter bored piles in sand and gravel". Proc. 10th ARCSMFE, 2, 3-15.
- [30] Meyerhof G.G. (1976), "Bearing capacity and settlement of pile foundations" JGED, ASCE, GT3, pp.197-228
- [31] Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B., Pedroni, S. and Salgado, R. et al (1994). "Tip displacement of drilled shafts in sands". In Vertical and Horizontal Deformations of Foundations and Embankments. Ed. A.T. Yeung and G.Y. Felio, ASCE, GSP40, New York, 2, 1039-1057.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [38] 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.
- [39] 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.,

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 7 di 155</p>

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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 8 di 155</p>

3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

3.1 Premessa

Il rilevato ferroviario in esame si estende da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 per una lunghezza totale di circa 207 m e risulta in affiancamento alla linea storica lungo tutta la sua estensione. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

3.2 Geometria del rilevato

Come detto, il rilevato risulta sempre in affiancamento alla linea storica. Il rilevato ha una sezione pressoché uniforme per tutto il tracciato, ed è realizzato in affiancamento sul suo lato nord.

Per limitare i cedimenti del nuovo rilevato e quelli indotti sul rilevato della Linea Storica, in accordo a quanto fatto nel PD, è stato necessario prevedere in questa tratta un intervento con inclusioni rigide (vedi par. 3.3).

Alla pk 31+650, si riscontra l'altezza massima del rilevato pari a 8.5 m, questa sezione (denominata "sezione A") è quella ritenuta più significativa per le verifiche di sicurezza (Figura 1). Nel paragrafo 6.3 vengono presentate le verifiche di stabilità per la sezione A, mentre il calcolo dei cedimenti viene presentato nel paragrafo 6.4.

La lunghezza delle inclusioni rigide previste viene ridotta dalla pk 31+800 per questo motivo, nel paragrafo 6.4, si riporta anche il calcolo dei cedimenti con questa diversa geometria. La sezione di riferimento è in questo caso la "sezione B" di Figura 2.

SEZIONE N.: RI60-2
QT. PROGETTO: 50,044
DIST.PROG.: 31650,00

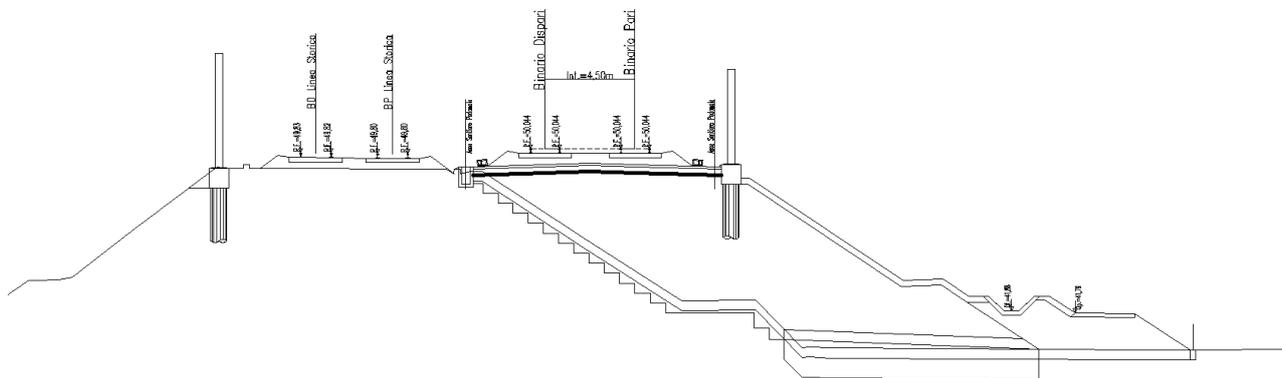


Figura 1 – Sezione di riferimento A (pk 31+650,00 n. RI60-2) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

SEZIONE N.: RI60-10
QT. PROGETTO: 51,072
DIST.PROG.: 31840,00
DIST.PREC.: 15,00
DIST.SUCC.: 0,00

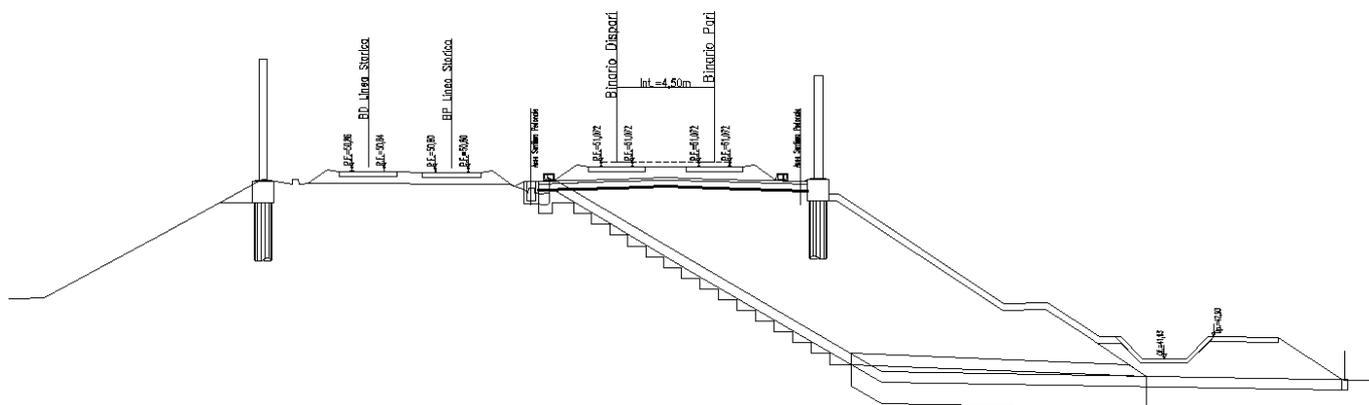


Figura 2 – Sezione di riferimento B (pk 31+840,00 n. RI60-10) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 10 di 155

3.3 Descrizione degli interventi

Come anticipato, per il rilevato in esame sono previsti dei consolidamenti mediante inclusioni rigide volti a garantire i requisiti prestazionali dell'opera (soluzione in continuità con quanto previsto nell'ambito del Progetto Definitivo). Gli interventi migliorativi consisteranno in inclusioni rigide di diametro $\Phi 1200\text{mm}$ (per la fila A) e $\Phi 1000\text{ mm}$ (per le file B e C) disposte in pianta con uno schema a quince, su maglia regolare con interasse pari a 4.5 m.

In Figura 3 è riportato lo schema della disposizione in sezione, mentre la Figura 4 riporta lo schema planimetrico.

Si osserva quanto segue:

- La fila A ($\Phi 1200\text{mm}$) viene realizzata a ridosso del rilevato esistente e ha un ruolo fondamentale nella mitigazione dei cedimenti. Per tale motivo queste inclusioni sono sormontate da cappellotti in calcestruzzo (larghi $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ e spessi 0.6 m). La lunghezza delle inclusioni è di circa 31 m fino alla pk 31+800, negli ultimi metri della tratta invece è di circa 25 m. La lunghezza di questo allineamento deve essere tale da inserirsi per almeno 2m nello strato ghiaioso in profondità. Per questo motivo verso la fine della tratta, dove lo strato di ghiaie profonde si innalza ~~fine~~ afino a circa 20 m da p.c., la lunghezza del trattamento si riduce rispetto al precedente. Per la geometria di dettaglio si faccia riferimento agli elaborati grafici di progetto.
- Le file B e C ($\Phi 1000\text{mm}$) vengono invece realizzate a partire dal piano campagna, e sono sormontate da uno strato di misto cementato dello spessore di 80 cm, avente la funzione di strato ripartitore del carico. Queste inclusioni avranno lunghezza tale da non intaccare lo strato di ghiaie profondo posto a circa 25 m di profondità, sede di un acquifero in pressione, evitando fenomeni di venute d'acqua in superficie durante la realizzazione delle inclusioni stesse, e comunque ottenendo lo scopo di ridurre i cedimenti sul nuovo rilevato AV a valori accettabili. Nel caso di RI60, fino alla pk 31+800 le inclusioni dell'allineamento B sono lunghe 19m, quelle dell'allineamento C invece sono lunghe 17m. Dalla pk 31+800 invece le inclusioni dell'allineamento B hanno $L=15\text{m}$ e quelle dell'allineamento C hanno $L=12\text{m}$.
- In relazione alle problematiche esecutive dei pali in questione, si rimanda a quanto riportato al punto 7.

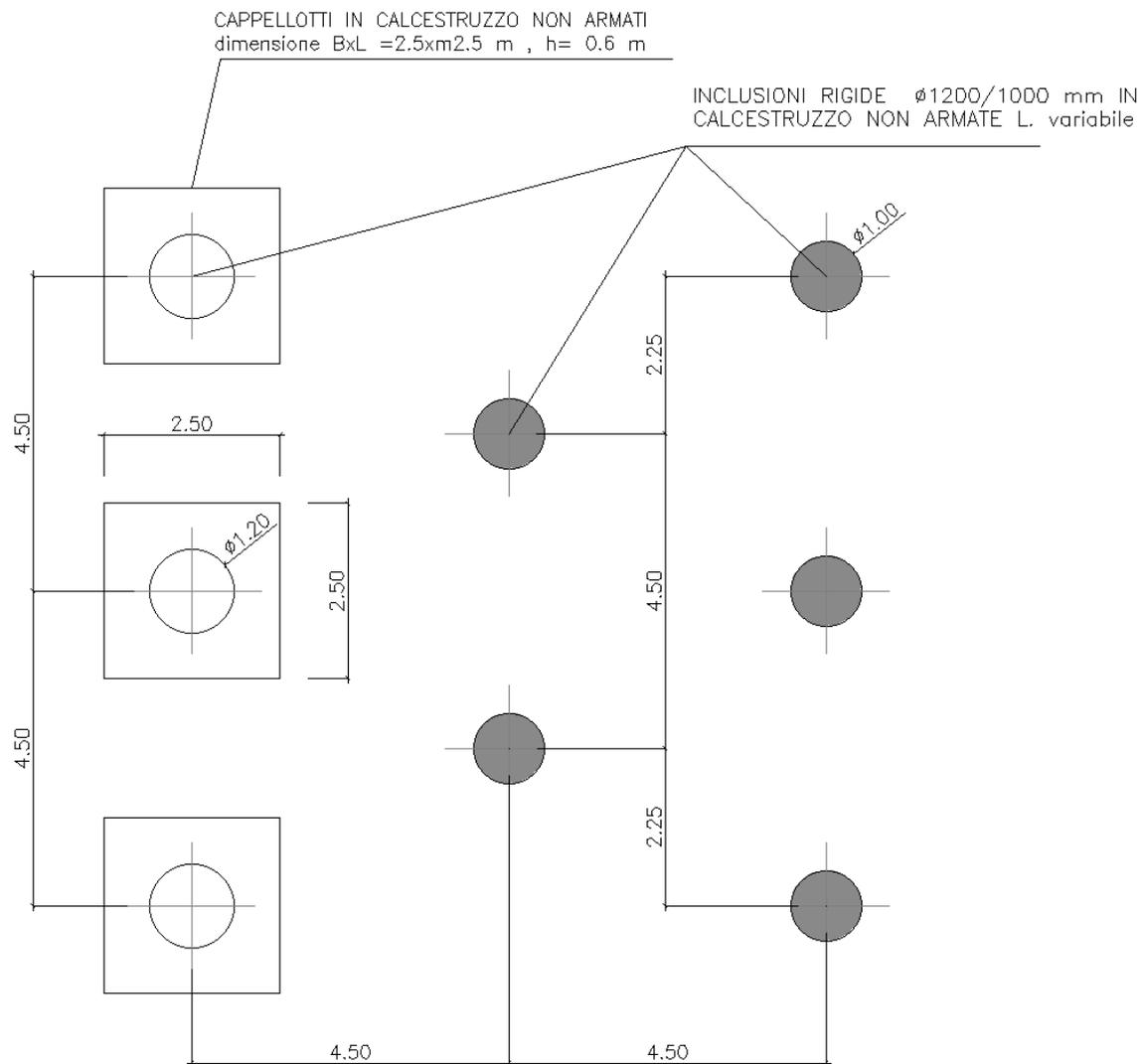


Figura 4 – Schema planimetrico degli interventi con inclusioni rigide

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 13 di 155

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 5, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [7] - [13]).

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse, e considerate ai fini della progettazione, sono riportate in Tabella 2. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini di Tabella 2 e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [2]).

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

Tabella 2 - Indagini disponibili da pk 31+633,65 a pk 32+000,00

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
31+642	CPTU-PE-37/12	2021
31+695	BH-PE-63	2020-2021
31+740	SPC46	2014/2015
31+740	CPTU-PE-38	2020-2021
31+760	NA203O008	2002
31+975	CPTU90-CPTU90bis	2014/2015
31+988	BH-PZ-PE-64	2020-2021

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

14 di 155



Figura 5 - Planimetria Rilevato RI60, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI600001A</p>	<p>Foglio 15 di 155</p>

4.2 Inquadramento stratigrafico

L'area in esame è caratterizzata prevalentemente da materiali limoso/argillosi (unità 3b) attraversati da lenti di materiale sabbioso (Unità 4). Al di sotto di tali alternanze, da circa 25 m p.c. le indagini disponibili indicano la presenza di ghiaie (Unità 6). Verso la fine del rilevato, i dati stratigrafici indicano un innalzamento progressivo delle ghiaie, e la frequente presenza, a quote prossime al pc, di lenti sempre più spesse di terreni granulari.

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

Nella Figura 6 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato R160 estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 8 di 11 (Doc. Rif. [3]).

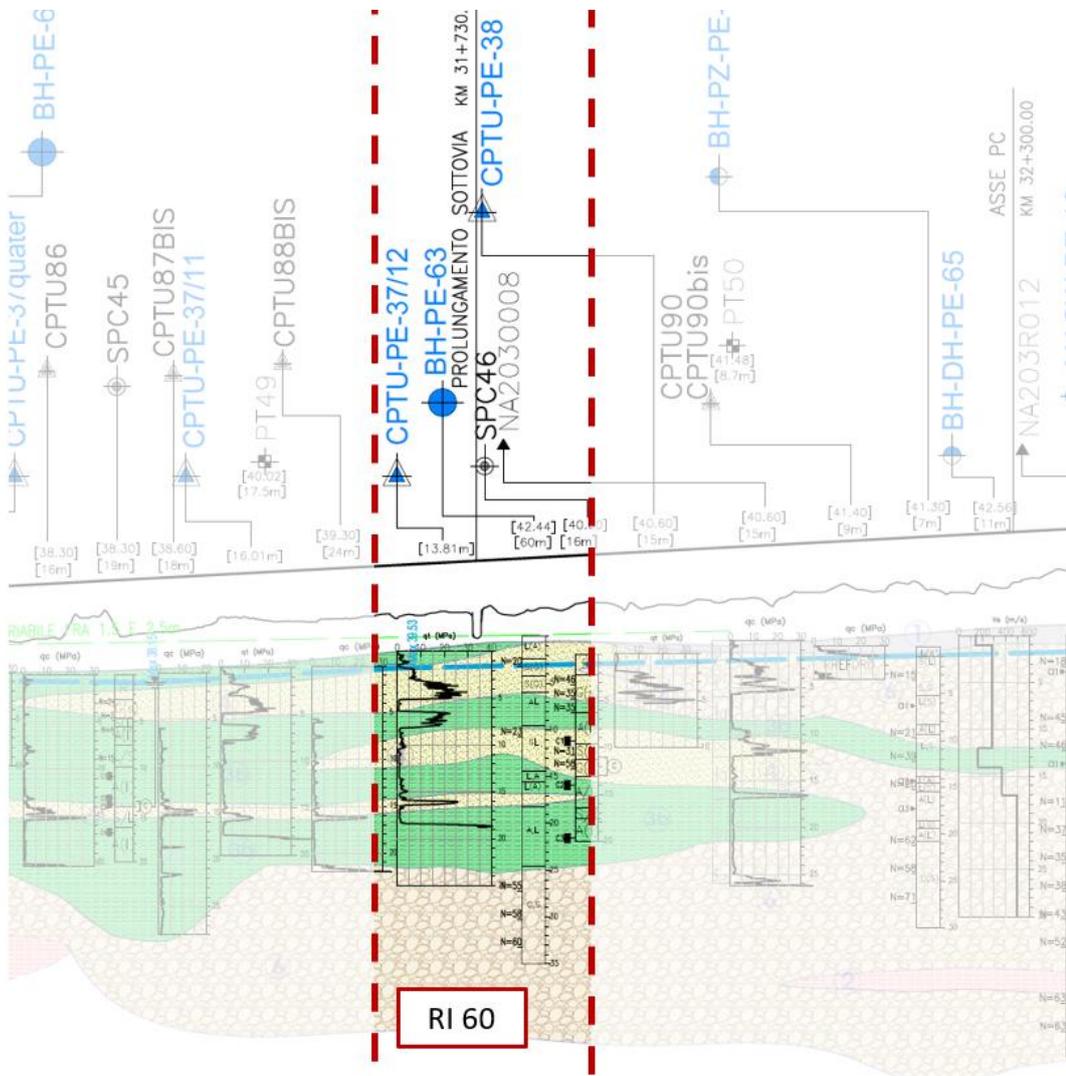


Figura 6 - Profilo Geotecnico Rilevato R160, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 16 di 155</p>

4.3 Livello di falda

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

Ai fini progettuali si assume cautelativamente una falda di progetto coincidente con p.c.

Sulla base delle osservazioni di campagna, nelle ghiaie di base è presente una falda che può presentare una prevalenza dell'ordine di 1.5÷2.5 m rispetto al p.c.

4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come precedentemente accennato, nel tratto in oggetto si rileva una copertura superficiale composta prevalentemente di materiali limoso/argillosi (unità 3b) attraversati da lenti di materiale sabbioso (Unità 4). A circa 25 m di profondità, le indagini disponibili indicano la presenza di ghiaie (Unità 6).

Verso la fine del rilevato, sulla base dei dati relativi alla WBS successiva (BH-PZ-PE-64), è ragionevole considerare una risalita dello strato di ghiaie di base, insieme alla presenza, sempre più frequente, di strati sabbiosi e ghiaiosi a quote anche prossime alla superficie (primi 10-12 m da p.c.).

Per la caratterizzazione dell'unità 3b si è fatto riferimento principalmente all'interpretazione delle prove riportate in Figura 11. Nei primi metri di profondità si ritrova una resistenza al taglio non drenata $c_u=50-60$ kPa circa (valutata cautelativamente). Per i materiali a grana fine presenti da 16 m di profondità si assume un valore di $c_u =55-70$ kPa crescente con la profondità.

Per quanto concerne i valori di pressione di preconsolidazione e dei coefficienti di compressione edometrici RR e CR, nel campo $\varepsilon_v-\log\sigma'_v$, si nota quanto segue:

- i valori di tensione di preconsolidazione σ'_p sono stati generalmente ricavati dalle prove edometriche, ed utilizzando la correlazione $c_u/\sigma'_p=0.22$
- i valori di RR e Cr sono stati desunti dalle prove edometriche.

Le intercalazioni di sabbia limosa (Unità 4) sono caratterizzate da valori di $N_{SPT}=30$ colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno al 60%, i depositi risultano perciò mediamente addensati.

Per le ghiaie profonde (unità 6) si registrano valori di $N_{SPT}=60$ colpi/30cm. La densità relativa risulta attorno al 40%, caratterizzando le ghiaie come mediamente addensate.

Il profilo di Vs derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove disponibili, indica che nei materiali a grana fina più superficiali le velocità di propagazione di onde sismiche di taglio oscillano tra 130 e 220 m/s, mentre per le ghiaie più profonde i valori stimati arrivano fino a 400m/s.

Sulla base dei valori di Vs, ed osservando anche le interpretazioni delle prove CPT, si sono stimati i valori del modulo

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 17 di 155

di taglio alle piccole deformazioni (G_0). Per i limi argillosi e le sabbie più superficiali si può considerare un valore compreso tra 30 MPa e 110 MPa; per le ghiaie invece G_0 raggiunge valori di 300 MPa.

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

Le seguenti figure riportano i risultati delle principali prove di sito e dei parametri geotecnici dei terreni, interpretati alla luce di quanto riferito in [2] e [4]:

- Resistenza alla punta q_c nell'area di stretta pertinenza della WBS in questione. (v. Figura 7);
- Distribuzione delle granulometrie da analisi di laboratorio (v. Figura 8);
- Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua dei campioni indisturbati (v. Figura 9);
- Peso di volume dei campioni indisturbati (v. Figura 10);
- Resistenza al taglio non drenata nei depositi di unità 3b (v. Figura 11);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 12);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 13);
- Angolo di resistenza al taglio stimato da prove SPT (v. Figura 14);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 15);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 16).

AV/AC VERONA VICENZA

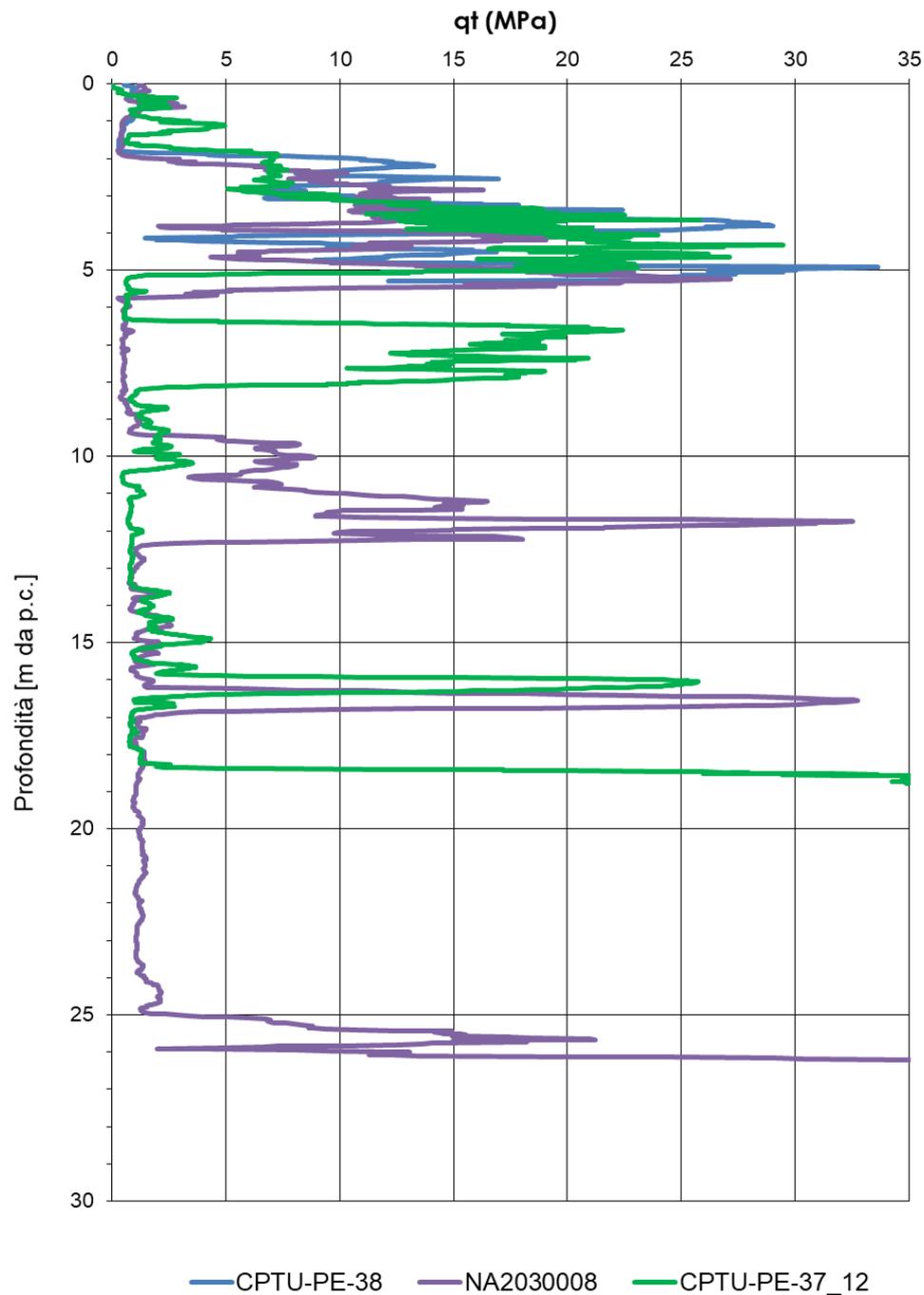


Figura 7 – Resistenza alla punta qt da prove CPTU disponibili nell'area in esame



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

19 di 155

AV/AC VERONA VICENZA

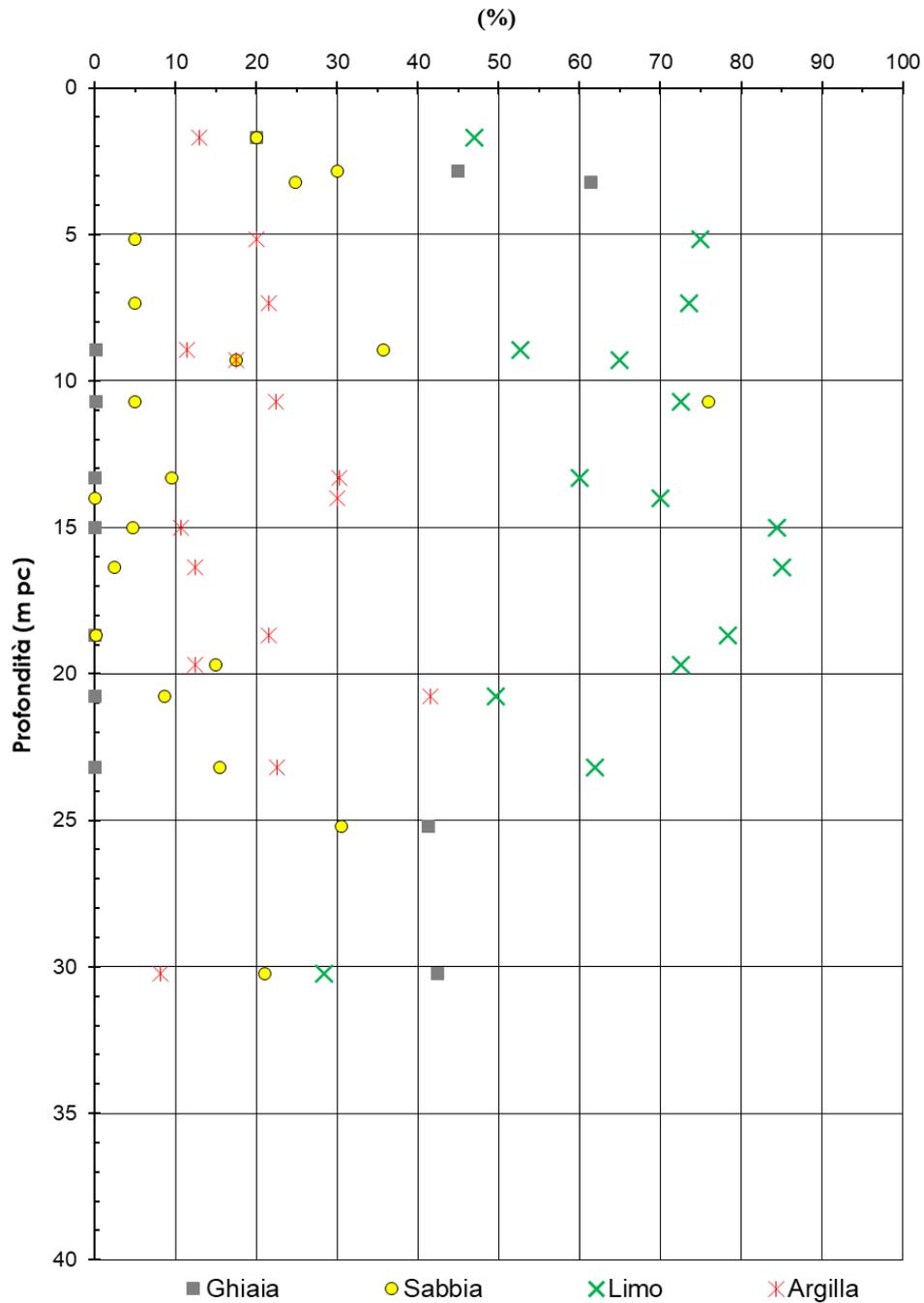


Figura 8 – Sintesi analisi granulometriche dei terreni nell'area in esame

AV/AC VERONA VICENZA

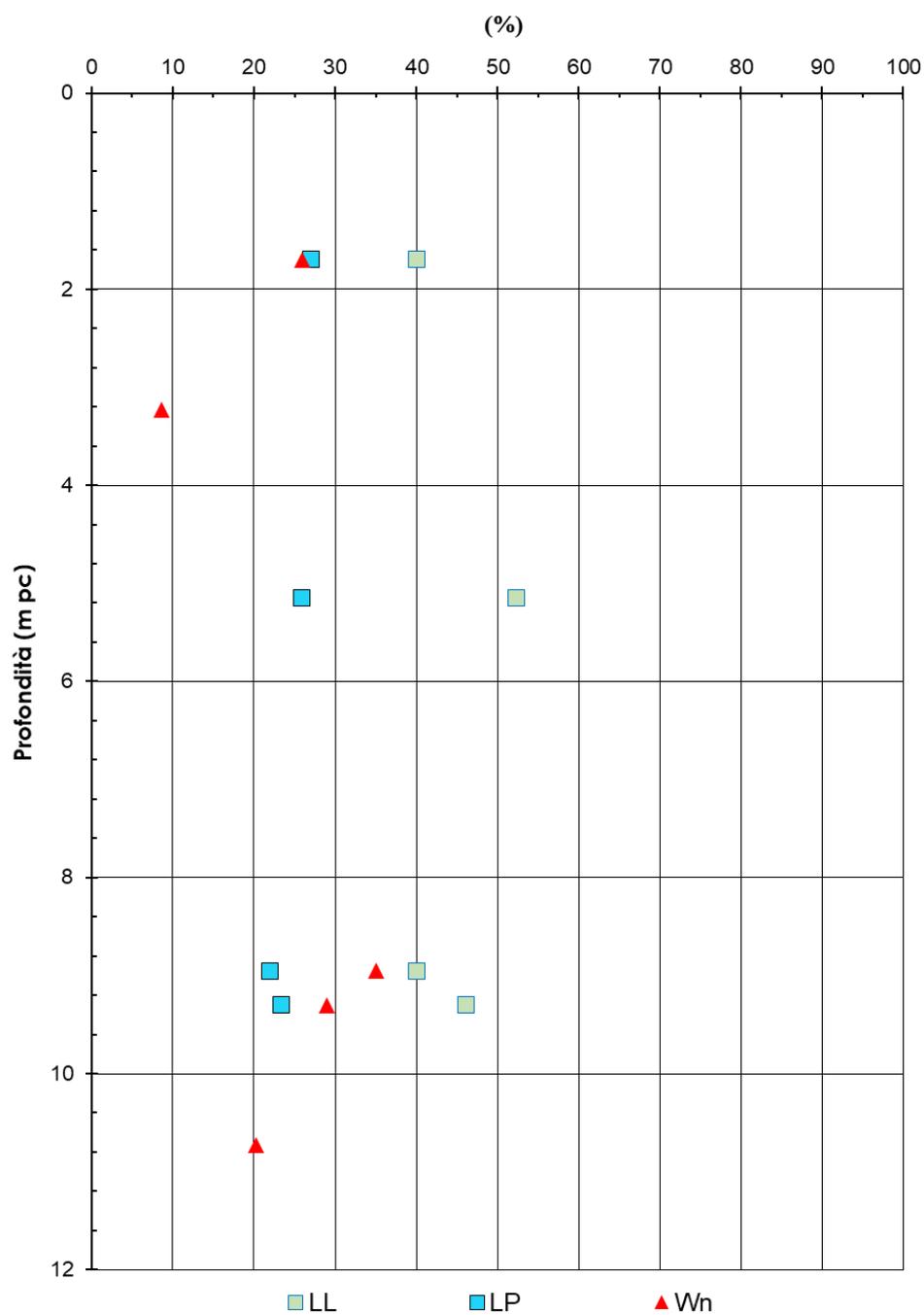


Figura 9 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua naturale dei campioni a grana fine nell'area in esame

Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

21 di 155

AV/AC VERONA VICENZA

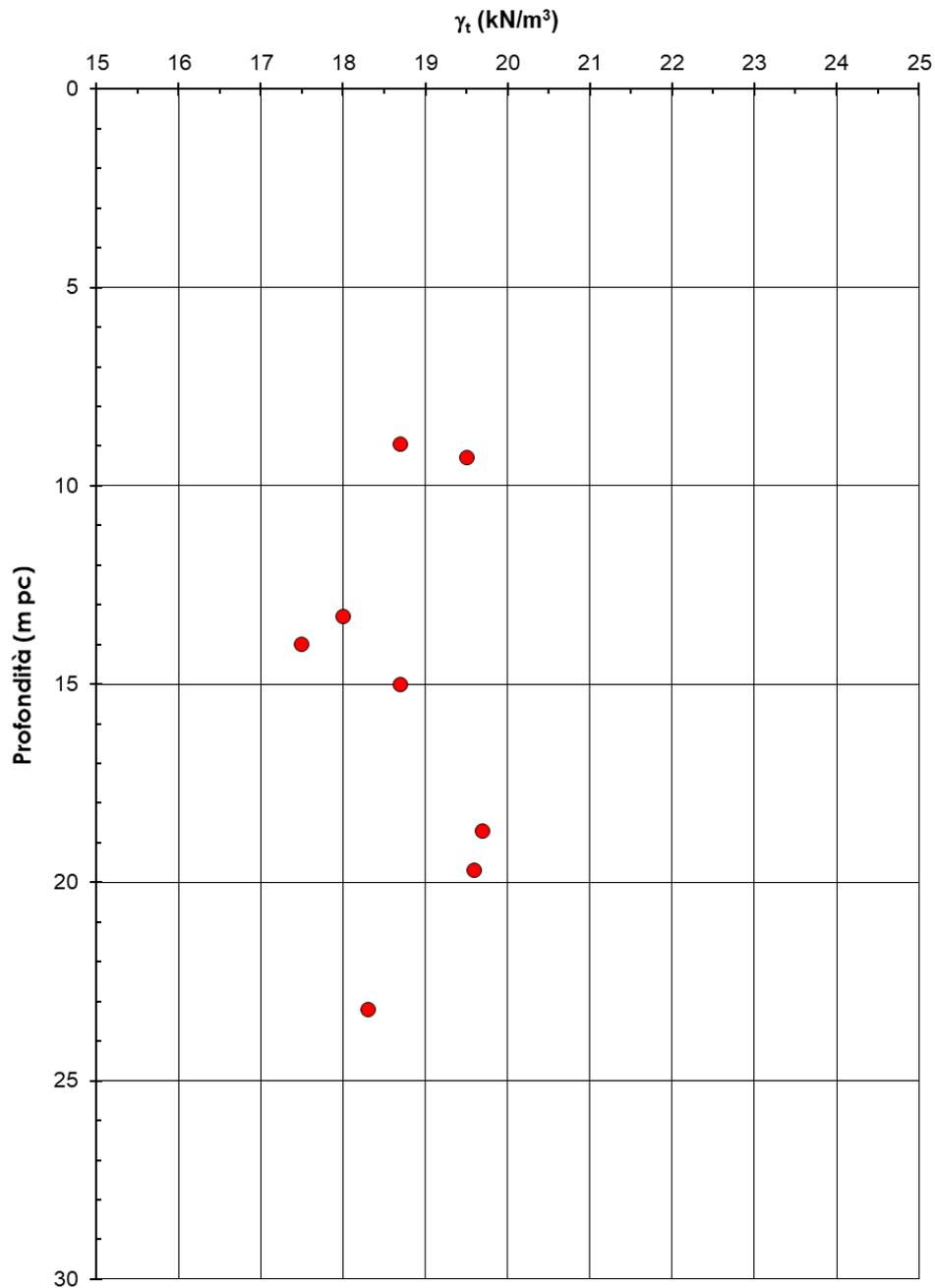


Figura 10 – Peso di volume dei campioni a grana fine nell'area in esame

AV/AC VERONA VICENZA

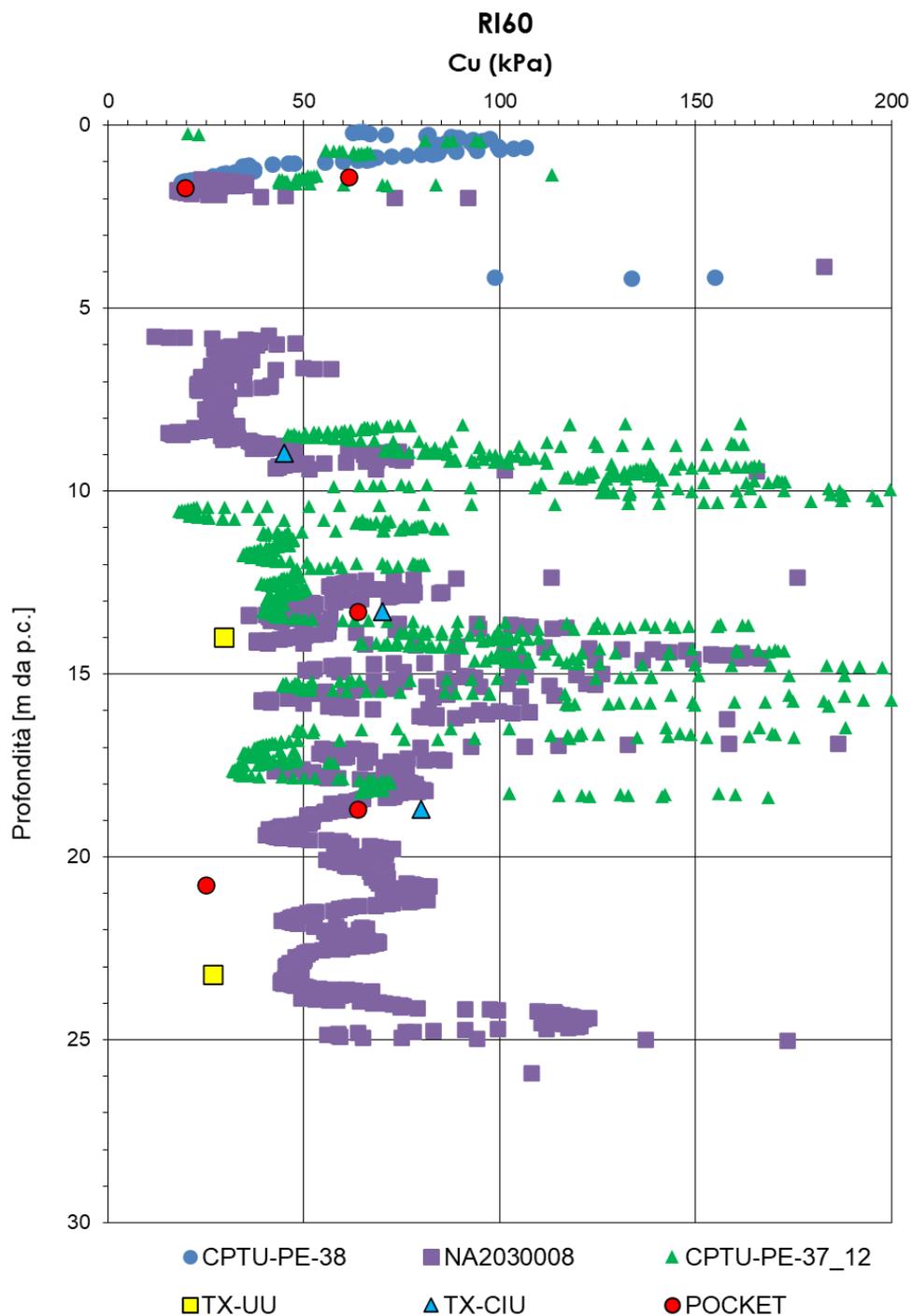


Figura 11 – Resistenza al taglio non drenata da prove in situ e di laboratorio nell'area in esame



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI6000001A

Foglio
23 di 155

AV/AC VERONA VICENZA

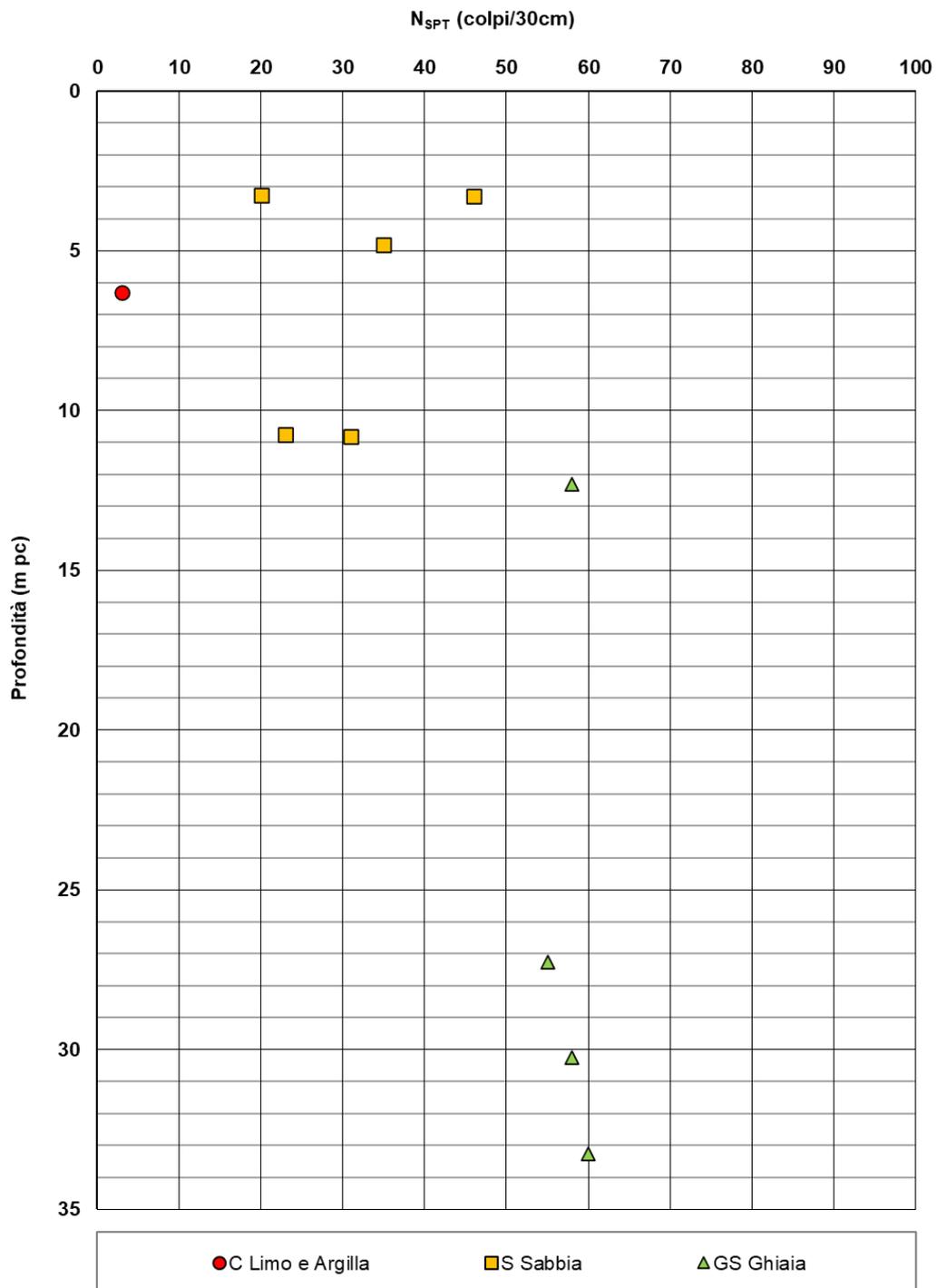


Figura 12 – Esito delle prove SPT nell'area in esame



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

24 di 155

AV/AC VERONA VICENZA

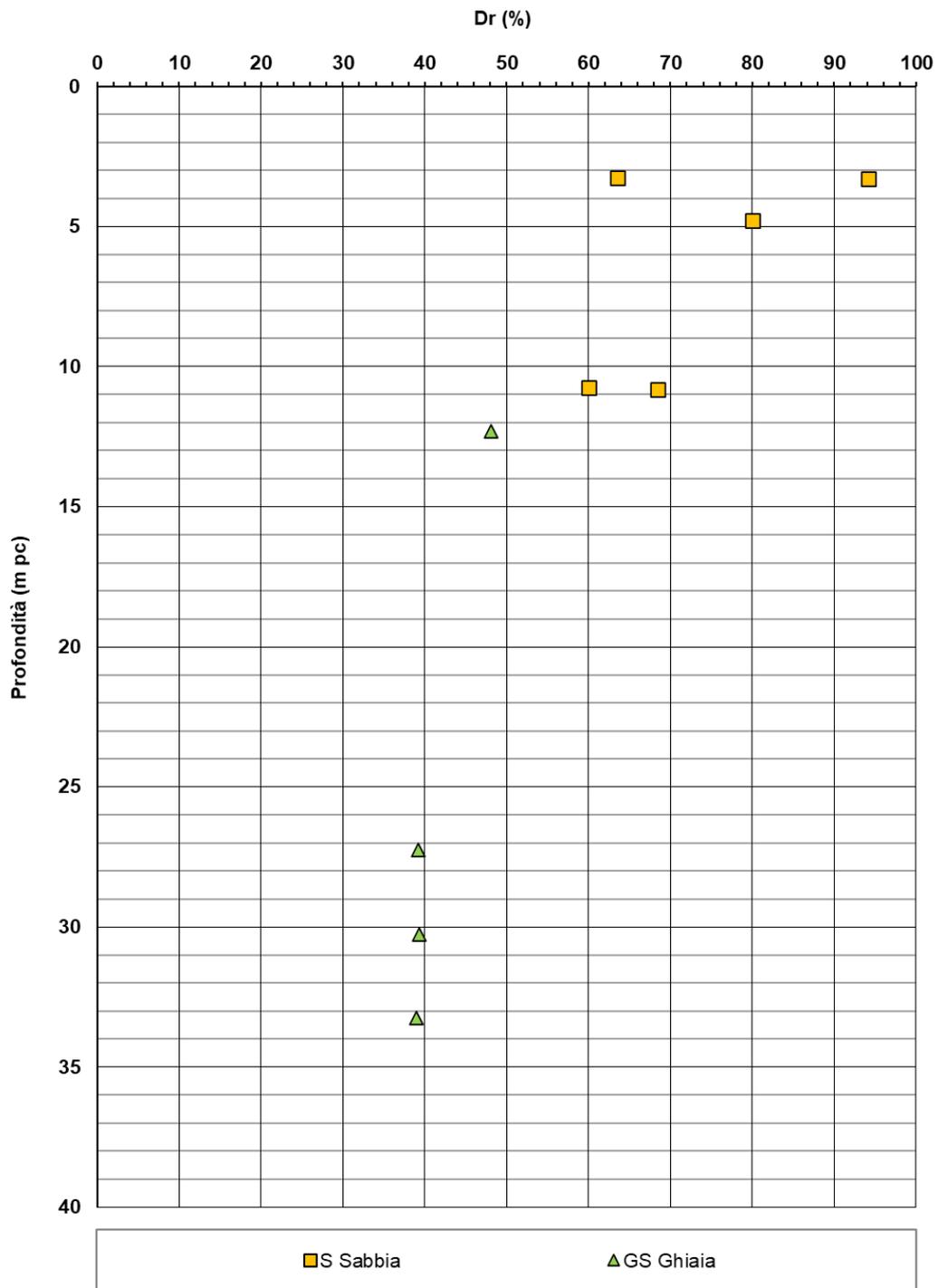


Figura 13 – Densità relativa da prove SPT nell'area in esame

Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

25 di 155

AV/AC VERONA VICENZA

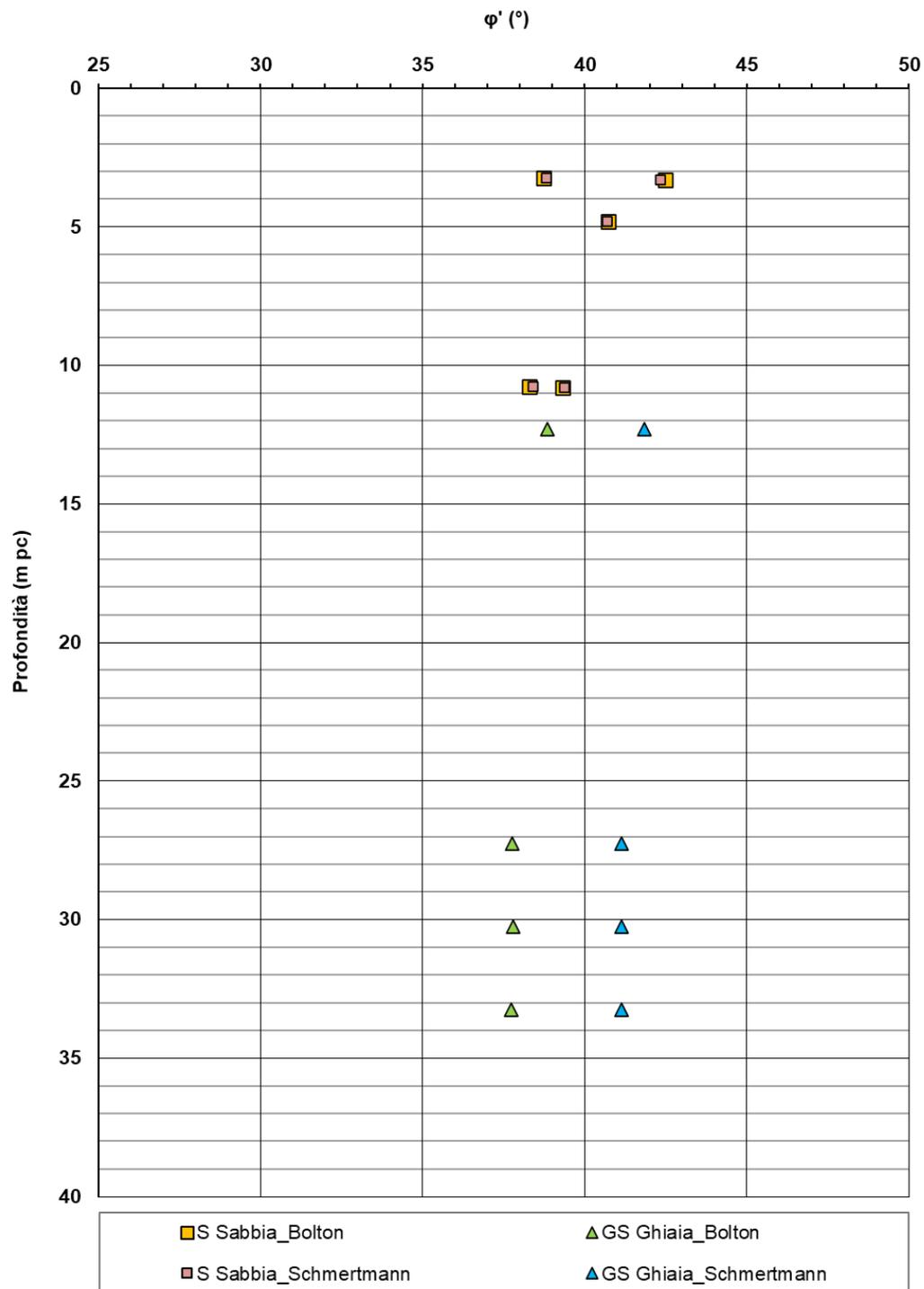


Figura 14 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT nell'area in esame

Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

26 di 155

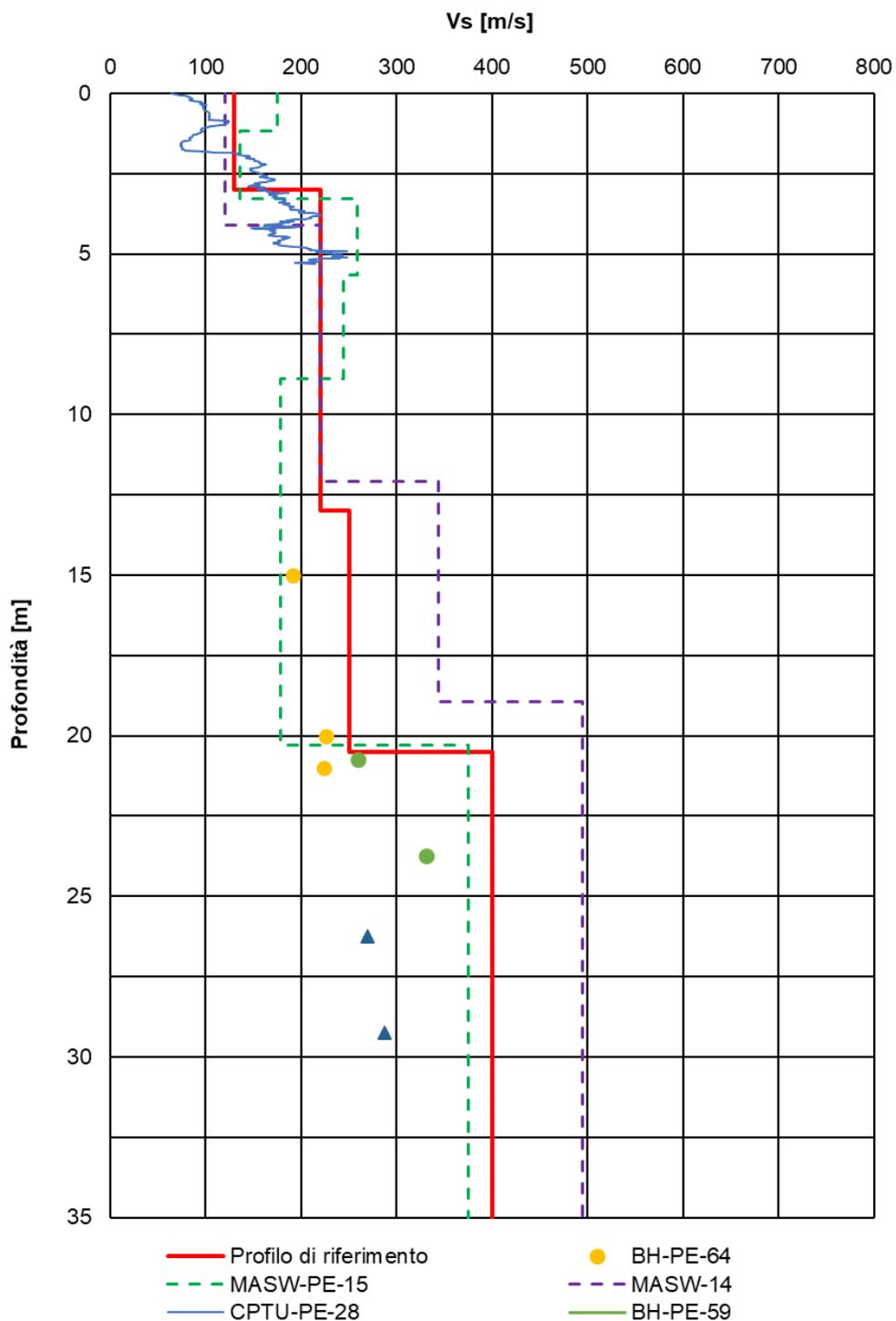


Figura 15 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW nell'area in esame

AV/AC VERONA VICENZA

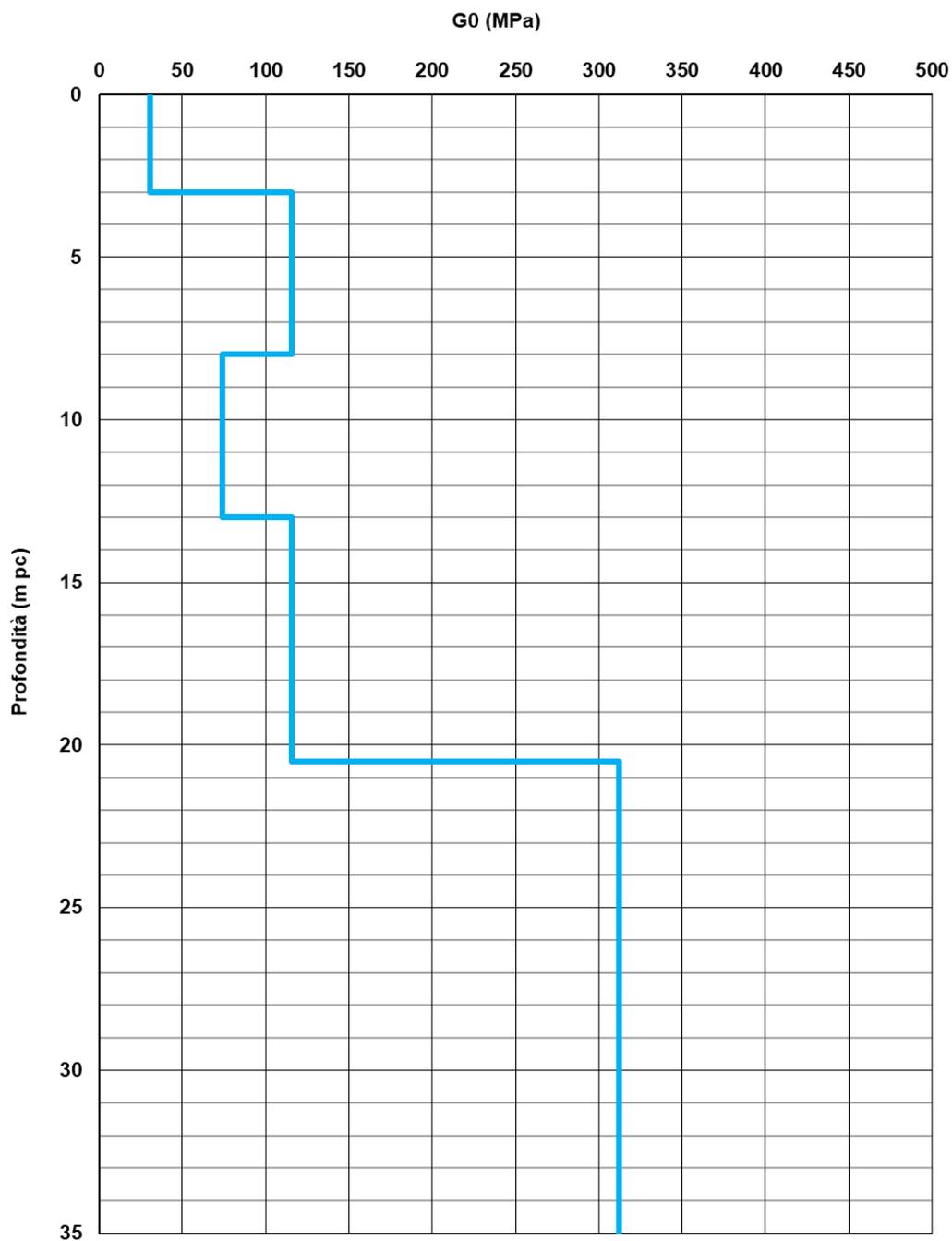


Figura 16 – Modulo di taglio G_0 nell'area in esame

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 28 di 155</p>

4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica generale della tratta (Doc.Rif. [2]), il modello geotecnico considerato per le verifiche del rilevato in questione è riportato in Tabella 3 e Tabella 4 .

Tabella 3 – Modello geotecnico di riferimento da pk 31+633,65 a pk 31+800,00

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	E'_{op} MPa
3b	0	2	18.5	-	-	60	0.015	0.16	1	260	-
4	2	5	19	38	-	-	-	-	-	-	50
3b	5	6	18.5	-	-	50	0.015	0.16	1	220	-
4	6	7.5	19	38	-	-	-	-	-	-	40
3b	7.5	15.5	18.5	-	-	55	0.015	0.16	1	250	-
4	15.5	16.5	19	38	-	-	-	-	-	-	60
3b	16.5	25	18.5	-	-	55-70**	0.015	0.16	1	290	-
6	25	35	19	39	-	-	-	-	-	-	150

Tabella 4 – Modello geotecnico di riferimento da pk 31+800,00 a pk 31+840,00

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	E'_{op} MPa
3b	0	2	18.5	-	-	60	0.015	0.16	1	260	-
4	2	5	19	38	-	-	-	-	-	-	50
3b	5	6	18.5	-	-	50	0.015	0.16	1	220	-
4	6	7.5	19	38	-	-	-	-	-	-	40
3b	7.5	15.5	18.5	-	-	55	0.015	0.16	1	250	-
4	15.5	16.5	19	38	-	-	-	-	-	-	60
3b	16.5	20	18.5	-	-	55-70**	0.015	0.16	1	290	-
6	20	35	19	39	-	-	-	-	-	-	150

* quota piano campagna = 42.0 m s.l.m.

** crescente linearmente con la profondità

Per la falda si fa riferimento a quanto riportato al punto 4.3.

Si noti che il profilo della Tabella 4 prevede unicamente un innalzamento della quota dello strato di ghiaia da 25 a 20 m, lasciando tutte le altre unità sovrastanti inalterate, rispetto alla Tabella 3. Sono stati quindi trascurati i livelli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

29 di 155

sabbiosi e ghiaiosi più superficiali che è lecito attendersi verso la fine della WBS in esame. La stratigrafia è pertanto da considerarsi come ragionevolmente cautelativa.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 30 di 155

4.6 Materiale da rilevato

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

Tabella 5 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

4.7 Misto cementato

Secondo quanto previsto dal Capitolato RFI, il misto cementato sarà costituito da inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N.29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% - 4% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte. La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa. Il modulo di rigidezza a 28gg sarà compreso tra 3 GPa e 8 GPa, in linea con le indicazioni della norma UNI EN 12697 – 26.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI600001A	Foglio 31 di 155

5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

5.1 Sollecitazione sismica di progetto

5.1.1 Vita Nominale

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

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

Tabella 6 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

5.1.2 Classe d'uso

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 32 di 155

Tabella 7 – Valori del coefficiente di uso C_u

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

5.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

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

5.1.4 Categorie di Sottosuolo

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

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

5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 33 di 155

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto (Doc. rif. [14]):

a_g (g) (SLV)	0.212
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.390
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.295

5.2 Suscettibilità alla liquefazione

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

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

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

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

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [4] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni 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 6.0.

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 34 di 155

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

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

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

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 35 di 155

Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per $M = 6.0 - MSF = 2$.

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

5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

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

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 17: 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 17, 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:

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

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

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

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

dove:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 36 di 155

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 l_c sono determinati al termine di una procedura iterativa, ipotizzando in prima istanza $n = 1$. Se l_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 l_c è ancora inferiore a 2.6, i nuovi valori di n e l_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 $l_c \leq 1.64$

$$K_c = 1.0$$

per $l_c > 1.64$

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

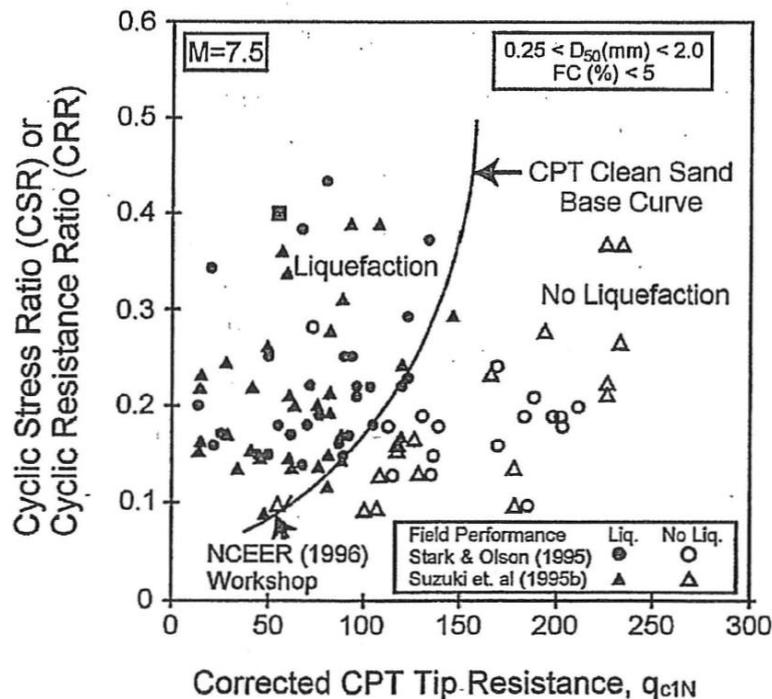


Figura 17 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove SPT si basa sulla relazione riportata in Figura 18, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 18, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti $N_{1(60)}$, ossia i valori sono

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 37 di 155

normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

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

dove:

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

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

in cui P_a è la pressione atmosferica, pari a 100kPa, e 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 18, 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 18 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)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 38 di 155

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

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

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

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

Quando possibile, il contenuto di fini è stato determinato sulla base dei risultati delle rispettive granulometrie ottenute

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 39 di 155</p>

da laboratorio per ogni prova SPT. Nei casi in cui 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):

$$FL = (CRR_{7.5}/CSR) MSF k_s$$

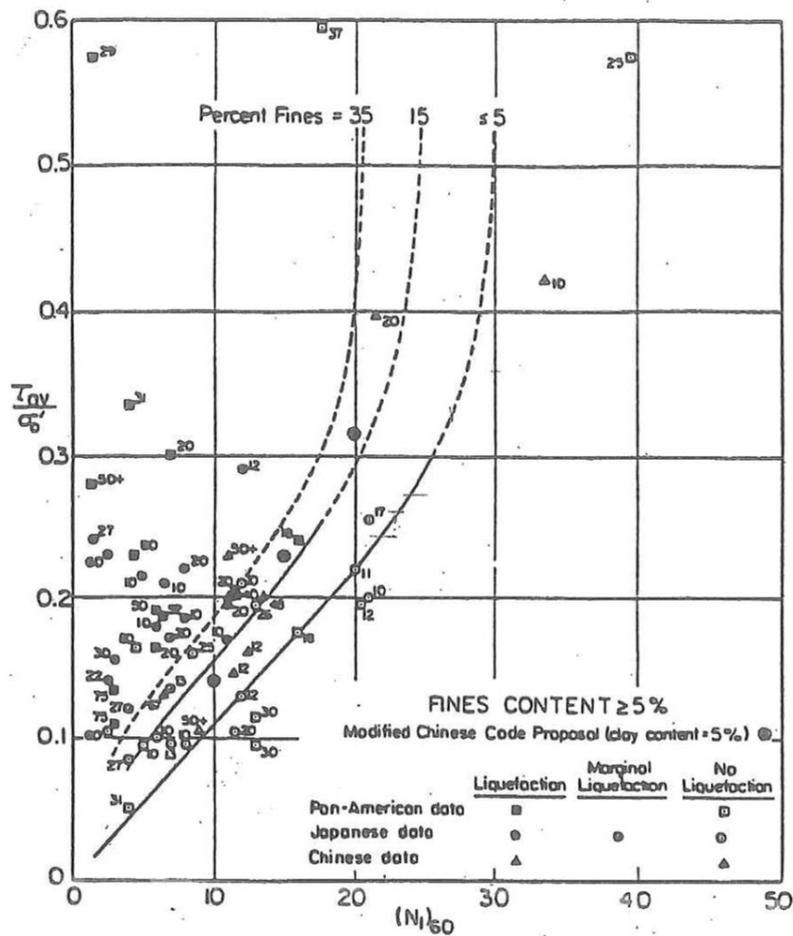


Figura 18 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

5.2.3 Commento ai risultati

I risultati delle analisi di liquefazione delle indagini disponibili sono riportati in Figura 19 e Figura 22 .

Non si rilevano problematiche significative legate a potenziali fenomeni di liquefazione dei terreni di fondazione.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

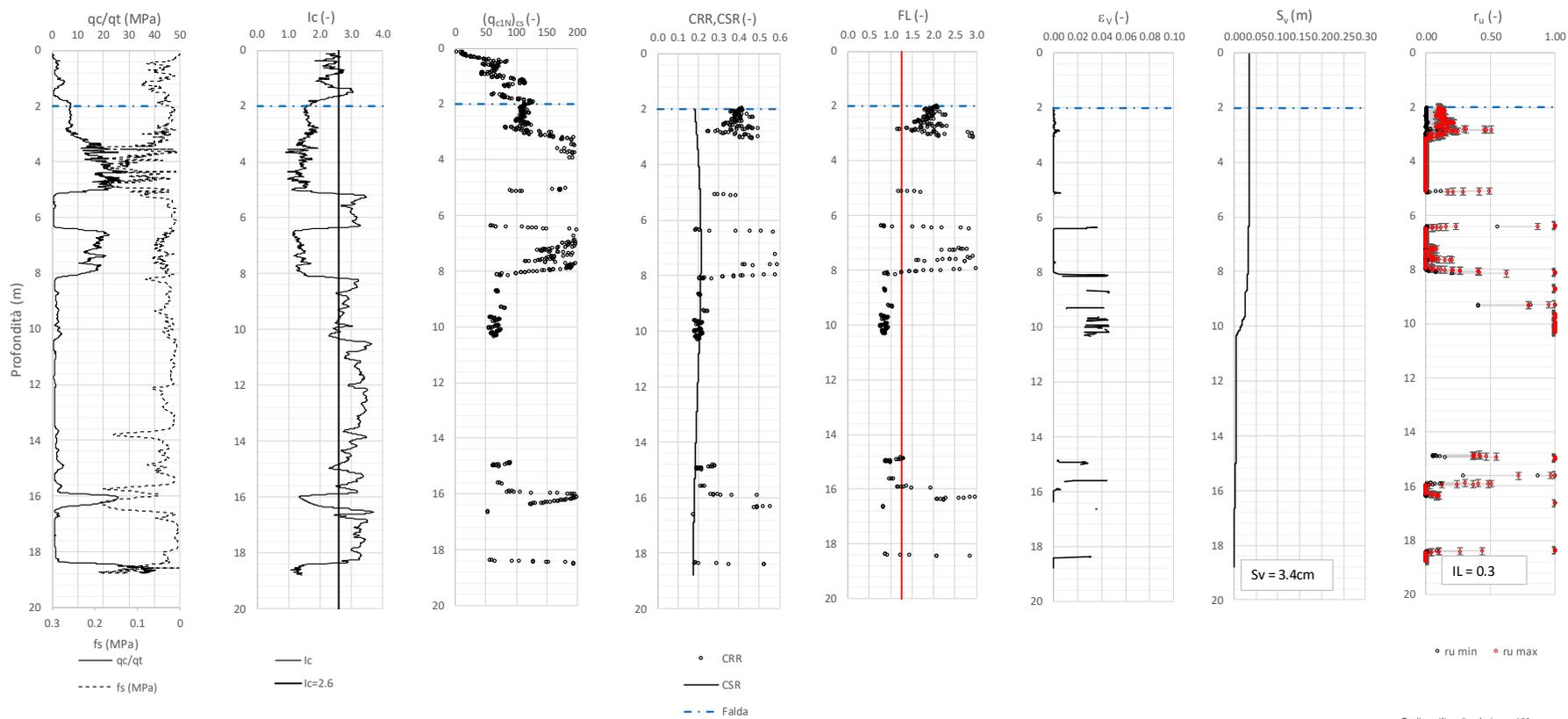
Foglio

40 di 155

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-37/12 Pr. 31+642

$a_{max} = 0.295g$ $M_{calc} = 6.3$ $MSF = 1.85$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001

Altezza rilevato = 5m



Foglio verifica a liquefazione v. 103

Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-37/12



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

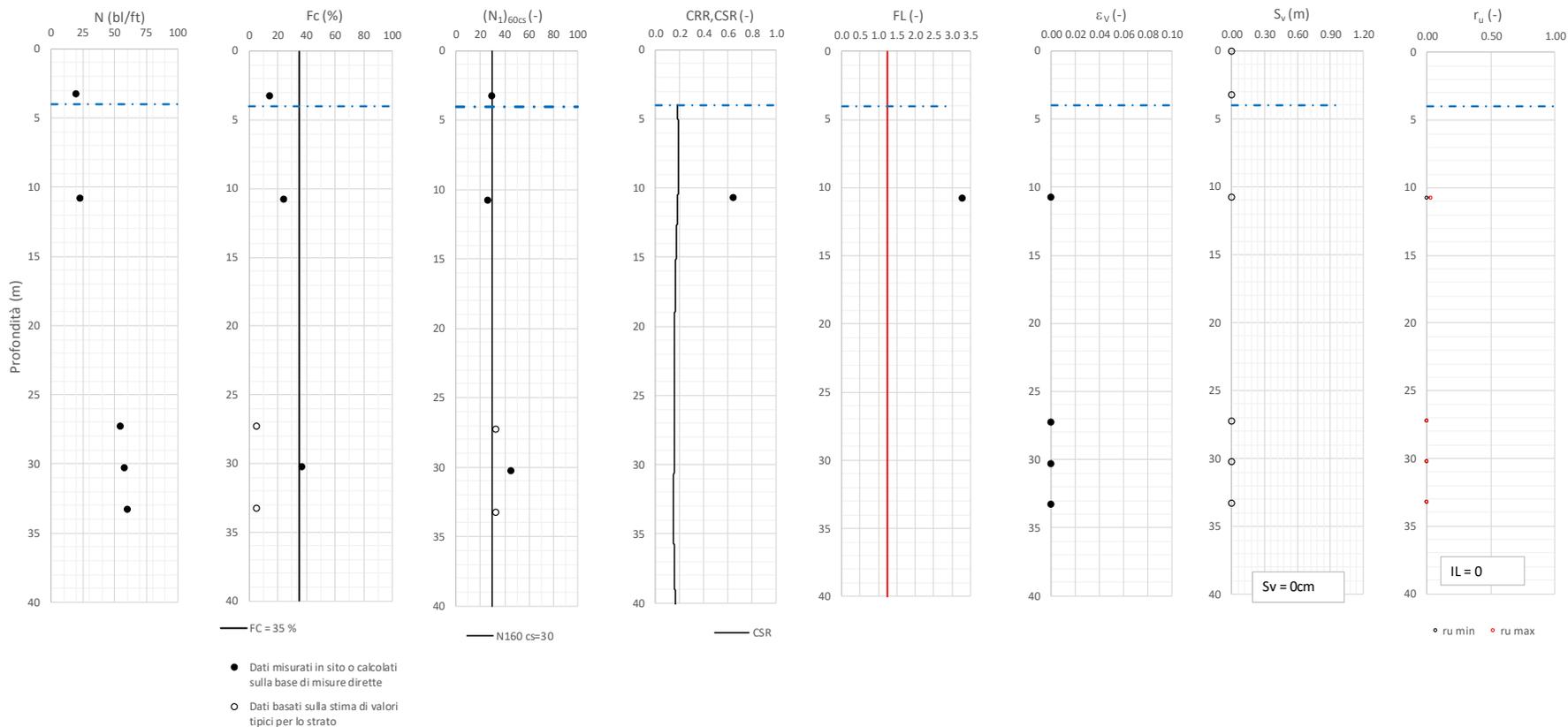
Foglio

41 di 155

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-63 Pr. 31+690

$a_{max} = 0.295g$ $M_{calc} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001

Altezza rilevato = 5m





Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

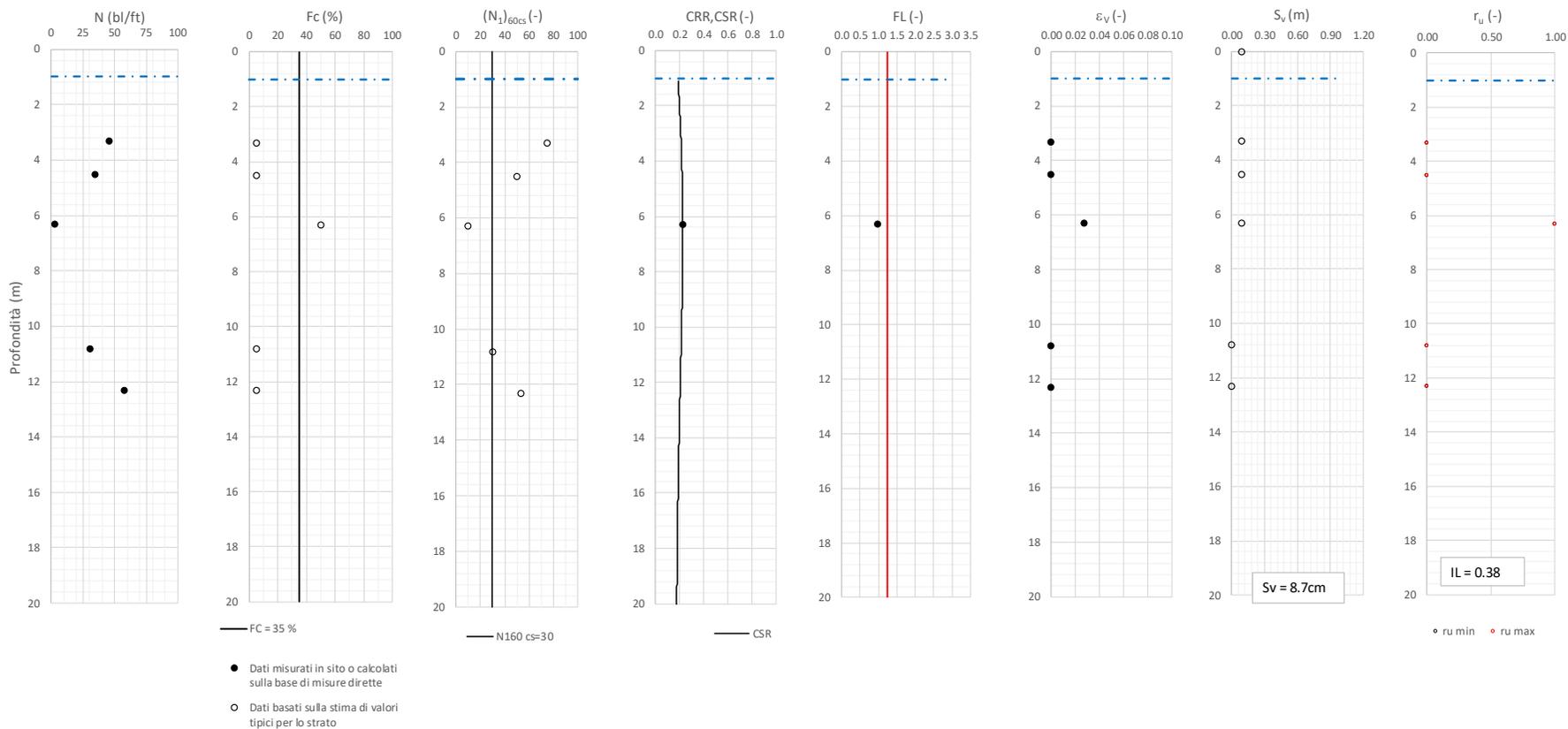
42 di 155

Figura 20 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-63

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova SPC46 Pr. 31+740

$a_{max} = 0.295g$ $M_{calc} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001

Altezza rilevato = 5m





Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

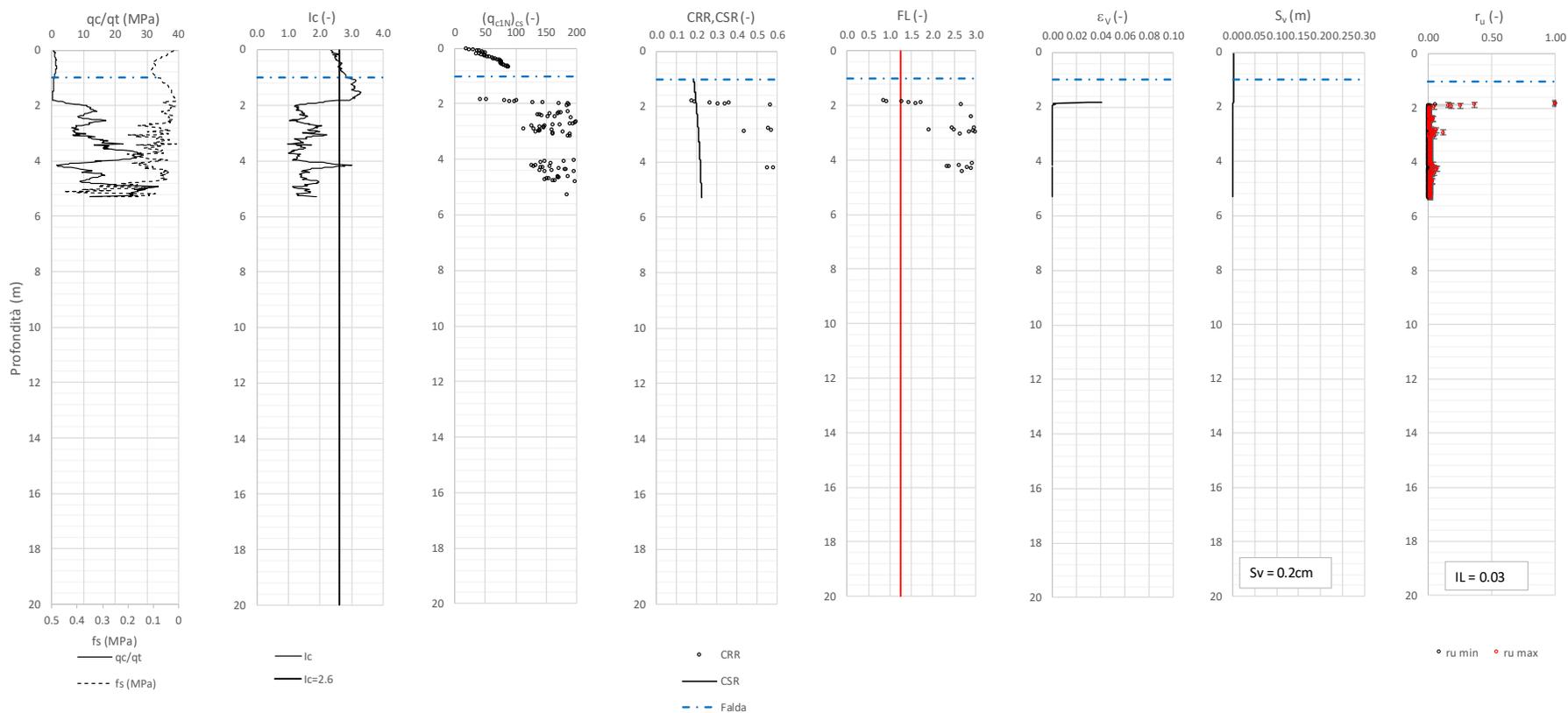
43 di 155

Figura 21 – Verifica Liquefazione da risultati SPT da sondaggio SPC46

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-38 Pr. 31+737

$a_{max} = 0.295g$ $M_{calc} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001

Altezza rilevato = 5m



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 44 di 155</p>

Figura 22 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-38

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 45 di 155

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO

6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

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

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

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

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

dove:

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

R_d valore di progetto della resistenza.

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

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

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

dove:

E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione;

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

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

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

6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

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

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI600001A	Foglio 46 di 155

di progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto $R = R \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_m}; a_d \right]$. La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.

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

Tabella 8 – 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 9 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [14])

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_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 10 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 47 di 155

6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

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

In particolare, successivamente al completamento del piano di posa del ballast e fino alla durata della vita utile dell'opera, i cedimenti residui debbono essere inferiori a 5 cm.

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

Tabella 11 – 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.		

6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche

La stabilità globale in condizioni sismiche e post-sismiche di opere in materiali sciolti, quali rilevati, è stata verificata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione ψ per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [19]).

6.2 Azioni di progetto

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 48 di 155

6.2.1 Azioni permanenti

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

Peso massicciata e armamento 18 kN/m³

Peso elementi in cls 25 kN/m³

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

6.2.2 Azioni variabili

Le azioni variabili sono rappresentate dai carichi da traffico ferroviario, qui determinati sulla base dello schema di carico più gravoso tra quelli previsti dalle NTC 2008, dalle Norme Europee e, conseguentemente, dal Manuale di Progettazione di RFI. In particolare, tale carico tiene conto della diffusione a partire dalla traversa e fino al piano di posa del ballast, secondo le prescrizioni di NTC e MdP. Nello specifico, è stato considerato il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti, ossia LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71), da applicarsi su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m² in totale).

6.2.3 Azione sismica

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

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

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

dove

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (v. Tabella 12)

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

g accelerazione di gravità.

Tabella 12 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[14])

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

Le verifiche vengono condotte con analisi statiche o pseudo-statiche e, in accordo al MDP ITALFERR, il coefficiente di incremento dinamico delle azioni derivanti dal passaggio del treno è assunto pari all'unità.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 49 di 155</p>

6.3 Verifiche e risultati SLU

6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [25]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2) per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali (M2) per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 9 della presente relazione.

Come da NTC 2008 (Doc. Rif. [14]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

La verifica è stata condotta con riferimento alla sezione A riportata in Figura 1, secondo il metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 3.

Si segnala che nella schematizzazione di calcolo è stata trascurata la resistenza al taglio offerta dalle inclusioni rigide. Pertanto, le verifiche sono da considerare come del tutto cautelative.

Sono state eseguite le verifiche di stabilità solo sulla sezione A poiché la sezione B presenta altezze di rilevato minori ed una stratigrafia di calcolo più favorevole (v. Tabella 4).

6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

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

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

In Figura 23, sono riportate le superfici di rottura critiche. Il valore minimo di FS è pari a:

$$F_{S\text{MIN}} (DA1C2) = 1.205 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 50 di 155</p>

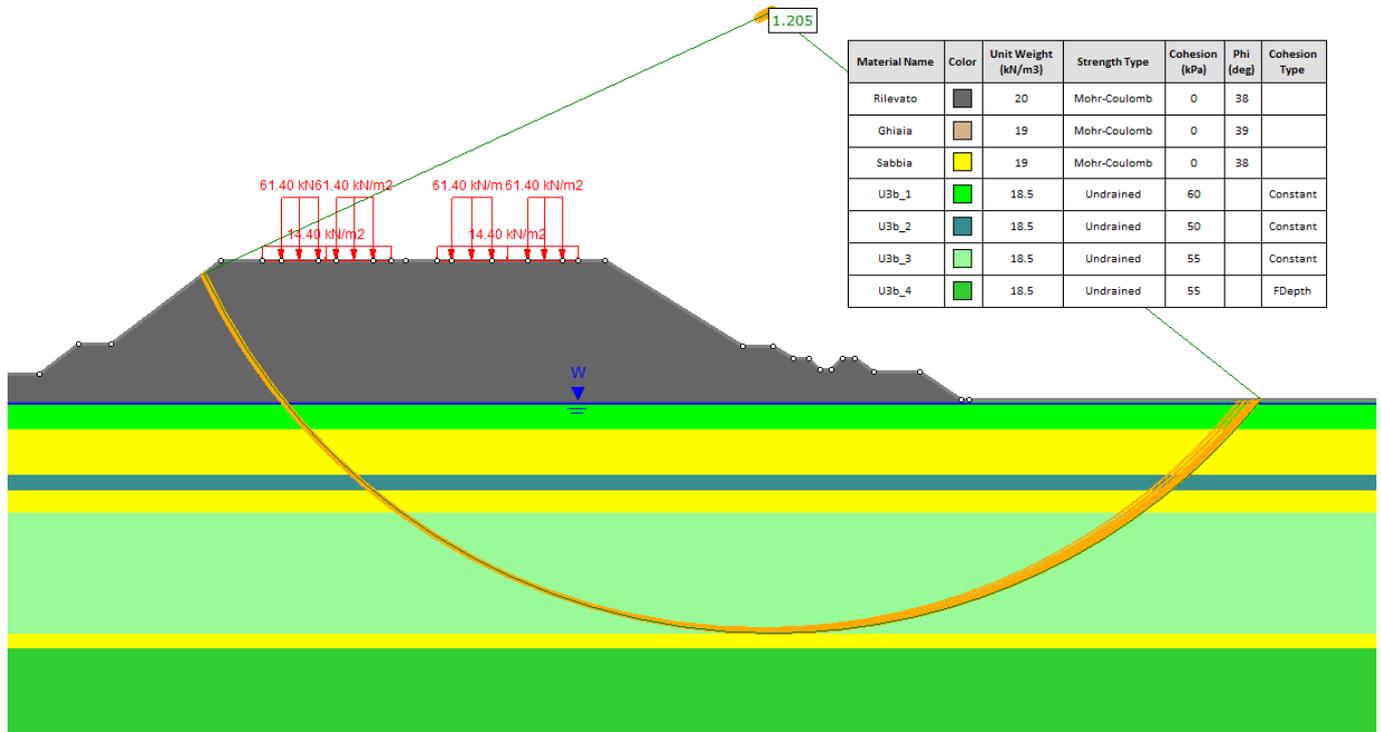


Figura 23 – Rilevato RI60 sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2

6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

$$K_H = + 0.083 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

$$K_V = \pm 0.041 \quad (\text{verificando la più cautelativa tra negativo e positivo})$$

Per quanto riguarda la falda, è stato preso un livello coincidente a p.c., come riportato nel paragrafo 4.3.

Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che interessano la sede ferroviaria.

In Figura 24 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{\text{MIN}} = 1.157 > R_2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

51 di 155

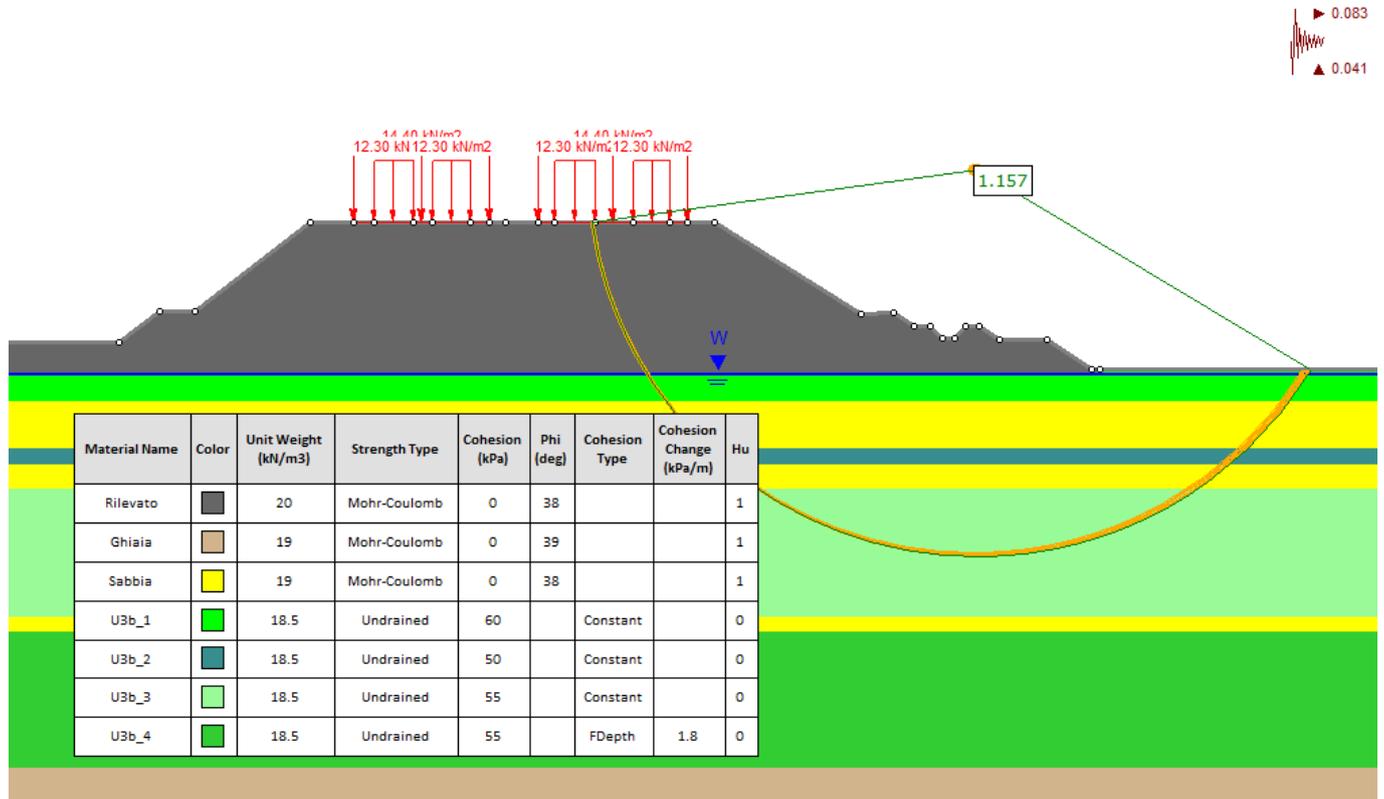


Figura 24 – Rilevato RI60 sezione A - Analisi SLU in campo sismico

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 52 di 155</p>

6.4 Verifica e risultati SLE

6.4.1 Premessa e descrizione concettuale della soluzione

Nonostante l'esito delle verifiche SLU, che indicano che non vi è necessità di trattamenti per soddisfare i criteri di sicurezza, tuttavia la presenza di strati di terreni limoso-argillosi fino a circa 25 m da p.c., aventi caratteristiche di compressibilità medie, causerebbe lo sviluppo di cedimenti non accettabili, né per il costruendo rilevato della linea AV, né per i cedimenti indotti sulla LS. Calcoli qui non riportati indicano che i cedimenti attesi in assenza di trattamenti sono dell'ordine dei 30 cm sull'asse del rilevato della linea nuova, e che i cedimenti indotti sul rilevato della LS sarebbero dell'ordine dei 15 cm almeno, con cedimenti differenziali fra i binari non accettabili.

Pertanto, al fine di contenere i cedimenti entro i limiti di tolleranza previsti, si prevede l'installazione di inclusioni rigide in calcestruzzo gettato in opera, disposte secondo lo schema riportato nelle tavole allegate.

Relativamente alla disposizione planimetrica, alla lunghezza delle inclusioni e al dettaglio della soluzione, si segnala quanto segue:

- La ripartizione del carico del rilevato sui due allineamenti delle inclusioni con la quota di testa più bassa (quelle poste verso l'esterno del nuovo rilevato) viene assicurata dalla presenza di uno strato di misto cementato dello spessore di 80 cm;
- La terza fila di allineamenti, disposta verso il rilevato della LS, ha principalmente la funzione di limitare i cedimenti indotti sulla linea esistente. Sulla base di studi effettuati, la sua efficacia a tale scopo è tanto maggiore quanto più l'allineamento è spostato verso il rilevato della LS.
- Si è considerato tuttavia che la posizione di queste inclusioni non potesse essere troppo a ridosso della LS stessa, in quanto l'esecuzione di una trivellazione del diametro 1200/1000mm può comunque indurre vibrazioni e spostamenti indesiderati nel terreno circostante. Si è quindi deciso di mantenere tale allineamento ad una distanza di 1.5 m dalla base del rilevato esistente, verso l'interno dello stesso.
- Per le inclusioni rigide posizionate lungo tale allineamento, si utilizzeranno cappellotti prefabbricati quadrati in calcestruzzo di lato 2.5 m
- Relativamente alla lunghezza delle inclusioni, si è tenuto conto della opportunità, laddove possibile, di evitare di immorsarsi nella formazione ghiaiosa di base, sede di una falda in pressione. Questo è stato possibile per le due file di interventi poste verso l'esterno della sezione, in quanto i cedimenti nell'area del nuovo rilevato sono comunque contenuti. Per l'allineamento di inclusioni verso la LS, si è invece considerato necessario immorsare i pali nella ghiaia, al fine di contenere i cedimenti assoluti e differenziali nei limiti prescritti.

La geometria è quella anticipata al punto 3.3, per una descrizione dettagliata riguardo i materiali e le lunghezze delle inclusioni si faccia riferimento alle tavole di progetto.

Considerata la preminente funzione delle colonne a sopportare carichi verticali (riduzione dei cedimenti), e il soddisfacimento delle verifiche SLU anche in assenza di trattamenti, non si ritiene necessario prevedere una armatura delle inclusioni rigide.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 53 di 155

6.4.2 Metodologia di calcolo

Considerata la complessità della soluzione adottata, la determinazione del campo di spostamenti e delle azioni agenti sugli elementi costituenti l'opera è stata svolta mediante analisi agli elementi finiti utilizzando il codice di calcolo Plaxis (Doc. Rif. [26]). 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 4, 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), situati in profondità e 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 al punto 4.5.

Per i depositi coesivi è stato impiegato il modello costitutivo denominato Hardening Soil (HS) Model, appartenente 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 4). 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 tra 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.

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:

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 54 di 155

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

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 (si faccia riferimento al Manuale di Plaxis);
- p' sforzo medio;
- p_p sforzo di pre-consolidazione isotropa;
- p_{ref} sforzo di riferimento;
- ε^{Pv} 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.

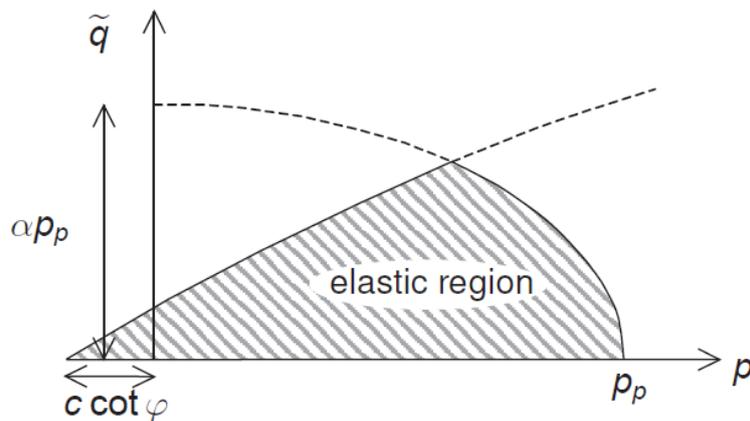


Figura 25 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano $q-p'$

La definizione del modello costitutivo richiede quindi la determinazione dei seguenti parametri geotecnici, per i quali si rimanda alla Tabella 3: e_0 , CR, RR, c_u . Per maggiori dettagli si rimanda al Manuale di Plaxis.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 55 di 155</p>

Le analisi sono state condotte per mezzo di fasi di consolidazione per tenere conto dell'effettiva risposta del terreno nel corso della costruzione e con riferimento alle fasi descritte nel capitolo che segue.

Considerata la natura dei terreni rinvenuti, e tenendo conto delle intercalazioni sabbiose, per i terreni della formazione 3b si è assunto un valore di permeabilità pari a 10^{-7} m/s.

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 1000 mm e 1200 mm ed aventi rigidità pari a quella del calcestruzzo. 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 sono state inserite nel modello con una disposizione a quinconce, le file più alte sono sormontate da un cappellotto in cemento e le file più basse collegate in testa con uno strato di misto cementato (v. par 3.3). Quest'ultimo è stato rappresentato con dei cluster il cui comportamento è stato descritto con un modello costitutivo elastico lineare (come fatto per il ballast) e modulo di rigidità conservativamente posto pari a 2 GPa (v. capitolo 4.7). Anche i cappellotti sono stati rappresentati per mezzo di cluster di dimensioni 2.5x2.5x0.6 m a comportamento elastico lineare e con le proprietà meccaniche del calcestruzzo.

6.4.3 Schematizzazione e risultati

Il modello di calcolo è riportato in Figura 26. La geometria è quella anticipata al punto 3.3, per una descrizione dettagliata si faccia riferimento alle tavole di progetto.

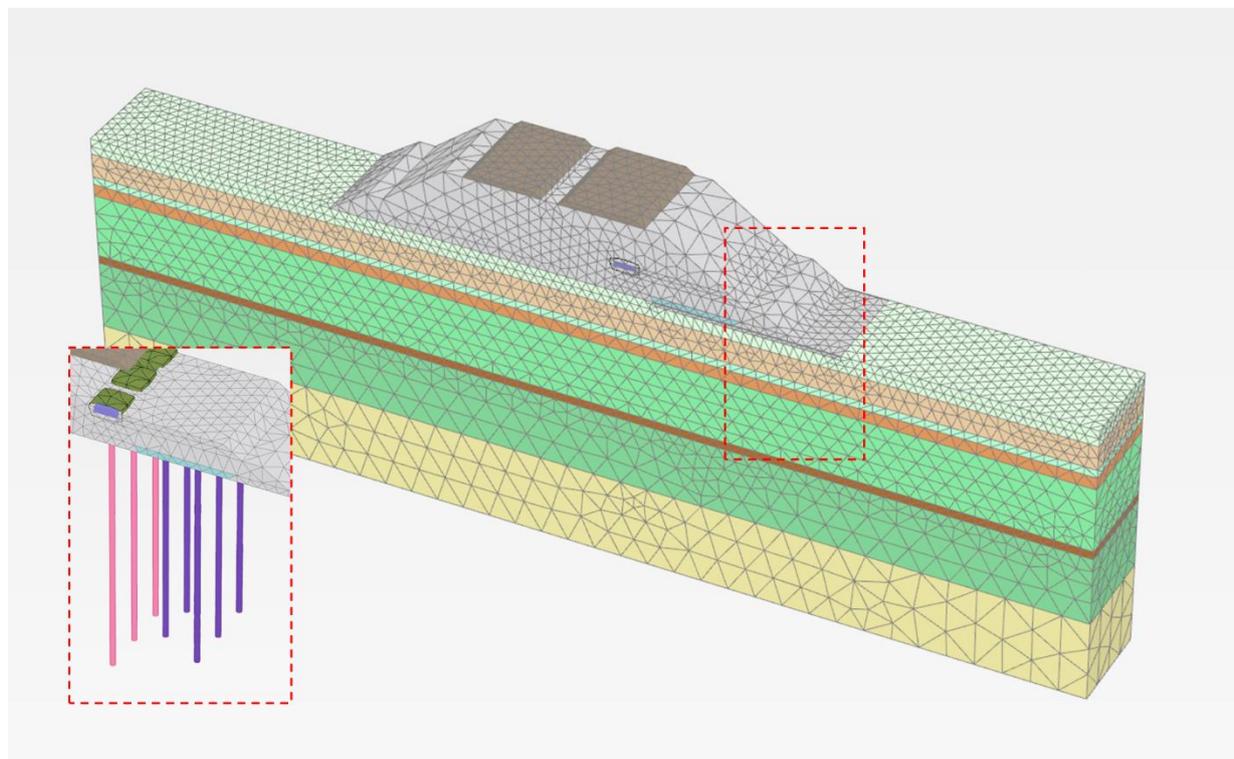


Figura 26 – RI60 sezione A: modello agli elementi finiti

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 56 di 155</p>

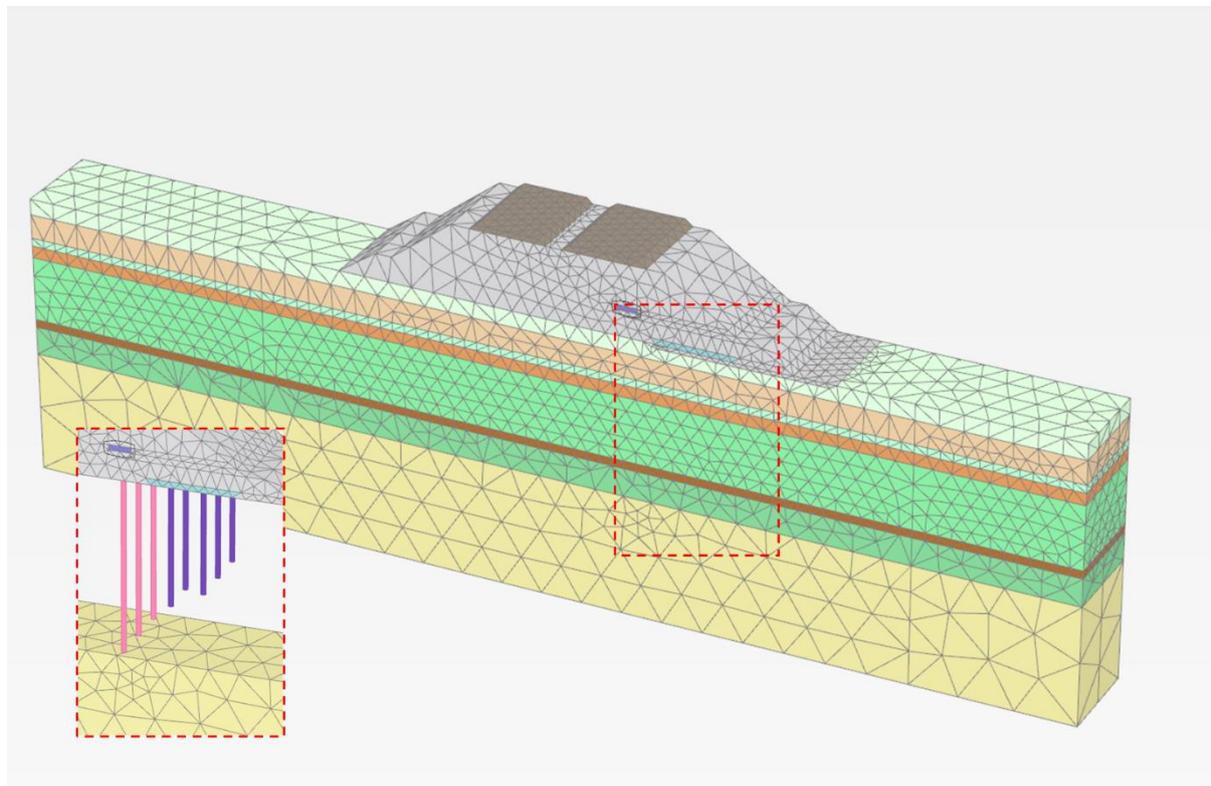


Figura 27 – RI60 sezione B: modello agli elementi finiti

L'analisi numerica è stata condotta con riferimento alla sequenza costruttiva prevista per i rilevati ferroviari in presenza di consolidamenti:

- Fase 1: inizializzazione degli sforzi;
- Fase 2: posa e costruzione del rilevato linea storica: ricostruita la storia tensionale del sito;
- Fase 3: scotico e preparazione piano di lavoro;
- Fase 4: posa e costruzione dei pali, file B e C e del misto cementato;
- Fase 5: posa e costruzione della fila di pali A con i cappellotti di cemento. La realizzazione dei pali di questo allineamento potrebbe richiedere la costruzione di un rilevato provvisorio alto 1 m al di sopra del p.c. esistente e largo circa 4 m. Nell'analisi di cedimento tale eventualità è stata tenuta cautelativamente in conto.
- Fase 6: completamento del rilevato;
- Fase 7: lavorazioni e realizzazione impianti (nessun carico applicato, solo consolidazione);
- Fase 8: posa in opera del ballast e dell'armamento ferroviario;
- Fase 9: consolidazione finale.

Queste fasi sono illustrate in Figura 28, per tutti i dettagli si rimanda all'ALLEGATO 5.

L'analisi è stata condotta considerando anche lo sviluppo dei cedimenti durante le varie fasi di lavorazione, e svolgendo l'analisi in modo accoppiato, così da considerare l'effetto della consolidazione nel tempo.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

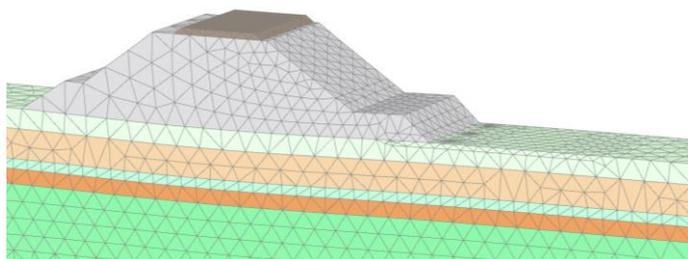
Foglio

IN17

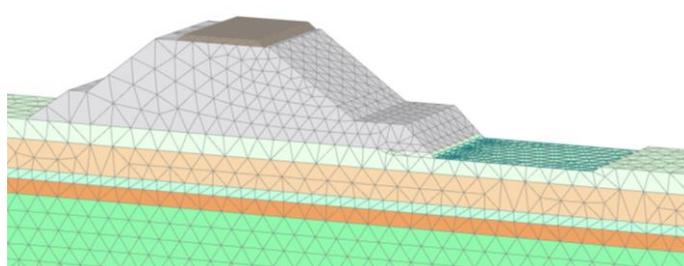
12

EI2RBRI6000001A

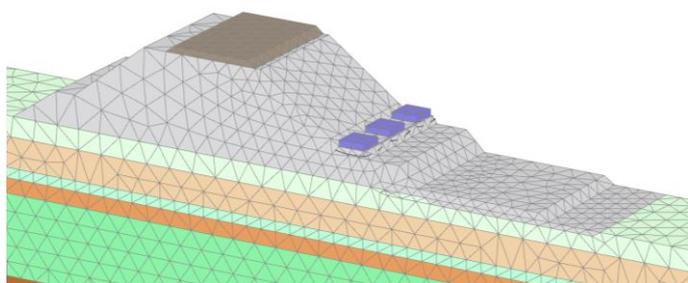
57 di 155



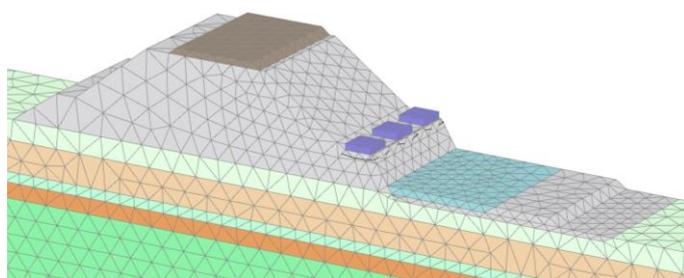
Fase 2



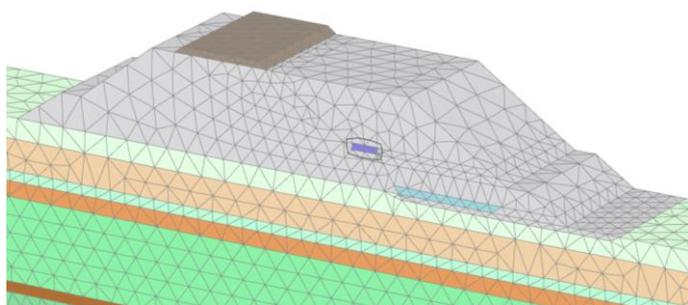
Fase 3



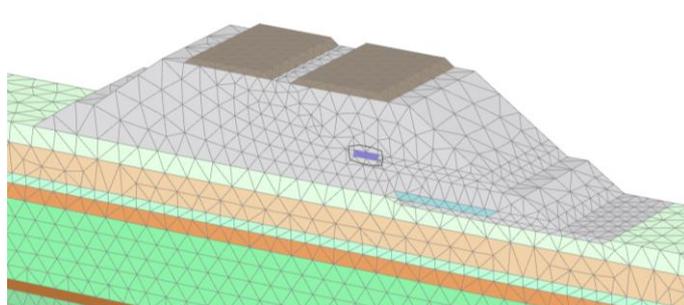
Fase 4



Fase 5



Fase 6 e Fase 7



Fase 8 e Fase 9

Figura 28 – RI60: fasi della modellazione a elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 58 di 155

6.4.3.1 Risultati sezione A

I risultati dell'analisi sono riportati in Figura 29 e Figura 30 (a e b).

Si evidenzia quanto segue:

- Sotto il rilevato AV, i cedimenti assoluti, a fine consolidazione, risultano compresi tra 8 e 11 cm, come mostrato nella Figura 29.
- I cedimenti residui della linea AV, a far data dal completamento del piano di posa del ballast, sono inferiori a 5 cm. In particolare, come illustrato in Figura 30-a) il cedimento residuo è inferiore a 1cm
- In relazione ai binari della Linea Storica, la Figura 30-b) mostra, per il binario più vicino alla linea AV, un cedimento totale atteso di circa 6 cm ed un differenziale sulle rotaie di circa 7 mm.

Tenendo conto che:

- I cedimenti totali sono estremamente contenuti. Tenendo conto dello spessore di stratto compressibile (circa 30 m), questo significa che il materiale si muove principalmente nel campo delle piccole deformazioni, con sviluppo quindi di sovrappressioni interstiziali di trascurabile entità
- Tenuto conto della geometria del problema (aree di carico di estensione inferiore allo spessore del materiale compressibile), eventuali gradienti di sovrappressione interstiziale saranno soprattutto in direzione orizzontale, ove la dissipazione di queste sovrappressioni trova agevoli percorsi di drenaggio dovute alla presenza di fitte intercalazioni sabbiose.

Se ne conclude che i cedimenti calcolati saranno praticamente contestuali all'applicazione del carico, come anche i risultati dell'analisi confermano.

Sulla base di quanto sopra, i cedimenti secondari sono da considerarsi dell'ordine di qualche millimetro, e quindi tali da non modificare l'accettabilità dei risultati ottenuti.

I valori di cedimento assoluto in fase di esercizio della linea AV in progetto, e di cedimento differenziale tra rotaie della linea storica sono inferiori ai limiti tollerabili.

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

Ri60: Cedimenti durante/dopo costruzione linea AV (presi a base rilevato)

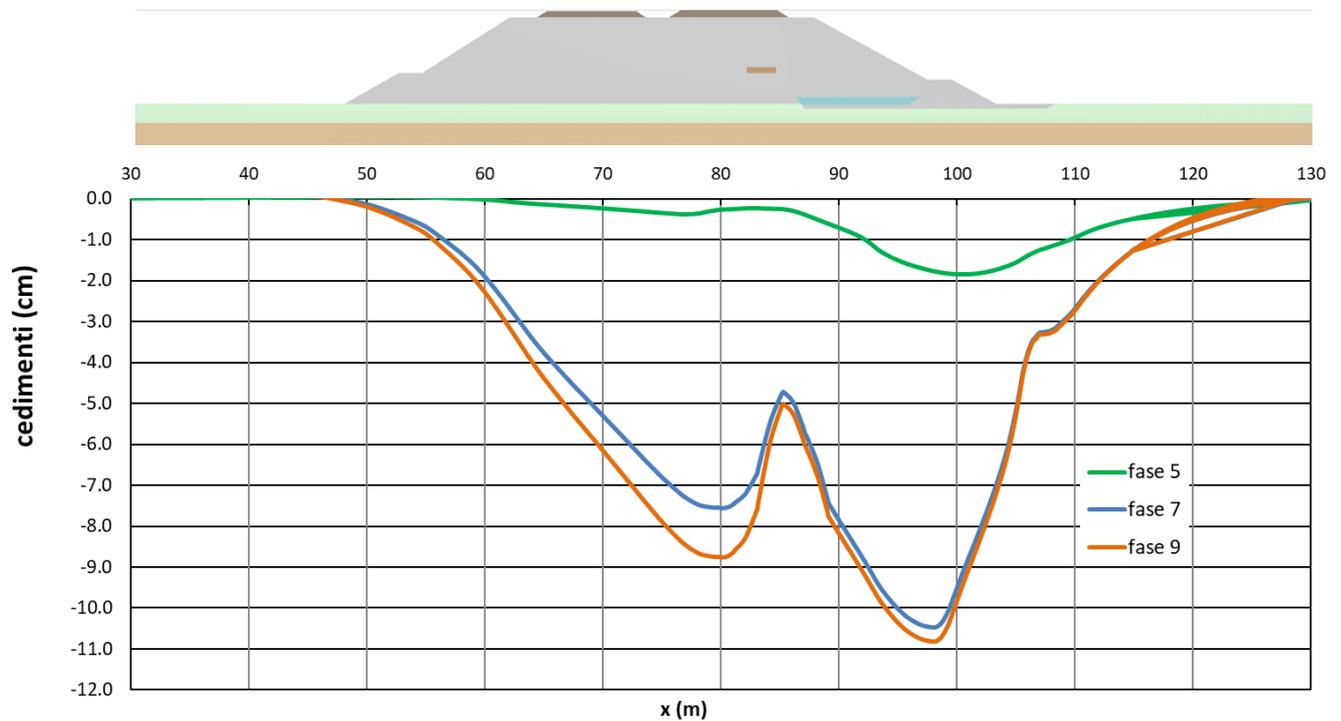
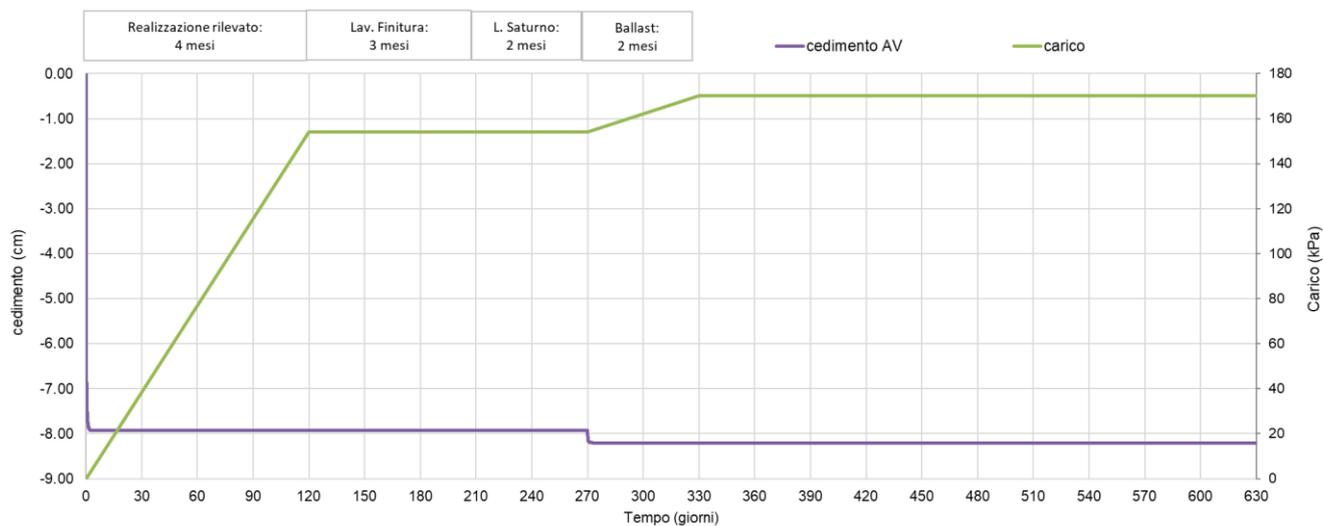


Figura 29 – Ri60 sezione A: Cedimenti a p.c. durante e alla fine della costruzione del rilevato ferroviario AV

Ri60: cedimenti del rilevato AV durante e dopo la costruzione

a) cedimenti presi a piano campagna, al centro del rilevato AV

Ri60: cedimenti sui binari LS durante e dopo la costruzione nuovo rilevato AV

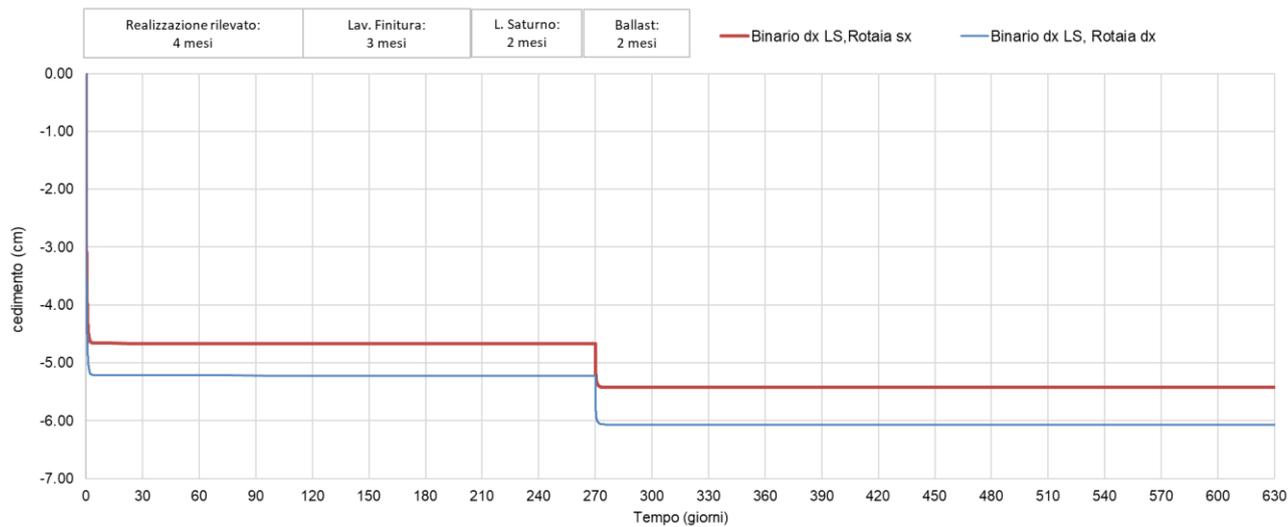
b) cedimenti presi a quota ballast, considerando il binario LS più vicino al nuovo rilevato AV

Figura 30 – Ri60 sezione A: andamento dei cedimenti nel tempo dopo/durante la costruzione del rilevato AV

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 61 di 155</p>

6.4.3.2 Risultati sezione B

I risultati dell'analisi sono riportati in Figura 31 e Figura 32 (a e b).

Si evidenzia quanto segue:

- Sotto il rilevato AV, i cedimenti assoluti, a fine consolidazione, risultano compresi tra 8 e 11 cm, come mostrato nella Figura 29.
- I cedimenti residui della linea AV, a far data dal completamento del piano di posa del ballast, sono inferiori a 5 cm. In particolare, come illustrato in Figura 32-a) il cedimento residuo è inferiore a 1cm
- In relazione ai binari della Linea Storica, la Figura 32-b) mostra, per il binario più vicino alla linea AV, un cedimento totale atteso di circa 7 cm ed un differenziale sulle rotaie di circa 9-10 mm.

Tenendo conto che:

- I cedimenti totali sono estremamente contenuti. Tenendo conto dello spessore di stratto compressibile (circa 30 m), questo significa che il materiale si muove principalmente nel campo delle piccole deformazioni, con sviluppo quindi di sovrappressioni interstiziali di trascurabile entità
- Tenuto conto della geometria del problema (aree di carico di estensione inferiore allo spessore del materiale compressibile), eventuali gradienti di sovrappressione interstiziale saranno soprattutto in direzione orizzontale, ove la dissipazione di queste sovrappressioni trova agevoli percorsi di drenaggio dovute alla presenza di fitte intercalazioni sabbiose.

Se ne conclude che i cedimenti calcolati saranno praticamente contestuali all'applicazione del carico, come anche i risultati dell'analisi confermano.

Sulla base di quanto sopra, i cedimenti secondari sono da considerarsi dell'ordine di qualche millimetro, e quindi tali da non modificare l'accettabilità dei risultati ottenuti.

I valori di cedimento assoluto in fase di esercizio della linea AV in progetto, e di cedimento differenziale tra rotaie della linea storica sono inferiori ai limiti tollerabili.

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

62 di 155

Ri60: Cedimenti durante/dopo costruzione linea AV (presi a base rilevato)

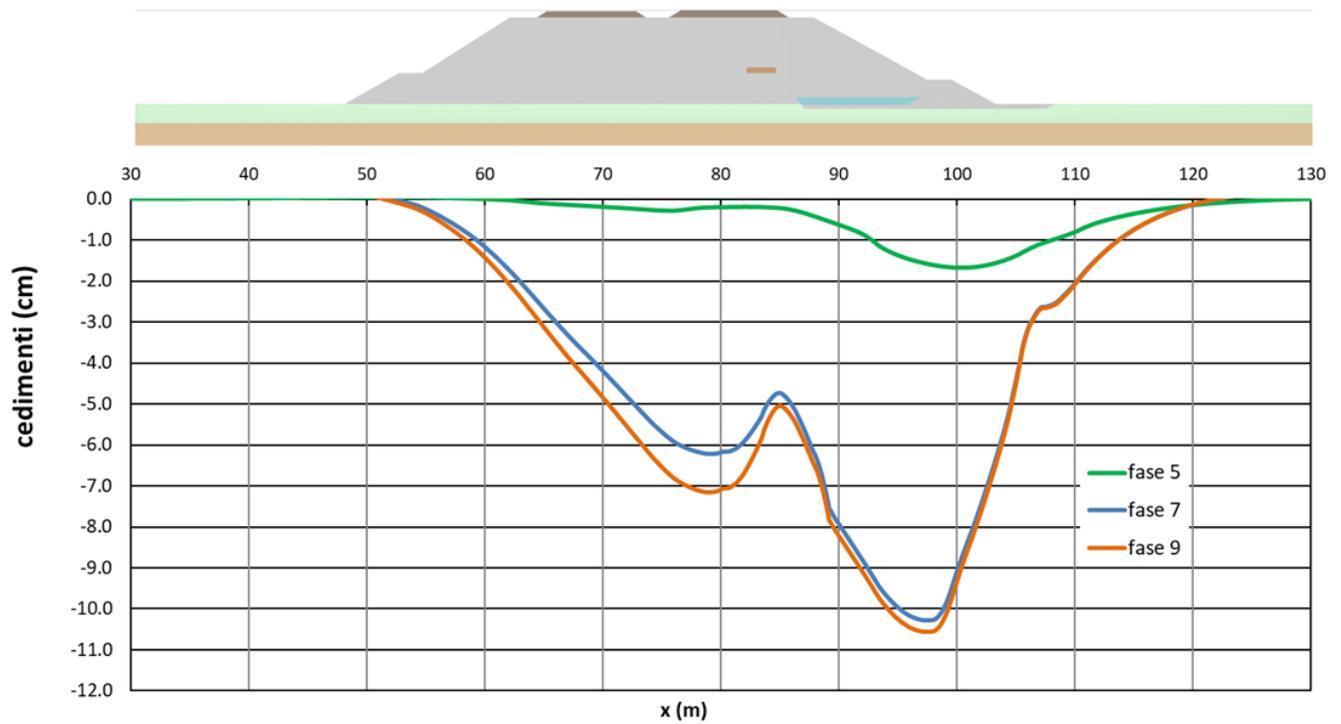


Figura 31 – Ri60 sezione B: Cedimenti a p.c. durante e alla fine della costruzione del rilevato ferroviario AV

Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

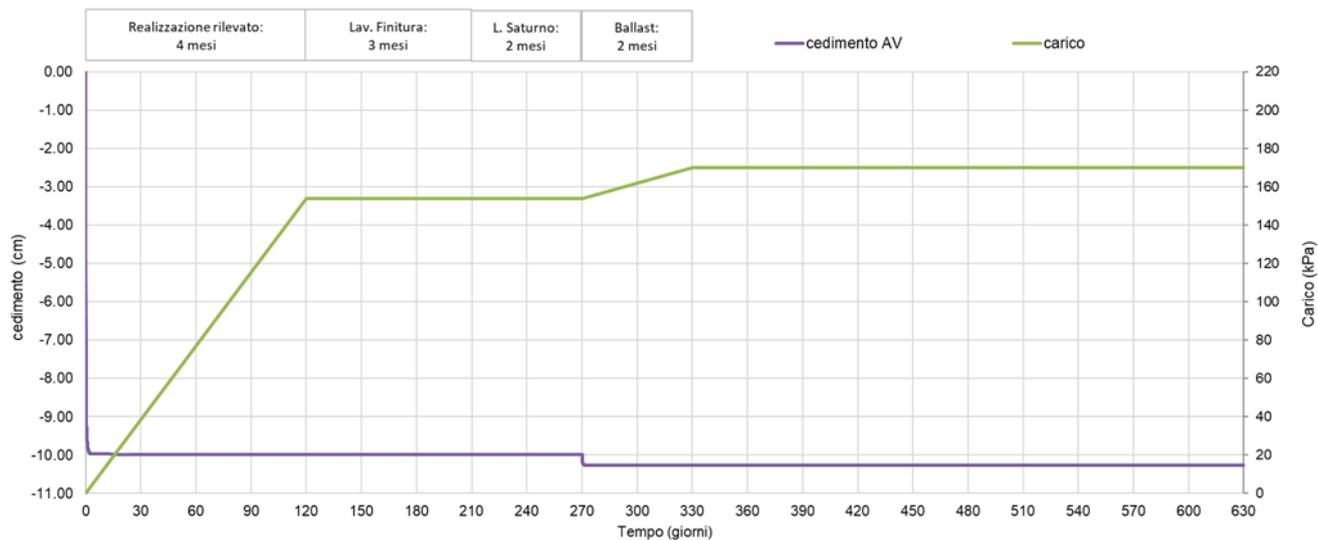
Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

63 di 155

Ri60: cedimenti del rilevato AV durante e dopo la costruzione

c) cedimenti presi a piano campagna, al centro del rilevato AV

Ri60: cedimenti sui binari LS durante e dopo la costruzione nuovo rilevato AV

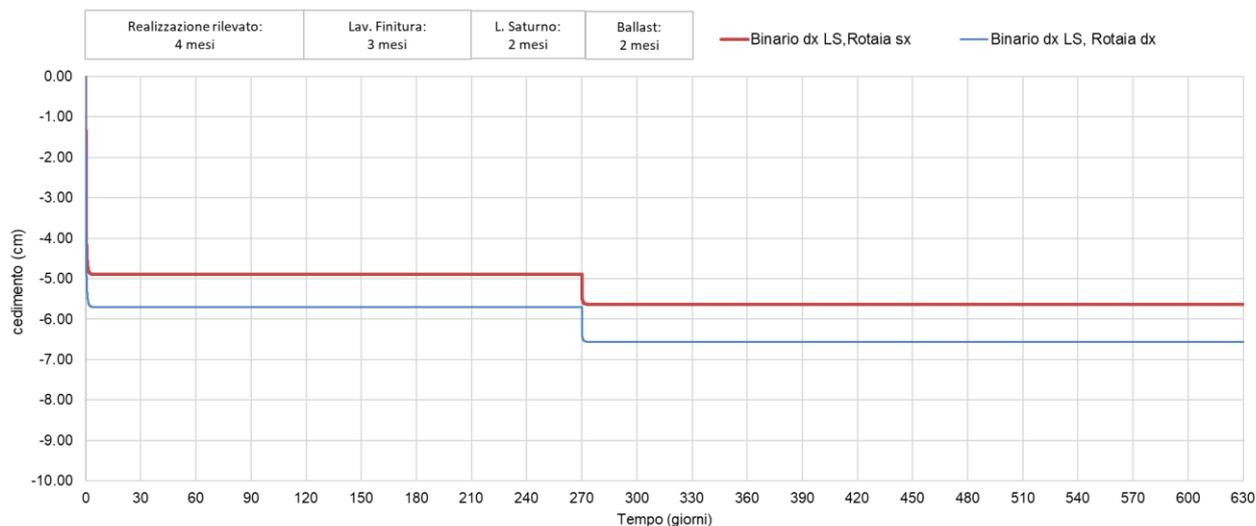
d) cedimenti presi a quota ballast, considerando il binario LS più vicino al nuovo rilevato AV

Figura 32 – Ri60 sezione B: andamento dei cedimenti nel tempo dopo/durante la costruzione del rilevato AV

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 64 di 155</p>

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, il rilevato oggetto di questa analisi risulta stabile e i cedimenti attesi sono limitati e non differiti nel tempo.

Le soluzioni adottate, frutto delle analisi di cedimento riportate al 6.4, sono sintetizzate in Tabella 1.

Vista la prossimità della linea esistente, e le condizioni geotecniche del sito, si prevede l'installazione di strumentazione di monitoraggio, sia durante la fase di costruzione che in esercizio, come definito nella relazione dedicata.

Lo scopo principale, tra gli altri, del sistema di monitoraggio in fase di costruzione è quello di misurare gli spostamenti indotti sui binari della LS, al fine di garantirne la sicurezza e la funzionalità dell'esercizio.

L'accettabilità dei cedimenti osservati sarà stabilita in relazione a valori soglia di attenzione e allarme, che saranno individuati tenendo conto dei "livelli di qualità geometrica correnti" definiti negli Standard di Qualità di RFI in funzione delle velocità massime consentite sulla linea, con riferimento alle misure di Scartamento, Allineamento, Livello longitudinale, Livello trasversale e Sghembo.

Si chiarisce che la definizione dei valori soglia da rispettare e delle contromisure da intraprendere in caso di superamento degli stessi esula dal contenuto del presente elaborato, e sarà oggetto di uno specifico elaborato di successiva emissione.

In relazione alla problematica della realizzazione delle inclusioni rigide, si segnala quanto segue:

1. Si raccomanda di eseguire prove tecnologiche preliminari di realizzazione delle inclusioni rigide nell'area di interesse, volte a valutare la effettiva problematica di prevalenza della falda nello strato inferiore di ghiaie e sabbie.
2. Si raccomanda altresì di additivare opportunamente i fanghi di perforazione in modo da pervenire a pesi dell'ordine di 1.1 t/m³. Anche in caso di prevalenze maggiori, o di rinvenimento di livelli sabbioso-ghiaiosi in pressione a quote più elevate di quanto previsto (vale a dire più prossime al p.c.), la presenza di fanghi pesanti può ovviare a tale inconveniente.
3. Sarà cura della Direzione Lavori verificare che le lunghezze dei consolidamenti prescritte, definite sulla base delle indagini disponibili, siano tali da garantire ovunque un immorsamento delle inclusioni rigide della fila A di almeno 2 m nelle ghiaie di base.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

65 di 155

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

66 di 155

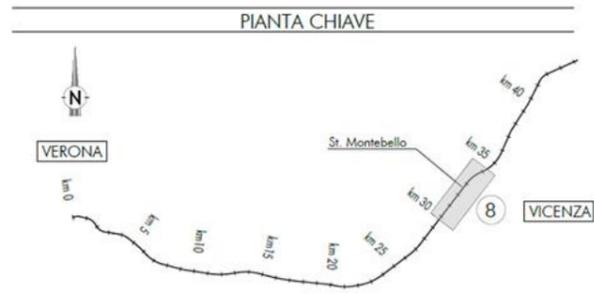
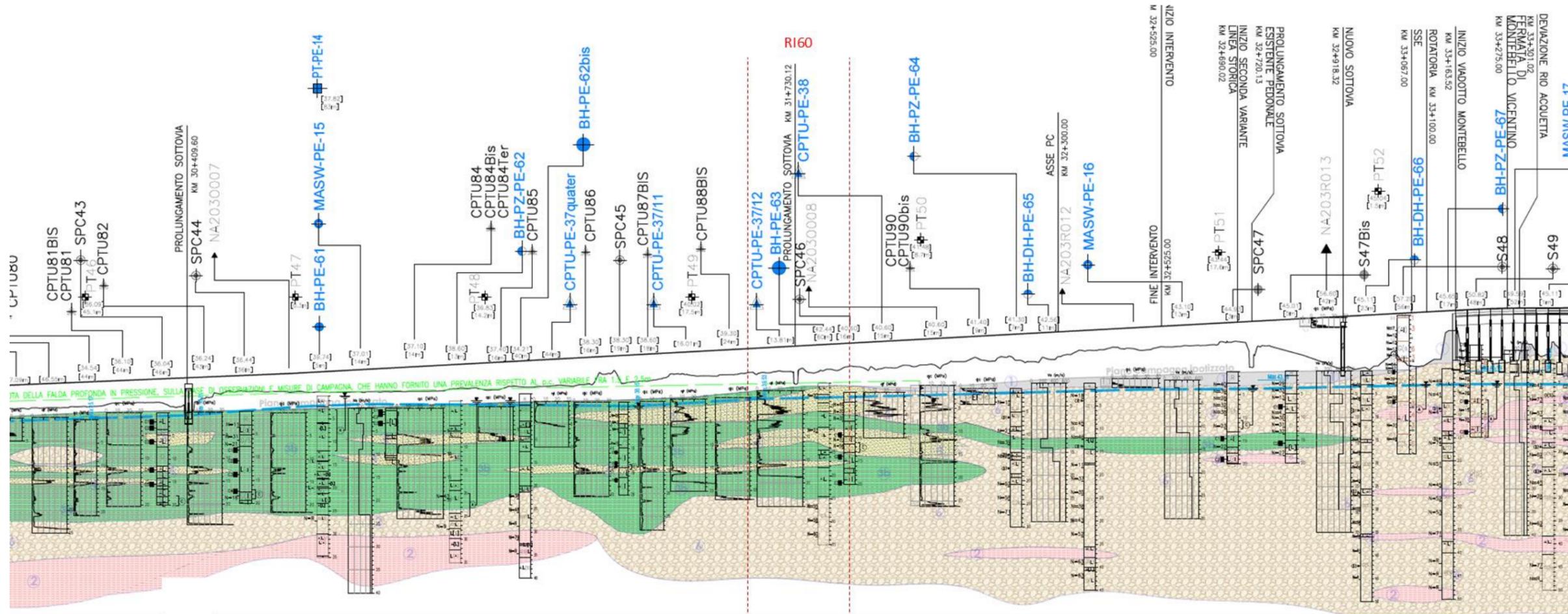
ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica



Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI6000001A	67 di 155



- LEGENDA**
- Campagna indagini integrative PE**
- SPC44: Sondaggio a carotaggio continuo
 - BH+PE-61: Sondaggio a carotaggio continuo con l'installazione di piezometro a tubo aperto o Casagrande
 - MASW-PE-14: Indagini MASW
 - CPTU-PE-37: Prova penetrometrica statica con piezometro
- Campagna indagini 2018 per CDS**
- PI+156: Sondaggio geognostico
- Campagna indagini 2015**
- PI+156: Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - PI+156: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C)
- Campagna indagini 2014**
- SP: Sondaggio a carotaggio continuo
 - SPC: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - SPC: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - DMU: Prova penetrometrica statica con piezometro (possibilità di avanzamento con trivellazione)
 - CPTU: Prova penetrometrica statica con piezometro "tradizionale"
 - CH: Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
 - PI: Piazzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
 - Profondità delle indagini
- Altri simboli:**
- PT: Piazzetto esplorativo
 - BH+PE: Sondaggio con esecuzione di prova ibni hole
 - CH+PE: Sondaggio con esecuzione di prova cross hole
 - Indagini orientali
 - Note per PI: in blu le indagini disponibili e con coordinate certe, in rosso indagini ancora non disponibili o con coordinate non note

- Campagna indagini pregresse**
- 1998: Sondaggio geognostico (campagna 1998)
 - 2002: Sondaggio geognostico, 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 Centra Idrica Novoledo s.r.l.)
- Asse di progetto**
- confine di Provincia
 - Confine Comunale
- Classi dei terreni**
- 1: Riporto
 - 2: Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati
 - 3a: Area con prevalenza di sabbie limose/argillose e limi sabbiosi/argillosi, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati
 - 3b: Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente OC
 - 3c: Area di alternanza, sia in verticale che planimetrica, di materiali 3a e 3b
 - 4: Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
 - 6: Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

68 di 155

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

69 di 155

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU



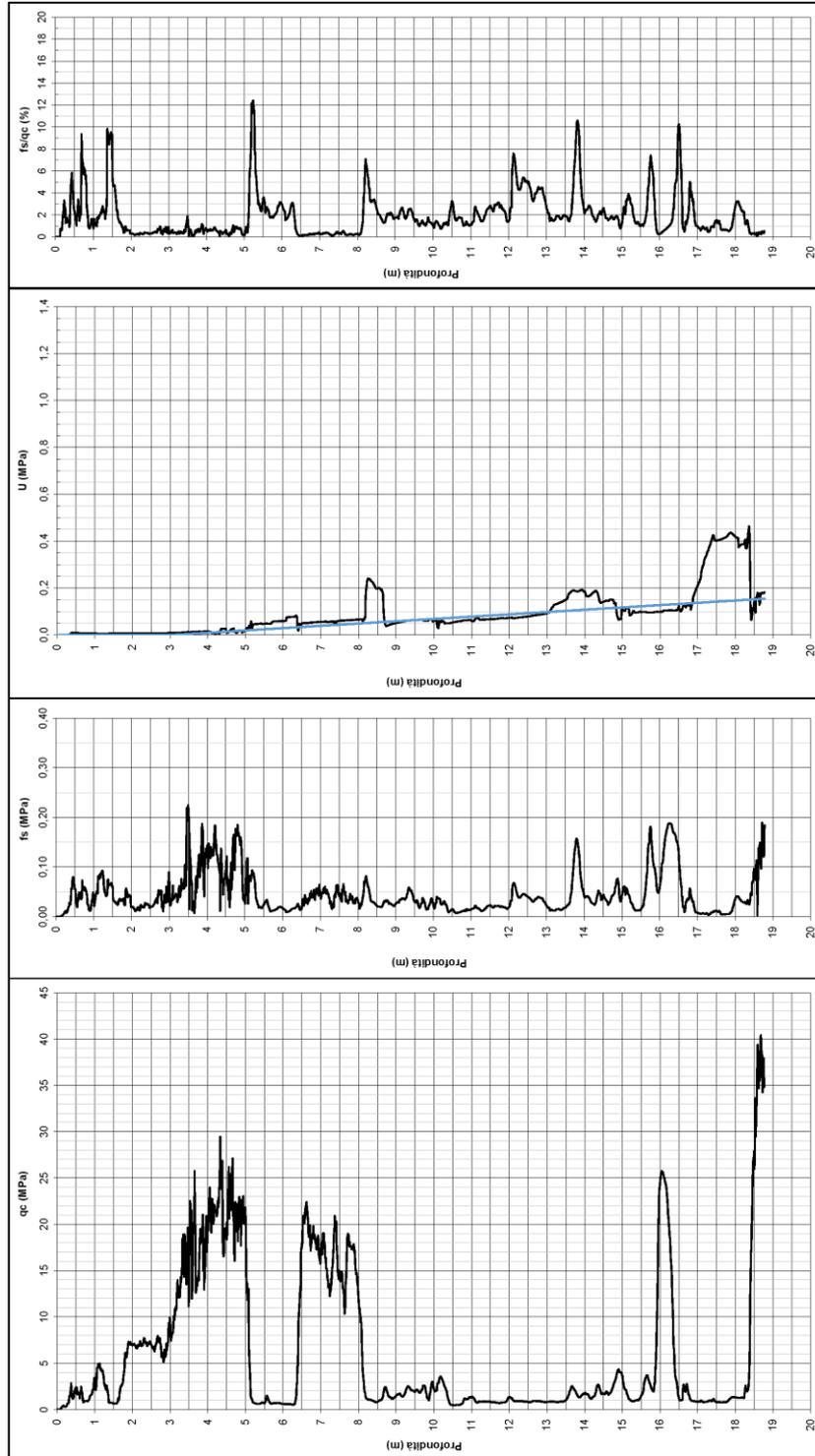
COMMITTENTE Consorzio Iricav Due

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

PROVA CPTU-PE37/12 DATA 28/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Pagina 1 di 1

Punta Mkj497 Quota inizio indagine m s.l.m. Preforo m da p.c.
Profondità prova 18,78 m da p.c. Livello acqua 3,05 m da p.c.
Coordinate WGS84 X 45°24,1207' N Y 11°19,5710' E





Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI600001A

Foglio

70 di 155

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality - 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-63

ESECUZIONE: 3-11/12/2020

COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF201116

OPERATORE: EL HACHMI

RESPONSABILE: FERRABOSCHI

PROFONDITA': 35,00 m

RIVESTIMENTO: 33,00 m

QUOTA: -

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.A.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO UTENSILE	FALDA		
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.				
0	0,00		Terreno vegetale												
1	1,00		Limo argilloso debolmente sabbioso con ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), marrone												
2	2,40		Limo argilloso ghiaioso (a grana medio-fine), a tratti debolmente sabbioso; marrone	SH1		1,40									
3	3,00		Sabbia a grana medio-fine con limo e ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), marrone												
4	4,20		Sabbia eterogenea (ben gradata) limosa con ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), marrone												
5	6,00		Limo con sabbia a grana medio-fine e ghiaia eterogenea (da fine a grossolana)												
6	6,20		Sabbia eterogenea (ben gradata) limosa con ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), marrone												
7	8,10		Limo con argilla e ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), grigio				25	12							
8	8,10		Limo con argilla (a tratti debolmente sabbioso), grigio				25	12							
9	9,60		Argilla limosa, grigio (grigio-nero da 8.60 a 9.20 m)	SH2		8,70									
10	9,60		Sabbia a grana medio-fine (a tratti più grossolana) limosa (a tratti debolmente limosa), grigio				100	50							
11	11,90		Sabbia a grana medio-fine (a tratti grossolana) con ghiaia a grana medio-fine												
12	12,70		Limo con argilla e sporadica ghiaia a grana fine, grigio-scuro				50	25							
13	13,60		Limo argilloso debolmente sabbioso, grigio	SH3		13,60									
14	13,80		Sabbia (a grana medio-fine) limosa, grigio				50	25							
15	14,40		Torba												
16	15,00		Limo con argilla, grigio	SH4		14,70									
17	15,50		Limo argilloso a tratti sabbioso (sporadica ghiaia a grana medio-fine), grigio				125	60							
18	18,20		Argilla limosa, grigio chiaro				25	12							
19	19,00		Argilla con limo, grigio scuro	SH5		18,40									
20	19,00		Argilla con limo, grigio scuro				50	25							

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

SFXXX-BH-PE-63 - pag 1 di 6

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

71 di 155

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-63

RDP SITO N°: SF201116

PROFONDITA': 35,00 m

ESECUZIONE: 3-11/12/2020

OPERATORE: EL HACHMI

RIVESTIMENTO: 33,00 m

COMMESSA: 22036AV-20

RESPONSABILE: FERRABOSCHI

QUOTA: -

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. KPa	T.V. KPa	PROVE			METODO E UTENSIL	FALDA		
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.				
21			Argilla con limo, grigio scuro				50	25							
22							100	50							
23							75	30							
23.60							22.90								
24			Limo con argilla, da grigio-marrone a marrone				23.50	30							
24.60							250	125							
25			Sabbia (a grana medio-fine) debolmente limosa, marrone				250	125							
24.90															
26			Limo sabbioso (a grana medio fine) con ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), marrone												
27															
27.40															
27.50			Torba												
28			Sabbia ben gradata limosa con ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), marrone												
28.80															
29															
30															
31															
32			Limo sabbioso con ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), marrone												
33															
34															
35															
35.00															
			FINE SONDAGGIO												
36															
37															
38															
39															
40															

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

SFXXX-BH-PE-63 - pag 2 di 6

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

72 di 155

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



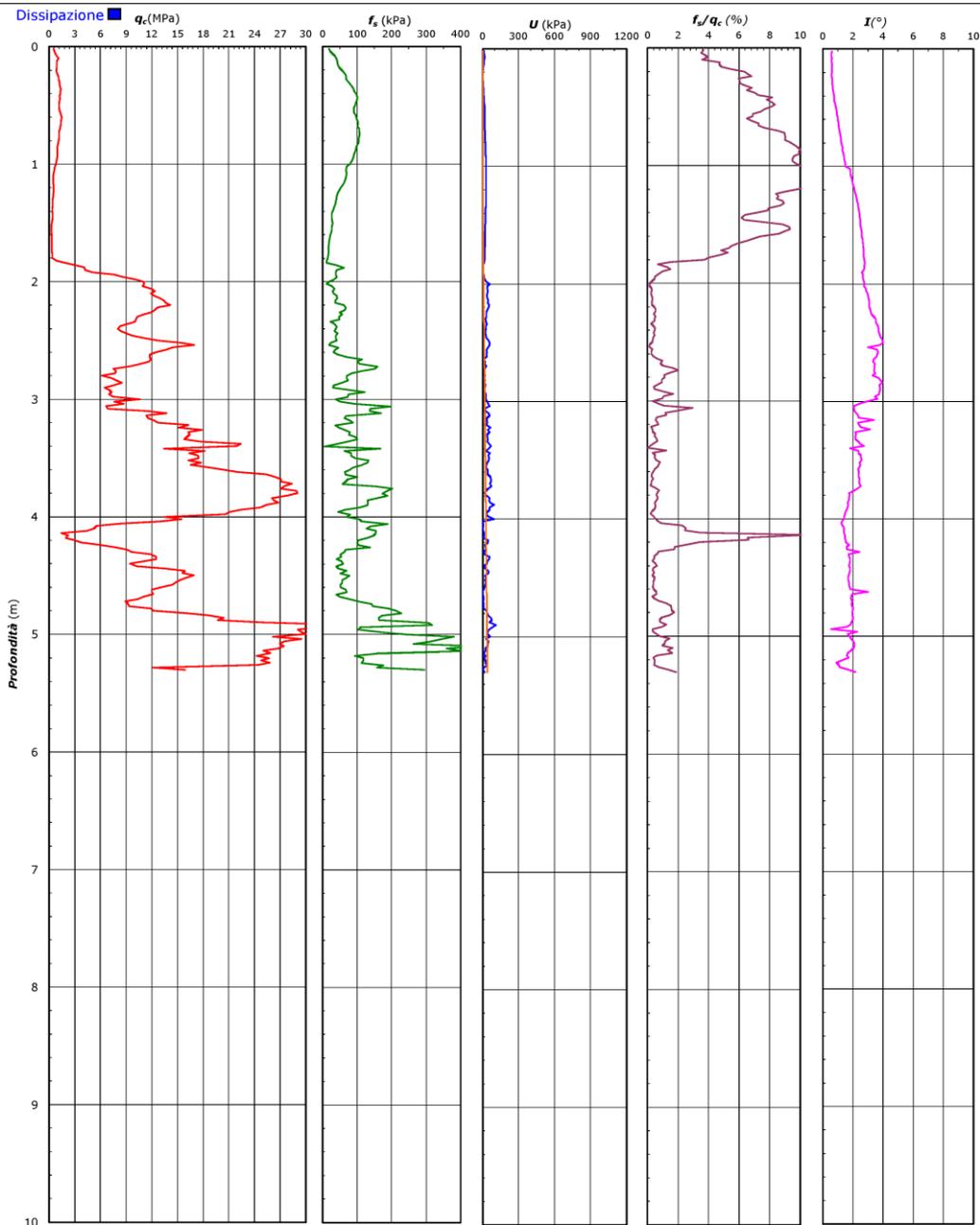
COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**

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

PROVA N°: CPTU 38 PROF. FALDA (m da p.c.): 1.20 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 24/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45° 26' 31.27" Long.: 11° 22' 44.19"

COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210094 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 40.599



Il Direttore Tecnico SO:
ing. Massimo De Iasi

SF210094_CPTU-PE-38.xls - pag 2 di 3

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI600001A

Foglio
73 di 155

RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE		NOTE	
PROF. (P.C.) (m DA P.C.)	PROF. (R.B.) (m DA P.C.)	DATA	NOTE
20,00	20,00	31/10/2014-09/11/2014	ATTREZZATURA PER SPT PESO MAGLIO 63,5 kg ALTEZZA CADUTA 78 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA CHIUSA
<p><input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO</p>		<p>MATERIALE RIPORTO IN N° 4 CASSETTE CATALOG. POSA IN OPERA DI POZZETTO IN CALCESTRUZZO CON CHIUSINO CARRABILE IN GHISA DIM. 300x30 CM</p>	
PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC		STRUMENTAZIONE	
PROFONDITA' (m da p.c.)	PROFONDITA' (m da p.c.)	PIEZOMETRO CASAGRANDE	PIEZOMETRO CASAGRANDE
< 5 cm	> 10 cm	PIEZOMETRO CASAGRANDE	PIEZOMETRO CASAGRANDE
5-10 cm	> 10 cm	PIEZOMETRO CASAGRANDE	PIEZOMETRO CASAGRANDE
> 10 cm	> 10 cm	PIEZOMETRO CASAGRANDE	PIEZOMETRO CASAGRANDE
<p>T.C.R. % SACR. R.C.D. % S.P.E. %</p>		<p>CEMENTAZIONE DOPPIO TUBO IN PVC Ø 127 PALLINE DI BENTONITE PALLINE DI BENTONITE PALLINE DI BENTONITE</p>	
<p>100</p>		<p>100</p>	

VICENZETTO		SCHEDE DI SONDAGGIO		COMMESSA: 088m14	
Rev.0	DATA	SPERIMENTATORE	DIRETTORE	PAG. 1	DI 1
<p>COMMITTENTE: Consorzio Iricav Due PROGETTO: Tratta AV/AC Verona-Padova - 3° lotto costruttivo PERFORAZIONE N. SPC46 COORDINATE: Nord RESPONSABILE: Dott. Pasquale Pappalardo OPERATORE: Sig. Bekon</p>		<p>ULTIMAZIONE: 09/11/2014 DATA INIZIO: 31/10/2014 QUOTA P.C.: ATTREZZATURA: Atlas Copco A65</p>		<p>COMMISSARIO RESPONSABILE: Dott. Gian P. Pappalardo</p>	
PROFONDITA' (m da p.c.)	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFONDITA' (m da p.c.)	PROFONDITA' (m da p.c.)	PROFONDITA' (m da p.c.)	S.P.T.
1,00	Ripporto: argilla limosa marmorata con ghiaia poligenica arrotondata e nesi di laterizio.	2,20	Argilla limosa deb. ghiaiolosa marmorata (classi arrotondate eterometriche).	2,70	3,00
4,60	Ghiaia poligenica medi-gradata arrotondata e sub-arrotondata con sabbia limosa debolmente argillosa, nocciola.	5,00	Ghiaia poligenica fine arrotondata e sub-arrotondata con sabbia limosa nocciola, da -5,60 m griglia.	5,30	4,50
6,00	Sabbie con limo, ghiaiolosa, griglia.	6,30	Argilla limosa/limo con limo griglia, poco consistente o molle. Tracce di torba a -7,50 m da p.c. A -9,50 m livello nerastro organico (pot. 15 cm).	7,20	7,50
9,30	Sabbia fine limosa griglia. Rear diast di ghiaia finissima (Ømax 3-4 mm) da -10,30 m da p.c.	9,60	Ghiaia poligenica medio fine arrotondata e sub-arrotondata con limo e sabbia griglia.	10,50	10,85
11,20	Argilla limosa pesante a limo argilloso con verti sabbiose, griglia.	11,50	Torba marmorata scura.	11,70	12,00
14,00	Alternanze centimetriche di limo sabbioso argilloso, sabbia fine con limo e argilla limosa, griglia.	14,30	Argilla limosa/limosa con limo griglia.	14,30	14,30
15,00	Argilla limosa/limosa con limo griglia.	15,00	Sabbie finissime con limo griglia.	15,00	15,00
16,80	Argilla limosa/limosa con limo griglia.	16,80	Argilla limosa/limosa con limo griglia.	16,20	16,50
17,60	Argilla limosa/limosa con limo griglia.	17,60	Argilla limosa/limosa con limo griglia.	17,60	17,60
20,00	FINE SONDAGGIO	20,00	FINE SONDAGGIO	20,00	20,00



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

74 di 155

Data mag-02 | Certificato COMI 003-8CM02 | PAG. 1 DI 2

Il Responsabile | Dott. P. Pasqualeto | Il Direttore | Dott. V. Vicenzetto

Punta 19-30-3 | Geota p.c.: 0.00 m.s.l.m. | Coordinate X Y

Preforo - m | Livello scava - m da p.c. | Profondità finale 26.20 m da p.c.

NOTE

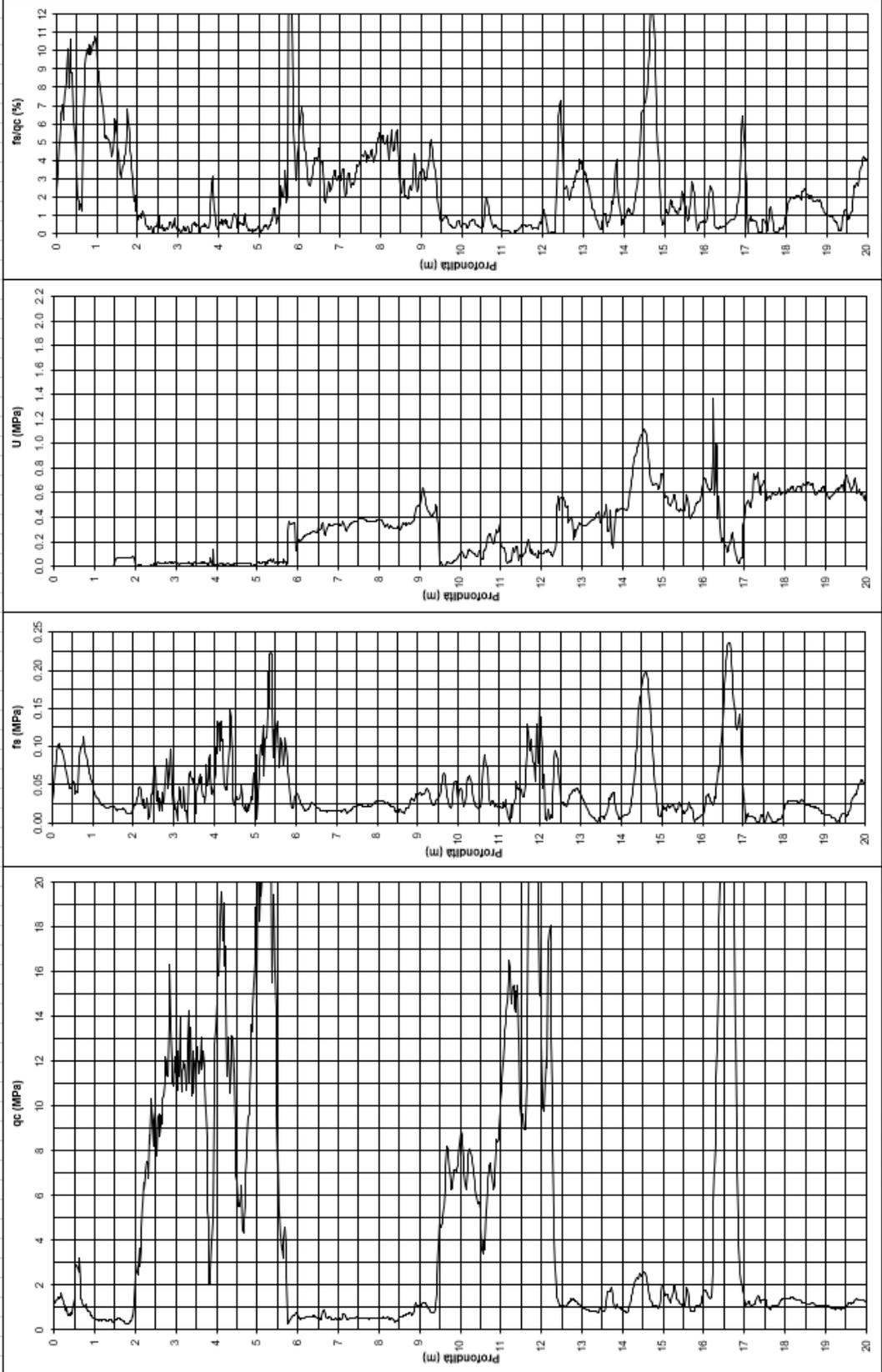
VICENZETTO **PROVA PENETROMETRICA STATICA**

secondo Raccomandazioni AGI (1977)

COMMITTENTE: ITALFERR S.P.A.

CANTIERE: LINEA A.V. VR-PD - TRATTA VICENTINA

PROVA N°: NA2030008 DATA PROVA ##### Operatore P.I.E. CALORE





Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

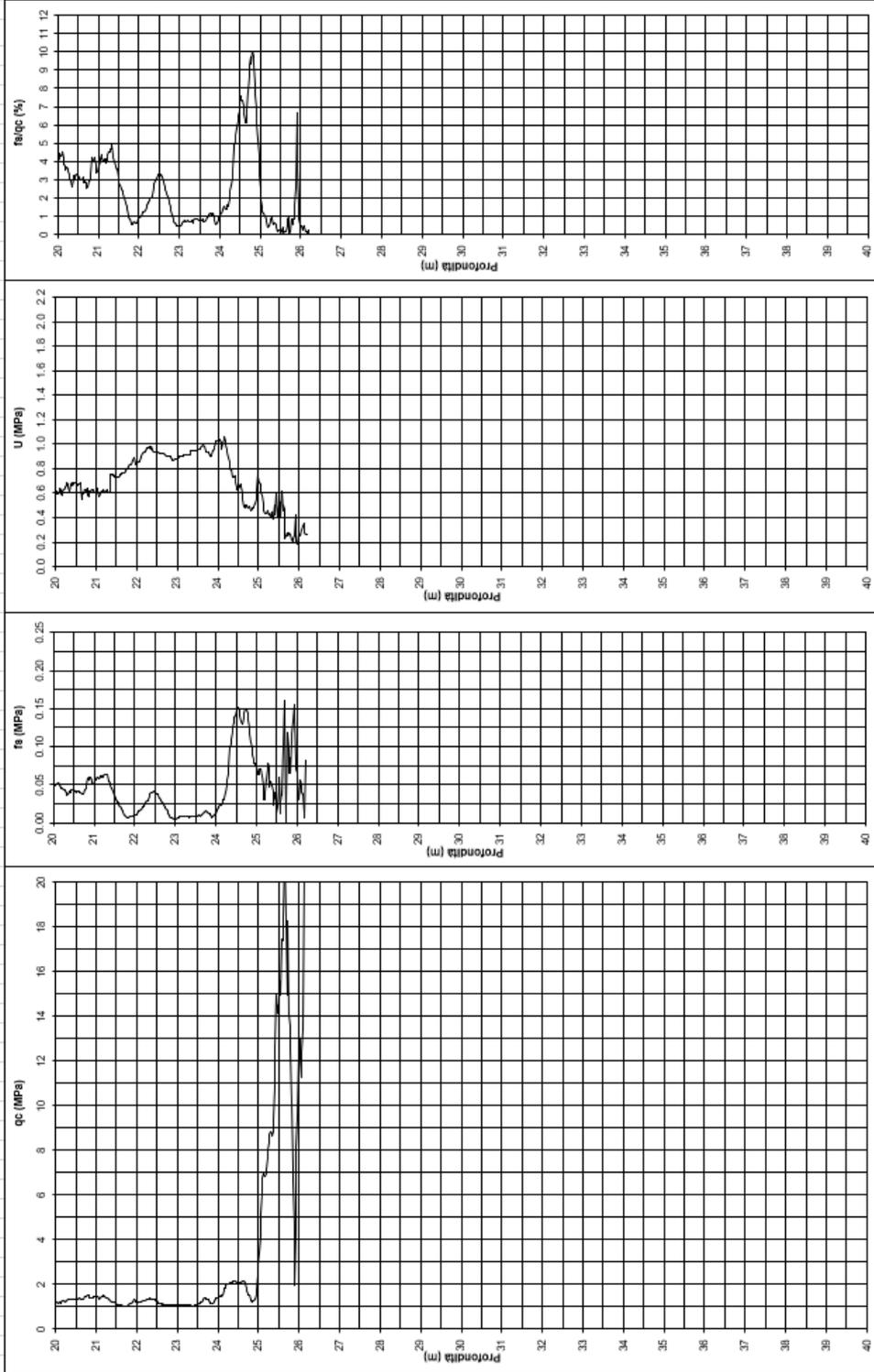
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI600001A

Foglio
75 di 155

VICENZA	PROVA PENETROMETRICA STATICA	COMI 003-8CM02	PAG. 2	DI 2
secondo Raccomandazioni AGI (1977)		Data mag-02	Certificato	II Direttore Dott. V. Vicenzeto
COMMITTENTE: ITALFERR S.P.A.	OPERATORE: P.I.E. CALORE	II Responsabile Dott. P. Pasqualetto	Coordinate X	Y
CANTIERE: LINEA A.V. VR-PD - TRATTA VICENTINA		Quota p.c.: 0.00 m.s.l.m.	Coordinate X	Y
PROVA N°: NA2030008 DATA PROVA #####		Livello acqua - m da p.c.	Profondità fino 26.20 m da p.c.	
		NOTE		





Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

76 di 155

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-64

ESECUZIONE: 27/11 - 1/12 / 2020

COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF201091

OPERATORE: EL HACHMI

RESPONSABILE: FERRABOSCHI

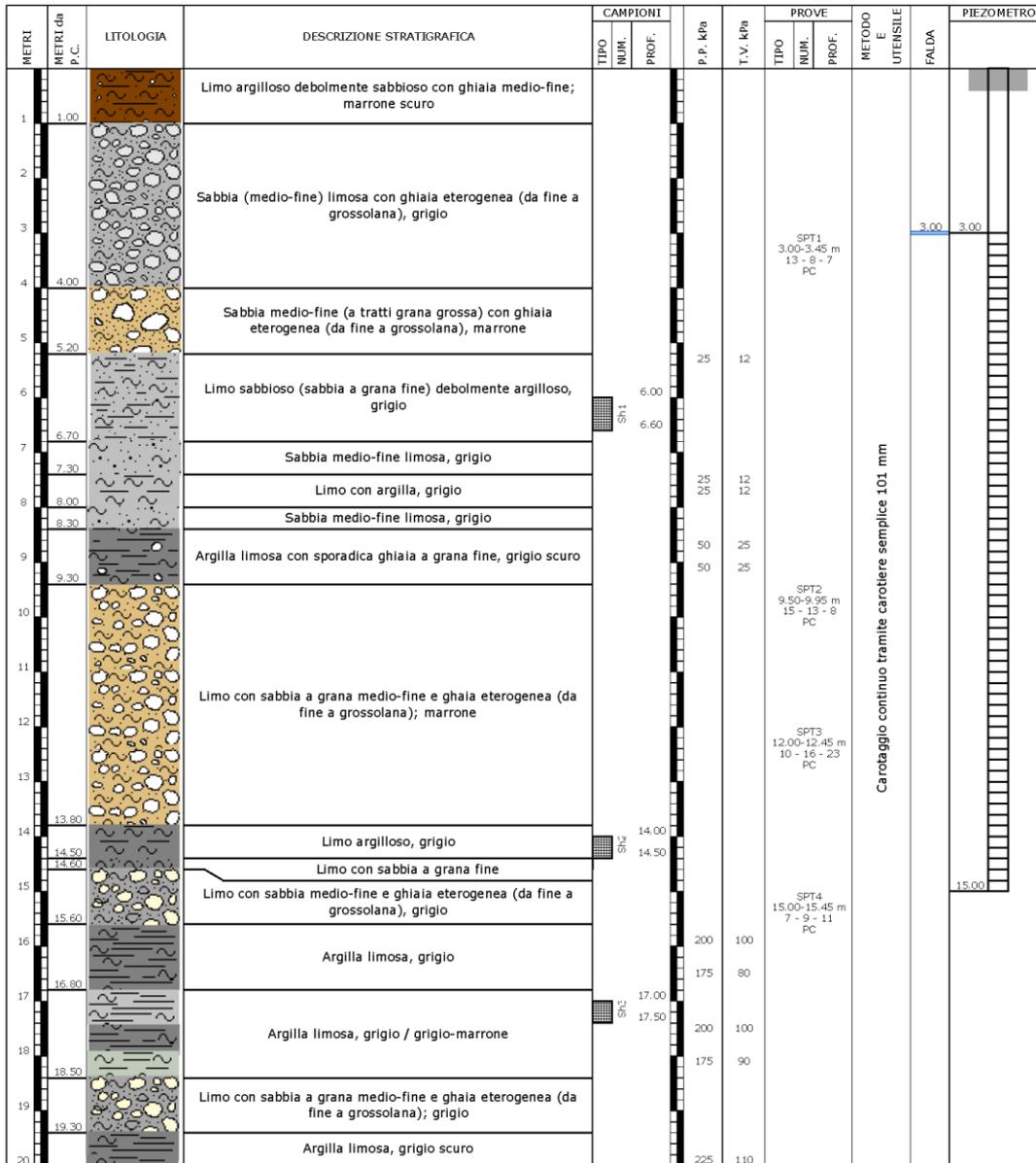
PROFONDITA': 30,00 m

RIVESTIMENTO: 30,00 m

QUOTA: -

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa



Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

SF201091-BH-PE-64 - pag 1 di 5

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

77 di 155

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-64

ESECUZIONE: 27/11 - 1/12 / 2020

COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF201091

OPERATORE: EL HACHMI

RESPONSABILE: FERRABOSCHI

PROFONDITA': 30,00 m

RIVESTIMENTO: 30,00 m

QUOTA: -

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSIL	FALDA
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.		
20.90	20.90		Argilla limosa ghiaiosa (grana medio-fine), marrone										
21													
22													
23													
24													
25													
26			Limo sabbioso con ghiaia eterogenea (da fine a grossolana), marrone										
27													
28													
29													
30													
31			FINE SONDAGGIO										
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

SF201091-BH-PE-64 - pag 2 di 5

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

78 di 155

ALLEGATO 3 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

79 di 155



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI60_stat
Slide Modeler Version: 7.029
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 01/09/2021, 15:16:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

80 di 155



Groundwater Analysis

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

6 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

81 di 155



SLIDEINTERPRET 7.006

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

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

Distributed Load 6

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

Material Properties

Property	Rilevato	Ghiaia	Sabbia	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	19	18.5	18.5	18.5	18.5
Cohesion [kPa]	0	0	0				
Friction Angle [deg]	38	39	38				
Cohesion Type				60	50	55	
Cohesion Type							Function Of Depth
Cohesion (Top) [kPa]							55
Cohesion Change [kPa/m]							1.8
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	0	0	0	0

Global Minimums**Method: bishop simplified**

FS	1.205270
Center:	68.133, 24.006
Radius:	41.203
Left Slip Surface Endpoint:	30.773, 6.629
Right Slip Surface Endpoint:	100.310, -1.728
Resisting Moment:	160883 kN-m
Driving Moment:	133483 kN-m
Total Slice Area:	1006.79 m ²
Surface Horizontal Width:	69.537 m
Surface Average Height:	14.4784 m



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

82 di 155



Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1484
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20527

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	1.35016	49.6268	-62.9886	Rilevato	0	32.0066	9.44344	11.3819	18.2102	0	18.2102	36.7349	36.7349
2	1.35016	126.013	-59.0933	Rilevato	0	32.0066	25.9204	31.2411	49.9834	0	49.9834	93.2817	93.2817
3	1.35016	183.09	-55.6033	Rilevato	0	32.0066	40.6502	48.9945	78.3875	0	78.3875	137.763	137.763
4	1.35016	233.389	-52.4025	Rilevato	0	32.0066	63.3515	76.3557	122.164	0	122.164	204.435	204.435
5	0.0696558	13.3216	-50.787	Rilevato	0	32.0066	90.3391	108.883	174.625	0.418725	174.206	285.34	284.921
6	1.41816	293.984	-49.2012	U3b_1	42.8571	0	35.5581	42.8571	260.276	0	260.276	301.472	301.472
7	1.51439	359.644	-46.1713	Sabbia	0	32.0066	88.4814	106.644	195.316	24.6936	170.622	287.491	262.797
8	1.51439	402.804	-43.2059	Sabbia	0	32.0066	105.79	127.506	243.409	39.4086	204	342.773	303.364
9	1.16282	335.762	-40.6948	U3b_2	35.7143	0	29.6318	35.7143	357.456	0	357.456	382.939	382.939
10	1.92465	600.968	-37.9315	Sabbia	0	32.0066	96.156	115.894	248.975	63.553	185.422	323.916	260.363
11	1.43262	481.051	-35.0183	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	312.918	0	312.918	335.756	335.756
12	1.43262	506.503	-32.6192	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	337.699	0	337.699	358.56	358.56
13	1.43262	529.74	-30.2829	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	417.79	0	417.79	436.824	436.824
14	1.43262	550.921	-28.0011	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	461.422	0	461.422	478.754	478.754
15	1.43262	570.179	-25.7667	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	408.125	0	408.125	423.859	423.859
16	1.43262	587.627	-23.5738	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	427.224	0	427.224	441.446	441.446
17	1.43262	603.358	-21.4169	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	502.576	0	502.576	515.361	515.361
18	1.43262	617.449	-19.2914	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	464.302	0	464.302	475.711	475.711
19	1.43262	629.969	-17.1933	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	431.656	0	431.656	441.741	441.741
20	1.43262	635.484	-15.1187	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	434.765	0	434.765	443.571	443.571
21	1.43262	620.728	-13.0642	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	425.709	0	425.709	433.273	433.273
22	1.43262	602.972	-11.0267	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	414.528	0	414.528	420.879	420.879
23	1.43262	583.818	-9.00323	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	402.347	0	402.347	407.511	407.511
24	1.43262	563.293	-6.99105	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	389.189	0	389.189	393.186	393.186
25	1.43262	541.417	-4.98752	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	375.072	0	375.072	377.917	377.917
26	1.43262	519.48	-2.99009	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	360.903	0	360.903	362.606	362.606
27	1.43262	515.526	0.996294	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	359.28	0	359.28	359.846	359.846
28	1.43262	504.894	0.996294	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	352.994	0	352.994	352.427	352.427
29	1.43262	488.205	2.99009	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	342.482	0	342.482	340.779	340.779
30	1.43262	468.354	4.98752	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	329.769	0	329.769	326.924	326.924
31	1.43262	481.591	6.99105	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	340.162	0	340.162	336.165	336.165
32	1.43262	460.58	9.00323	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	326.665	0	326.665	321.5	321.5
33	1.43262	447.048	11.0267	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	318.408	0	318.408	312.056	312.056
34	1.43262	437.904	13.0642	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	313.238	0	313.238	305.675	305.675
35	1.43262	409.302	15.1187	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	294.517	0	294.517	285.711	285.711
36	1.43262	371.958	17.1933	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	269.731	0	269.731	259.646	259.646
37	1.43262	351.708	19.2914	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	256.921	0	256.921	245.512	245.512
38	1.43262	337.609	21.4169	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	248.458	0	248.458	235.673	235.673
39	1.43262	321.879	23.5738	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	238.917	0	238.917	224.694	224.694
40	1.43262	304.431	25.7667	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	228.251	0	228.251	212.517	212.517
41	1.43262	285.172	28.0011	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	216.408	0	216.408	199.076	199.076
42	1.43262	263.991	30.2829	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	203.327	0	203.327	184.293	184.293
43	1.43262	240.755	32.6192	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	188.937	0	188.937	168.076	168.076
44	1.43262	215.302	35.0183	U3b_3	39.2857	0	32.5949	39.2857	173.15	0	173.15	150.312	150.312
45	1.92465	243.95	37.9315	Sabbia	0	32.0066	55.0458	66.3451	169.7	63.553	106.147	126.799	63.2465
46	1.16282	120.061	40.6948	U3b_2	35.7143	0	29.6318	35.7143	128.762	0	128.762	103.279	103.279
47	1.51439	121.889	43.2059	Sabbia	0	32.0066	41.5775	50.1121	119.584	39.4086	80.1758	80.5325	41.1239
48	1.51439	78.7287	46.1713	Sabbia	0	32.0066	30.8265	37.1543	84.1376	24.6936	59.444	52.0242	27.3306
49	1.48781	31.2625	49.2778	U3b_1	42.8571	0	35.5581	42.8571	62.3679	0	62.3679	21.0602	21.0602
50	0.219116	0.550515	51.1063	U3b_1	42.8571	0	35.5581	42.8571	46.6409	0	46.6409	2.56337	2.56337



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

83 di 155



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

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20527

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	30.7733	6.62934	0	0	0
2	32.1235	3.98081	35.4654	0	0
3	33.4736	1.72547	113.158	0	0
4	34.8238	-0.246629	212.799	0	0
5	36.1739	-2	341.363	0	0
6	36.2436	-2.08537	349.971	0	0
7	37.6617	-3.72839	727.124	0	0
8	39.1761	-5.30599	901.105	0	0
9	40.6905	-6.72839	1086.94	0	0
10	41.8533	-7.72839	1409.9	0	0
11	43.778	-9.22839	1598.08	0	0
12	45.2106	-10.2322	1865.44	0	0
13	46.6432	-11.1491	2128.32	0	0
14	48.0758	-11.9857	2431.08	0	0
15	49.5085	-12.7474	2735.83	0	0
16	50.9411	-13.439	2971.31	0	0
17	52.3737	-14.0641	3191.63	0	0
18	53.8063	-14.626	3427.29	0	0
19	55.239	-15.1275	3613.36	0	0
20	56.6716	-15.5707	3757.96	0	0
21	58.1042	-15.9578	3879.49	0	0
22	59.5368	-16.2902	3974.26	0	0
23	60.9694	-16.5694	4043.23	0	0
24	62.4021	-16.7964	4087.81	0	0
25	63.8347	-16.9721	4109.43	0	0
26	65.2673	-17.0971	4109.57	0	0
27	66.6999	-17.1719	4089.83	0	0
28	68.1326	-17.1968	4052.03	0	0
29	69.5652	-17.1719	3996.49	0	0
30	70.9978	-17.0971	3924.11	0	0
31	72.4304	-16.9721	3836.13	0	0
32	73.8631	-16.7964	3729.62	0	0
33	75.2957	-16.5694	3608.72	0	0
34	76.7283	-16.2902	3473.08	0	0
35	78.1609	-15.9578	3322.2	0	0
36	79.5935	-15.5707	3161.45	0	0
37	81.0262	-15.1275	2995.14	0	0
38	82.4588	-14.626	2819.55	0	0
39	83.8914	-14.0641	2633.19	0	0
40	85.324	-13.439	2437.08	0	0
41	86.7567	-12.7474	2232.49	0	0
42	88.1893	-11.9857	2020.89	0	0
43	89.6219	-11.1491	1804.04	0	0
44	91.0545	-10.2322	1584.05	0	0
45	92.4871	-9.22839	1363.49	0	0
46	94.4118	-7.72839	1002.88	0	0
47	95.5746	-6.72839	839.618	0	0
48	97.089	-5.30599	606.485	0	0
49	98.6034	-3.72839	427.012	0	0
50	100.091	-2	266.251	0	0
51	100.31	-1.72839	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-4.087	-2
114.844	-2

Distributed Load



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

84 di 155



X	Y
43.1022	7.51974
34.6151	7.51974

Distributed Load

X	Y
55.4401	7.51974
46.1423	7.51974

Distributed Load

X	Y
38.3393	7.51974
35.8818	7.51974

Distributed Load

X	Y
41.9115	7.51974
39.5047	7.51974

Distributed Load

X	Y
49.7145	7.51974
47.1304	7.51974

Distributed Load

X	Y
54.3507	7.51974
52.0706	7.51974

External Boundary

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

85 di 155



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

X	Y
0	-31.7284
112.983	-31.7284
112.983	-26.7284
112.983	-18.2284
112.983	-17.2284
112.983	-9.22839
112.983	-7.72839
112.983	-6.72839
112.983	-3.72839
112.983	-1.72839
81.1436	-1.72839
80.6226	-1.72839
77.8513	0.11755
74.8513	0.14755
73.5905	0.988155
72.8077	0.988155
72.0577	0.238155
71.3077	0.238155
70.5577	0.988155
69.5578	0.988155
68.2603	1.85324
66.2603	1.79324
57.1709	7.51974
44.0709	7.51974
31.9162	7.51974
24.7426	1.93083
22.5594	1.93083
20	0
0	0
0	-2.08537
0	-3.72839
0	-6.72839
0	-7.72839
0	-9.22839
0	-17.2284
0	-18.2284
0	-26.7284

Material Boundary

X	Y
44.7709	7.44074
55.1989	0.737139
58.9015	0.777218
61.3801	-2.08537

Material Boundary

X	Y
61.3801	-2.08537
80.6226	-2.08537
81.1436	-1.72839

Material Boundary

X	Y
0	-2.08537
61.3801	-2.08537

Material Boundary

X	Y
0	-3.72839
112.983	-3.72839

Material Boundary

X	Y
0	-3.72839
112.983	-3.72839



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

86 di 155



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

X	Y
0	-6.72839
112.983	-6.72839

Material Boundary

X	Y
0	-7.72839
112.983	-7.72839

Material Boundary

X	Y
0	-9.22839
112.983	-9.22839

Material Boundary

X	Y
0	-17.2284
112.983	-17.2284

Material Boundary

X	Y
0	-18.2284
112.983	-18.2284

Material Boundary

X	Y
0	-26.7284
112.983	-26.7284

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

87 di 155

ALLEGATO 4 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

88 di 155



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI60_sism
Slide Modeler Version: 7.029
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 01/09/2021, 15:16:31

General Settings

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

Design Standard

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

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1.1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

89 di 155



Groundwater Analysis

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.083
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.041

6 Distributed Loads present

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

90 di 155



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
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	Sabbia	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m3]	20	19	19	18.5	18.5	18.5	18.5
Cohesion [kPa]	0	0	0				
Friction Angle [deg]	38	39	38				
Cohesion Type				60	50	55	
Cohesion Type							Function Of Depth
Cohesion (Top) [kPa]							55
Cohesion Change [kPa/m]							1.8
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.157260
Center:	73.506, 10.825
Radius:	24.254
Left Slip Surface Endpoint:	49.479, 7.520
Right Slip Surface Endpoint:	94.258, -1.728
Resisting Moment:	59066.3 kN-m
Driving Moment:	51039.8 kN-m
Total Slice Area:	492.27 m2
Surface Horizontal Width:	44.7795 m
Surface Average Height:	10.9932 m



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

91 di 155



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

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1154
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15726

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	0.860517	33.3321	-77.4748	Rilevato	0	32.0066	7.84811	9.0823	15.9841	0	15.9841	51.3112	51.3112
2	0.860517	86.8261	-69.8332	Rilevato	0	32.0066	22.068	25.5384	44.9453	0	44.9453	105.032	105.032
3	0.860517	122.527	-64.5203	Rilevato	0	32.0066	34.707	40.165	70.687	0	70.687	143.518	143.518
4	0.860517	150.952	-60.1164	Rilevato	0	32.0066	49.256	57.002	100.319	0	100.319	186.035	186.035
5	0.0534323	10.2188	-57.957	Rilevato	0	32.0066	55.2193	63.9031	112.883	0.418725	112.465	201.105	200.687
6	1.12997	234.244	-55.482	U3b_1	42.8571	0	33.6666	38.961	171.553	0	171.553	220.506	220.506
7	0.888449	207.086	-51.4421	Sabbia	0	32.0066	64.0253	74.0939	152.822	22.4227	130.399	233.146	210.723
8	0.888449	224.876	-48.1841	Sabbia	0	32.0066	66.4584	76.9096	168.116	32.7612	135.355	242.404	209.643
9	0.888449	240.789	-45.1225	Sabbia	0	32.0066	69.319	80.2201	183.19	42.0089	141.181	252.806	210.797
10	1.11589	318.994	-41.8649	U3b_2	35.7143	0	28.0555	32.4675	246.437	0	246.437	271.579	271.579
11	0.989511	287.218	-38.5991	Sabbia	0	32.0066	74.8499	86.6208	212.516	60.0699	152.446	272.265	212.196
12	0.989511	288.981	-35.6646	Sabbia	0	32.0066	75.2042	87.0308	220.595	67.4274	153.167	274.564	207.137
13	0.909444	265.811	-32.9457	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	258.254	0	258.254	278.254	278.254
14	0.909444	264.84	-30.4197	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	259.302	0	259.302	277.422	277.422
15	0.909444	262.971	-27.9577	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	259.249	0	259.249	275.629	275.629
16	0.909444	260.267	-25.5507	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	258.19	0	258.19	272.943	272.943
17	0.909444	256.781	-23.1913	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	256.202	0	256.202	269.423	269.423
18	0.909444	252.554	-20.8728	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	253.347	0	253.347	265.115	265.115
19	0.909444	247.623	-18.5896	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	249.676	0	249.676	260.056	260.056
20	0.909444	247.126	-16.3367	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	250.623	0	250.623	259.668	259.668
21	0.909444	251.782	-14.1096	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	256.953	0	256.953	264.711	264.711
22	0.909444	252.413	-11.904	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	258.997	0	258.997	265.503	265.503
23	0.909444	245.26	-9.71617	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	252.801	0	252.801	258.085	258.085
24	0.909444	244.707	-7.54261	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	253.538	0	253.538	257.624	257.624
25	0.909444	236.09	-5.37992	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	245.752	0	245.752	248.659	248.659
26	0.909444	237.342	-3.22491	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	248.358	0	248.358	250.097	250.097
27	0.909444	248.207	-1.07447	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	261.094	0	261.094	261.673	261.673
28	0.909444	244.112	1.07447	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	258.052	0	258.052	257.473	257.473
29	0.909444	234.03	3.22491	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	248.699	0	248.699	246.96	246.96
30	0.909444	231.467	5.37992	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	247.283	0	247.283	244.376	244.376
31	0.909444	229.568	7.54261	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	246.58	0	246.58	242.494	242.494
32	0.909444	226.812	9.71617	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	244.994	0	244.994	239.71	239.71
33	0.909444	216.153	11.904	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	235.101	0	235.101	228.595	228.595
34	0.909444	201.599	14.1096	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	221.133	0	221.133	213.376	213.376
35	0.909444	186.57	16.3367	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	206.706	0	206.706	197.66	197.66
36	0.909444	177.599	18.5896	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	198.715	0	198.715	188.335	188.335
37	0.909444	172.041	20.8728	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	194.384	0	194.384	182.616	182.616
38	0.909444	165.846	23.1913	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	189.454	0	189.454	176.232	176.232
39	0.909444	158.911	25.5507	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	183.829	0	183.829	169.075	169.075
40	0.909444	151.193	27.9577	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	177.482	0	177.482	161.103	161.103
41	0.909444	142.64	30.4197	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	170.382	0	170.382	152.261	152.261
42	0.909444	133.19	32.9457	U3b_3	39.2857	0	30.8611	35.7143	162.488	0	162.488	142.488	142.488
43	0.989511	132.846	35.6646	Sabbia	0	32.0066	49.2223	56.963	167.678	67.4274	100.25	132.354	64.9265
44	0.989511	118.745	38.5991	Sabbia	0	32.0066	47.5501	55.0278	156.914	60.0699	96.8443	118.957	58.8868
45	1.11589	115.216	41.8649	U3b_2	35.7143	0	28.0555	32.4675	126.724	0	126.724	101.582	101.582
46	0.888449	75.9833	45.1225	Sabbia	0	32.0066	43.0231	49.7889	129.633	42.0089	87.6244	86.4258	44.4169
47	0.888449	60.0702	48.1841	Sabbia	0	32.0066	39.8593	46.1276	113.942	32.7612	81.1808	69.3866	36.6254
48	0.888449	42.2803	51.4421	Sabbia	0	32.0066	35.4916	41.073	94.7078	22.4227	72.2851	50.1811	27.7584
49	1.18341	24.8662	55.601	U3b_1	42.8571	0	33.6666	38.961	74.3391	0	74.3391	25.1684	25.1684
50	0.166756	0.418964	58.4524	U3b_1	42.8571	0	33.6666	38.961	62.8415	0	62.8415	8.00482	8.00482



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

92 di 155



Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15726

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	49.4788	7.51974	0	0	0
2	50.3393	3.64624	57.915	0	0
3	51.1998	1.30323	151.404	0	0
4	52.0604	-0.502521	259.296	0	0
5	52.9209	-2	379.587	0	0
6	52.9743	-2.08537	387.115	0	0
7	54.1043	-3.72839	650.31	0	0
8	54.9927	-4.84301	780.848	0	0
9	55.8812	-5.83613	907.318	0	0
10	56.7696	-6.72839	1029.06	0	0
11	57.8855	-7.72839	1270.6	0	0
12	58.875	-8.51828	1388.11	0	0
13	59.8645	-9.22839	1494.18	0	0
14	60.774	-9.81776	1640.34	0	0
15	61.6834	-10.3518	1772.66	0	0
16	62.5929	-10.8345	1891.51	0	0
17	63.5023	-11.2692	1997.25	0	0
18	64.4118	-11.6588	2090.27	0	0
19	65.3212	-12.0056	2170.97	0	0
20	66.2307	-12.3115	2239.77	0	0
21	67.1401	-12.5781	2298.98	0	0
22	68.0495	-12.8067	2350.49	0	0
23	68.959	-12.9984	2392.98	0	0
24	69.8684	-13.1541	2424.58	0	0
25	70.7779	-13.2745	2447.31	0	0
26	71.6873	-13.3602	2459.83	0	0
27	72.5968	-13.4114	2464.14	0	0
28	73.5062	-13.4285	2461.07	0	0
29	74.4157	-13.4114	2448.82	0	0
30	75.3251	-13.3602	2427.38	0	0
31	76.2345	-13.2745	2397.29	0	0
32	77.144	-13.1541	2358.54	0	0
33	78.0534	-12.9984	2311.09	0	0
34	78.9629	-12.8067	2255.84	0	0
35	79.8723	-12.5781	2193.91	0	0
36	80.7818	-12.3115	2126.17	0	0
37	81.6912	-12.0056	2052.01	0	0
38	82.6007	-11.6588	1970.76	0	0
39	83.5101	-11.2692	1882.59	0	0
40	84.4195	-10.8345	1787.74	0	0
41	85.329	-10.3518	1686.5	0	0
42	86.2384	-9.81776	1579.24	0	0
43	87.1479	-9.22839	1466.41	0	0
44	88.1374	-8.51828	1309.57	0	0
45	89.1269	-7.72839	1148.34	0	0
46	90.2428	-6.72839	999.815	0	0
47	91.1312	-5.83613	852.161	0	0
48	92.0197	-4.84301	708.509	0	0
49	92.9081	-3.72839	574.864	0	0
50	94.0915	-2	408.527	0	0
51	94.2583	-1.72839	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-4.087	-2
118.856	-2

Distributed Load

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

93 di 155



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 8

X	Y
43.1022	7.51974
34.6151	7.51974

Distributed Load

X	Y
55.4401	7.51974
46.1423	7.51974

Distributed Load

X	Y
38.3393	7.51974
35.8818	7.51974

Distributed Load

X	Y
41.9115	7.51974
39.5047	7.51974

Distributed Load

X	Y
49.7145	7.51974
47.1304	7.51974

Distributed Load

X	Y
54.3507	7.51974
52.0706	7.51974

External Boundary





Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

94 di 155



X	Y
0	-31.7284
116.995	-31.7284
116.995	-26.7284
116.995	-18.2284
116.995	-17.2284
116.995	-9.22839
116.995	-7.72839
116.995	-6.72839
116.995	-3.72839
116.995	-1.72839
81.1436	-1.72839
80.6226	-1.72839
77.8513	0.11755
74.8513	0.14755
73.5905	0.988155
72.8077	0.988155
72.0577	0.238155
71.3077	0.238155
70.5577	0.988155
69.5578	0.988155
68.2603	1.85324
66.2603	1.79324
57.1709	7.51974
44.0709	7.51974
31.9162	7.51974
24.7426	1.93083
22.5594	1.93083
20	0
0	0
0	-2.08537
0	-3.72839
0	-6.72839
0	-7.72839
0	-9.22839
0	-17.2284
0	-18.2284
0	-26.7284

Material Boundary

X	Y
44.7709	7.44074
55.1989	0.7
58.9015	0.7
61.3801	-2.08537

Material Boundary

X	Y
61.3801	-2.08537
80.6226	-2.08537
81.1436	-1.72839

Material Boundary

X	Y
0	-2.08537
61.3801	-2.08537

Material Boundary

X	Y
0	-3.72839
116.995	-3.72839

Material Boundary

X	Y
0	-3.72839
116.995	-3.72839

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

95 di 155



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

X	Y
0	-6.72839
116.995	-6.72839

Material Boundary

X	Y
0	-7.72839
116.995	-7.72839

Material Boundary

X	Y
0	-9.22839
116.995	-9.22839

Material Boundary

X	Y
0	-17.2284
116.995	-17.2284

Material Boundary

X	Y
0	-18.2284
116.995	-18.2284

Material Boundary

X	Y
0	-26.7284
116.995	-26.7284

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

96 di 155

ALLEGATO 5- TABULATI DI PLAXIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

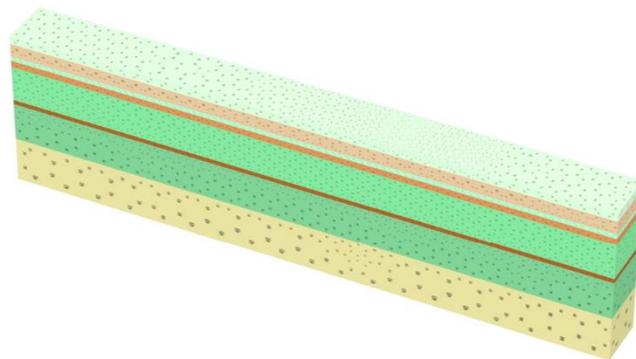
EI2RBRI6000001A

Foglio

97 di 155

ri60

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



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

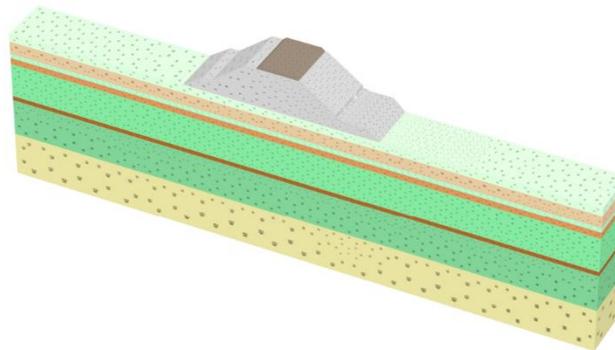
EI2RBRI6000001A

Foglio

98 di 155

ri60

1.1.1.2 Calculation results, LS [Phase_1] (1/10), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

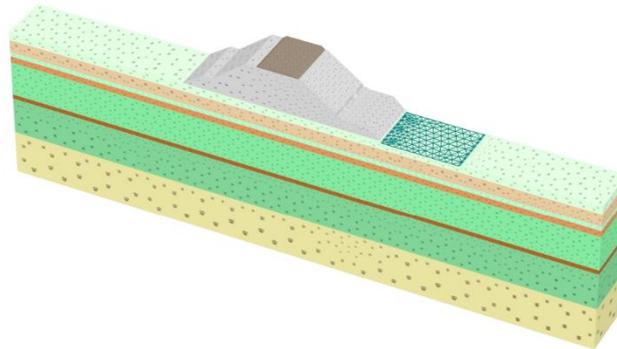
EI2RBRI6000001A

Foglio

99 di 155

ri60

1.1.1.3 Calculation results, scotico [Phase_10] (5/13), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

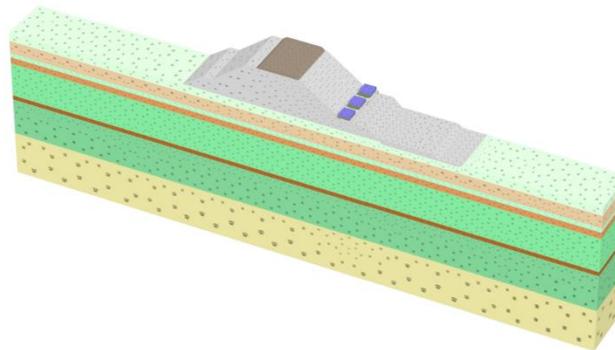
EI2RBRI6000001A

Foglio

100 di 155

ri60

1.1.1.4 Calculation results, pali A [Phase_2] (2/22), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

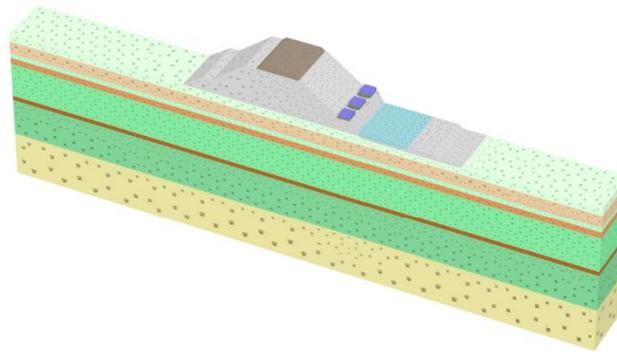
EI2RBRI6000001A

Foglio

101 di 155

ri60

1.1.1.5 Calculation results, pali BeC mix [Phase_3] (3/28), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

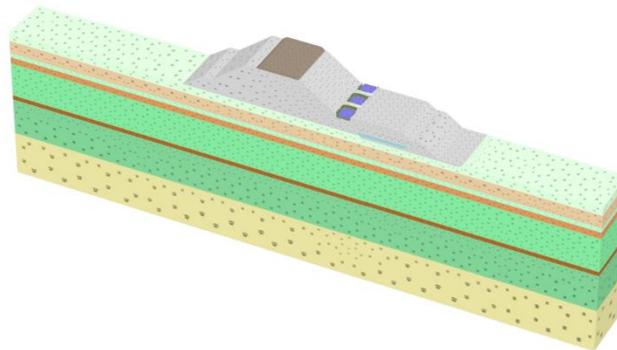
EI2RBRI6000001A

Foglio

102 di 155

ri60

1.1.1.6 Calculation results, ril1 [Phase_5] (10/39), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

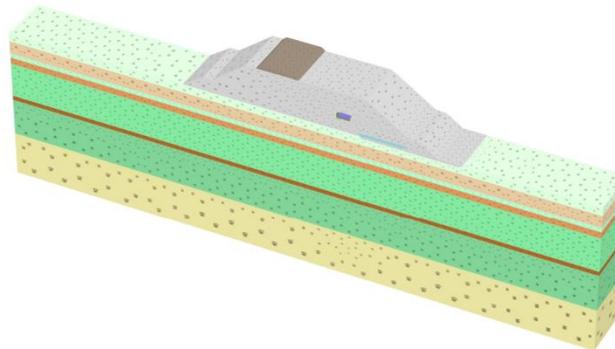
EI2RBRI6000001A

Foglio

103 di 155

ri60

1.1.1.7 Calculation results, Completamento rilevato [Phase_4] (4/62), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

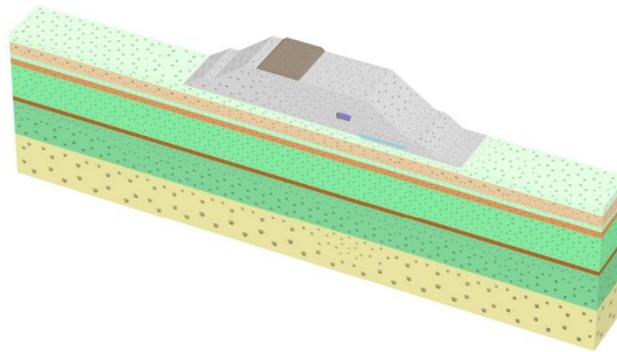
EI2RBRI6000001A

Foglio

104 di 155

ri60

1.1.1.8 Calculation results, cons rilevato [Phase_7] (7/188), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

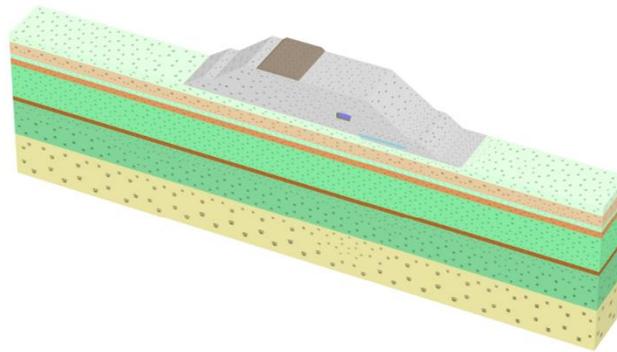
EI2RBRI6000001A

Foglio

105 di 155

ri60

1.1.1.9 Calculation results, fin+saturno [Phase_8] (8/197), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

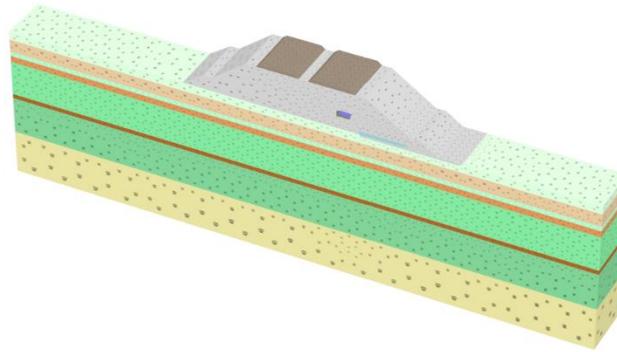
EI2RBRI6000001A

Foglio

106 di 155

ri60

1.1.1.10 Calculation results, Ballast [Phase_6] (6/213), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

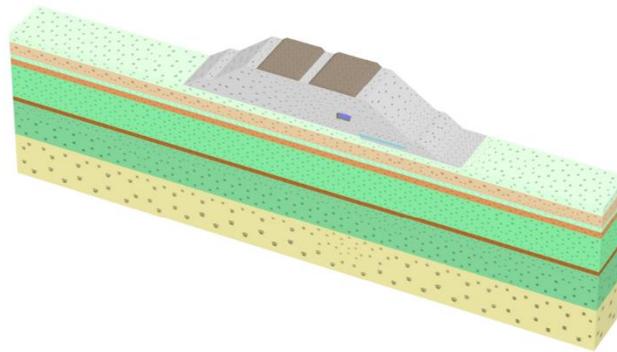
EI2RBRI6000001A

Foglio

107 di 155

ri60

1.1.1.11 Calculation results, cons finale [Phase_9] (9/266), Connectivity plot



Connectivity plot



1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		Ballast	CLS	MistoCem
Identification number		1	2	3
Drainage type		Drained	Non-porous	Drained
Colour				
Comments				
γ_{unsat}	kN/m ³	18.00	25.00	20.00
γ_{sat}	kN/m ³	18.00	25.00	20.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	100.0E3	33.00E6	2.000E6
ν (nu)		0.3000	0.2000	0.2000
G	kN/m ²	38.46E3	13.75E6	833.3E3
E_{oed}	kN/m ²	134.6E3	36.67E6	2.222E6
V_s	m/s	144.8	2323	639.3
V_p	m/s	270.9	3793	1044
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
z_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9866	0.9866
ν_u		0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	3.750E6	1.352E9	81.94E6
Strength		Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}		1.000	1.000	1.000



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

109 di 155

ri60

Identification		Ballast	CLS	MistoCem
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_{1, dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity $_{2, dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000
K_o determination		Manual	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.5000	1.000	1.000
$K_{0,y}$		0.5000	1.000	1.000
k_x	m/day	864.0	0.000	0.8640E-3
k_y	m/day	864.0	0.000	0.8640E-3
k_z	m/day	864.0	0.000	0.8640E-3
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000
S_s	1/m	0.000	0.000	0.000
c_k		1000E12	1000E12	1000E12



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

110 di 155

ri60

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil

Identification		3b_1	3b_2	3b_3	3b_4	Unità2
Identification number		4	5	6	7	11
Drainage type		Undrained (B)				
Colour						
Comments						
γ_{sat}	kN/m ³	18.50	18.50	18.50	18.50	19.00
γ_{sk}	kN/m ³	18.50	18.50	18.50	18.50	19.00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
e_{int}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
e_{in}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{out}		999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E_{sh}	kN/m ²	1797	1797	1797	1797	1797
E_{sm}	kN/m ²	1438	1438	1438	1438	1438
E_{sv}	kN/m ²	13.80E3	13.80E3	13.80E3	17.29E3	20.70E3
power (m)		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Use alternatives		No	No	No	No	No
C_c		0.3200	0.3200	0.3200	0.3200	0.3200
C_s		0.03000	0.03000	0.03000	0.02400	0.02000
e_{int}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
c_{ef}	kN/m ²	60.00	50.00	55.00	62.50	100.0
ϕ (phi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
v_u		0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
p_{ef}	kN/m ²	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
$K_{o^{sc}}$		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
c_{int}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
z_{ef}	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R_r		0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9866	0.9866	0.9866	0.9866	0.9866
v_u		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
K_{sc} / n	kN/m ²	565.4E3	565.4E3	565.4E3	706.8E3	848.1E3



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

111 di 155

ri60

Identification		3b_1	3b_2	3b_3	3b_4	Unità2
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_{cs}		0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{cs}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $k_{1, dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity $k_{2, dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K_o determination		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$K_{ax} = K_{ay}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
K_{ax}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
K_{ay}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
OCR		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
POP	kN/m ²	252.0	173.0	152.0	114.0	210.0
k_x	m/day	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	0.08600E-3
k_y	m/day	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	0.08600E-3
k_z	m/day	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	0.08600E-3
e_{sk}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S_v	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_v		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

112 di 155

ri60

1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification		Unità4_1	Unità4_2	Unità4_3	rilevato	Unità6
Identification number		8	9	10	12	13
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
γ_{sat}	kN/m ³	19.00	19.00	19.00	20.00	19.00
γ_{sk}	kN/m ³	19.00	19.00	19.00	20.00	19.00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
e_{crit}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	50.00E3	40.00E3	60.00E3	60.00E3	150.00E3
ν (nu)		0.3000	0.3000	0.3000	0.2500	0.3000
G	kN/m ²	19.23E3	15.38E3	23.08E3	24.00E3	57.69E3
E_{int}	kN/m ²	67.31E3	53.85E3	80.77E3	72.00E3	201.9E3
c_{cr}	kN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ϕ (phi)	°	38.00	38.00	38.00	38.00	39.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
V_s	m/s	99.65	89.13	109.2	108.5	172.6
V_p	m/s	186.4	166.7	204.2	187.9	322.9
Set to default values		No	No	No	Yes	No
E_{int}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
z_{cr}	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_{int}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
z_{cr}	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		No	No	No	Yes	No
Tensile strength	kN/m ²	10.00E6	10.00E6	10.00E6	0.000	10.00E6
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783	0.9833	0.9783
ν_u		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
K_{sat} / n	kN/m ²	1.875E6	1.500E6	2.250E6	2.352E6	5.625E6
Strength		Rigid	Rigid	Rigid	Manual	Rigid
R_{sat}		1.000	1.000	1.000	0.6700	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{sat}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

113 di 155

ri60

Identification		Unità4_1	Unità4_2	Unità4_3	rilevato	Unità6
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity α_x, α_k	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity α_y, α_l	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K_{α} determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{\alpha_x} = K_{\alpha_y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
K_{α_x}		0.3843	0.3843	0.3843	0.3843	0.3707
K_{α_y}		0.3843	0.3843	0.3843	0.3843	0.3707
k_x	m/day	0.8640	0.8640	0.8640	8640	8.640
k_y	m/day	0.8640	0.8640	0.8640	8640	8.640
k_z	m/day	0.8640	0.8640	0.8640	8640	8.640
e_{sk}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
S_v	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_v		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

114 di 155

ri60

1.1.2.2 Materials - Embedded beams -

Identification		PaliA1000	PaliBeC	PaliA1200
Identification number		1	2	3
Comments				
Colour				
Material type		Elastic	Elastic	Elastic
E	kN/m ²	33.00E6	33.00E6	33.00E6
γ	kN/m ³	5.500	5.500	5.500
Beam type		Predefined	Predefined	Predefined
Predefined beam type		Massive circular beam	Massive circular beam	Massive circular beam
Diameter	m	1.000	1.000	1.200
A	m ²	0.7854	0.7854	1.131
I _x	m ⁴	0.04909	0.04909	0.1018
I _y	m ⁴	0.04909	0.04909	0.1018
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
Axial skin resistance		Multi-linear	Multi-linear	Multi-linear
Multi-linear axial resistance		Axial skin resistance table	Axial skin resistance table	Axial skin resistance table
F _{ax}	kN	3500	500.0	5600
Identification number		1	2	3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

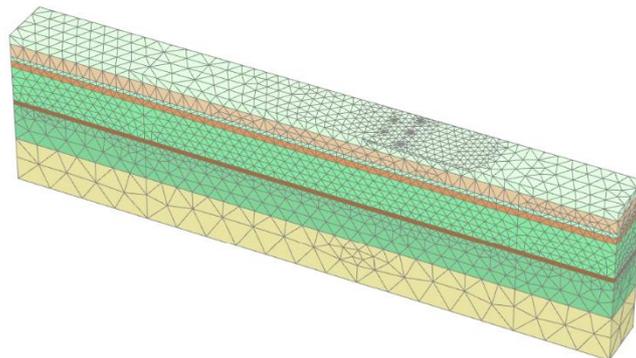
EI2RBRI6000001A

Foglio

115 di 155

ri60

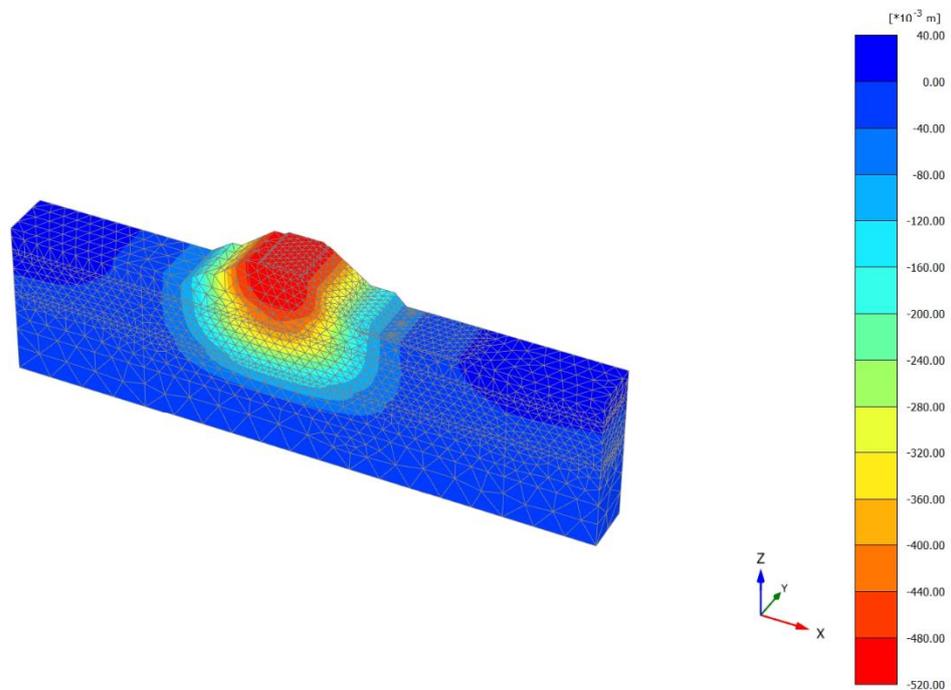
2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_z



Total displacements u_z

Uniform value of 0.000 m

2.1.1.1.2 Calculation results, LS [Phase_1] (1/10), Total displacements u_z



Total displacements u_z

Maximum value = $6.765 \cdot 10^{-3}$ m (Element 7883 at Node 42005)

Minimum value = -0.5030 m (Element 3030 at Node 11421)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

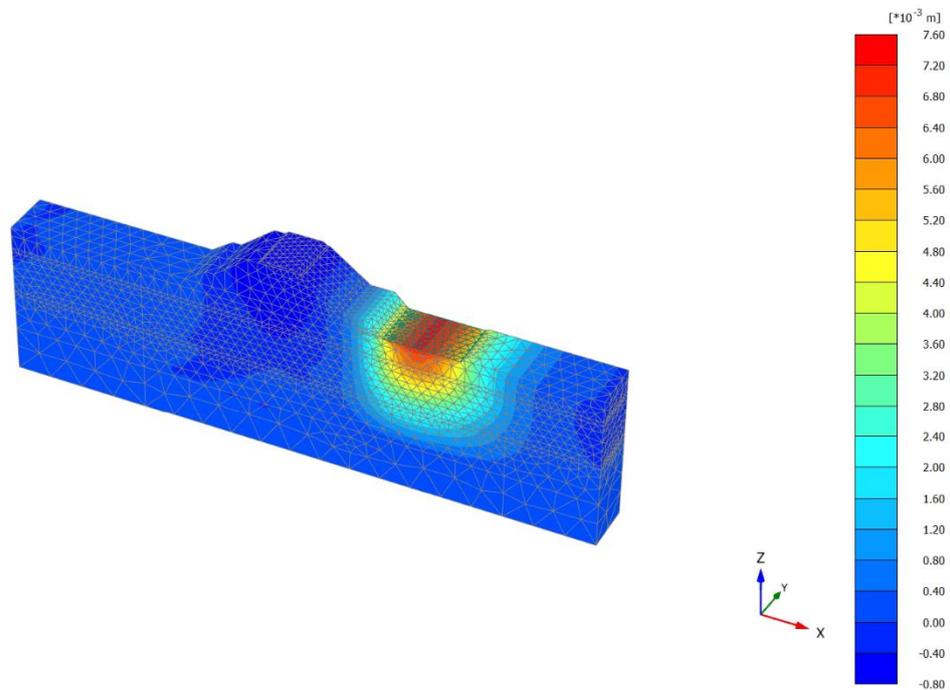
EI2RBRI6000001A

Foglio

117 di 155

ri60

2.1.1.1.3 Calculation results, scotico [Phase_10] (5/13), Total displacements u_z



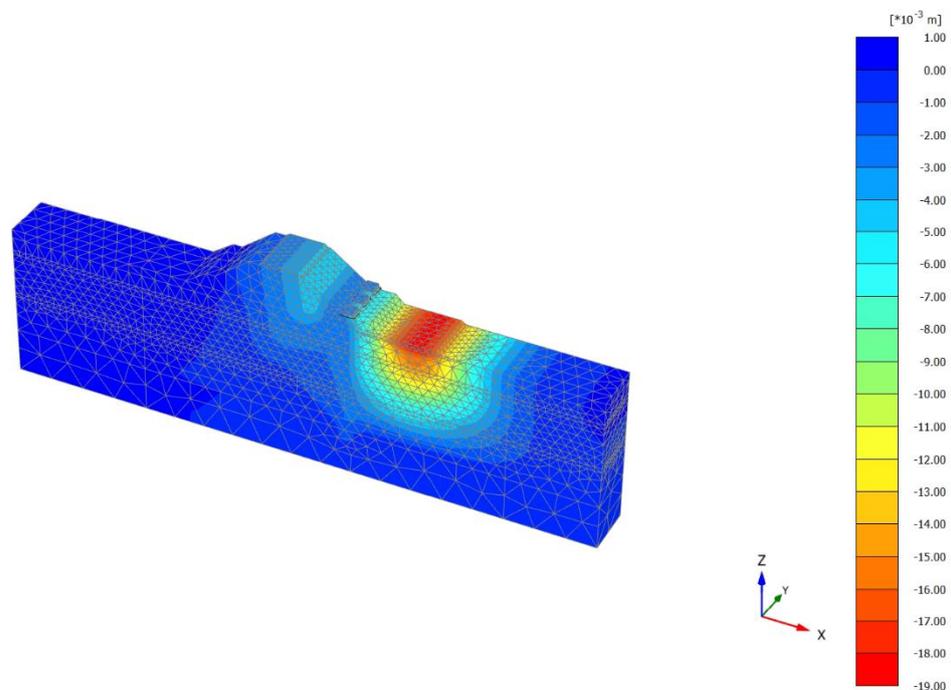
Total displacements u_z

Maximum value = $7.248 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8673 at Node 9482)

Minimum value = $-0.7360 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1830 at Node 13964)

ri60

2.1.1.1.4 Calculation results, pali A [Phase_2] (2/22), Total displacements u_z



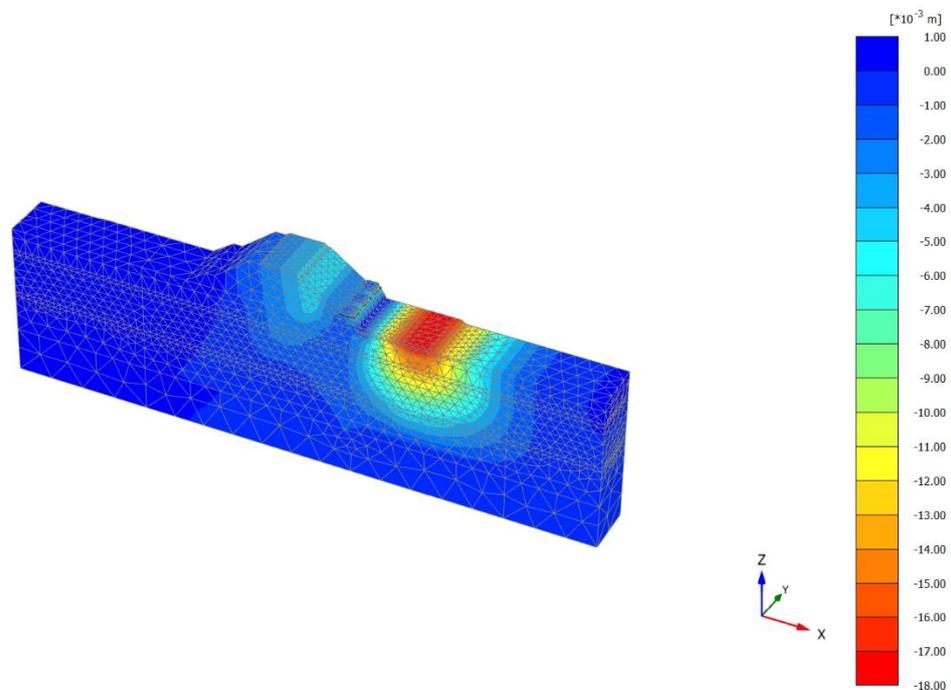
Total displacements u_z

Maximum value = $0.5518 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1576 at Node 19612)

Minimum value = -0.01846 m (Element 6405 at Node 5028)

ri60

2.1.1.1.5 Calculation results, pali BeC mix [Phase_3] (3/28), Total displacements u_z

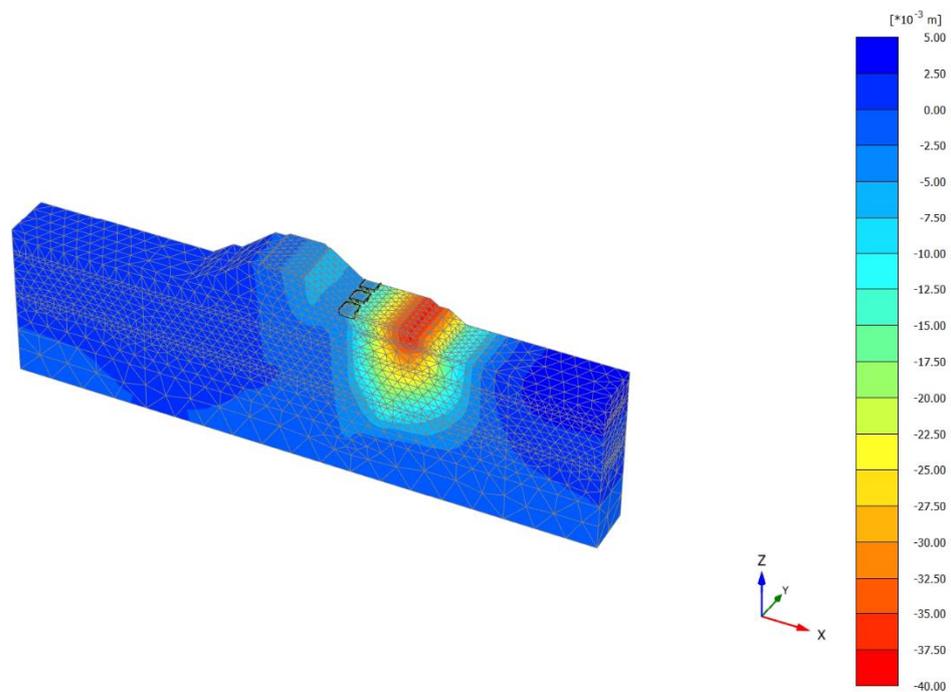


Total displacements u_z

Maximum value = $0.6998 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2225 at Node 6972)

Minimum value = -0.01786 m (Element 6379 at Node 7934)

2.1.1.1.6 Calculation results, ril1 [Phase_5] (10/39), Total displacements u_z



Total displacements u_z

Maximum value = $3.605 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8144 at Node 29540)

Minimum value = -0.03784 m (Element 5305 at Node 2335)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

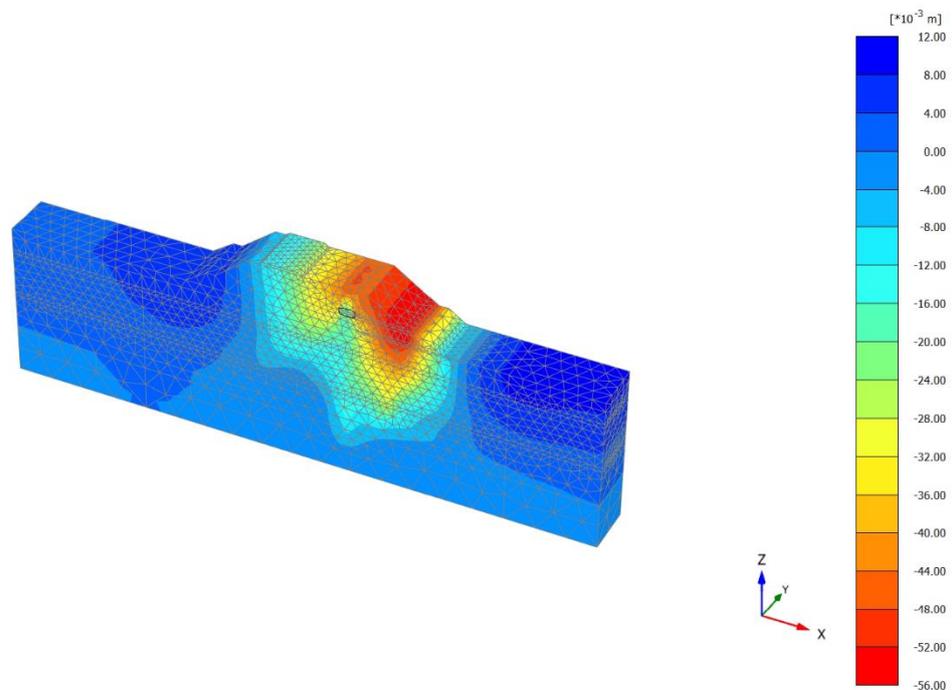
EI2RBRI6000001A

Foglio

121 di 155

ri60

2.1.1.1.7 Calculation results, Completamento rilevato [Phase_4] (4/62), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 0.1000 day)

Maximum value = 0.01007 m (Element 8188 at Node 21828)

Minimum value = -0.05405 m (Element 807 at Node 91)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

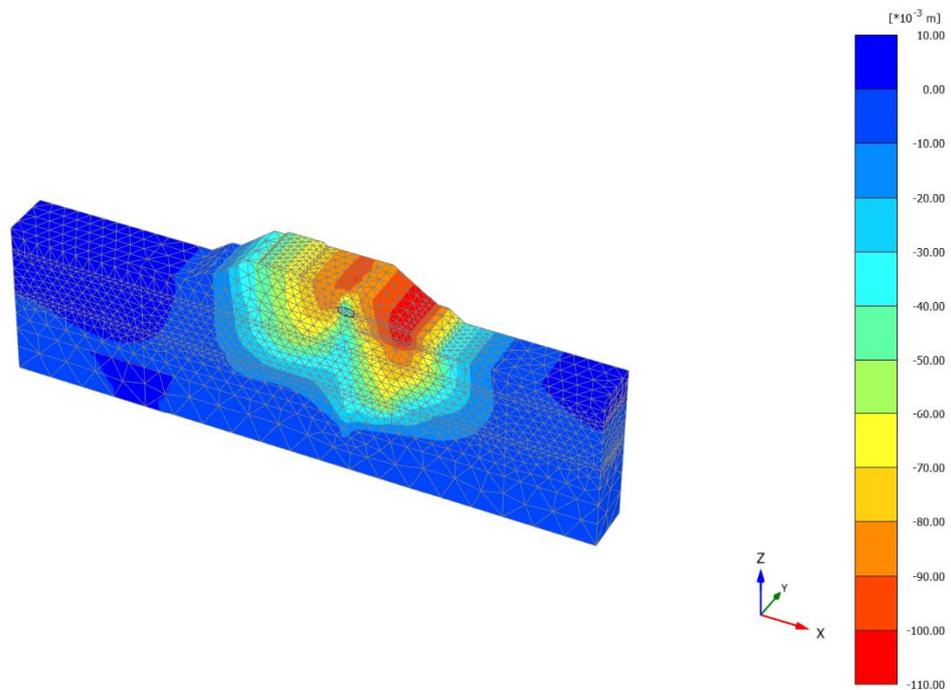
EI2RBRI6000001A

Foglio

122 di 155

ri60

2.1.1.1.8 Calculation results, cons rilevato [Phase_7] (7/188), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 120.1 day)

Maximum value = $2.326 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8144 at Node 29538)

Minimum value = -0.1047 m (Element 4442 at Node 767)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

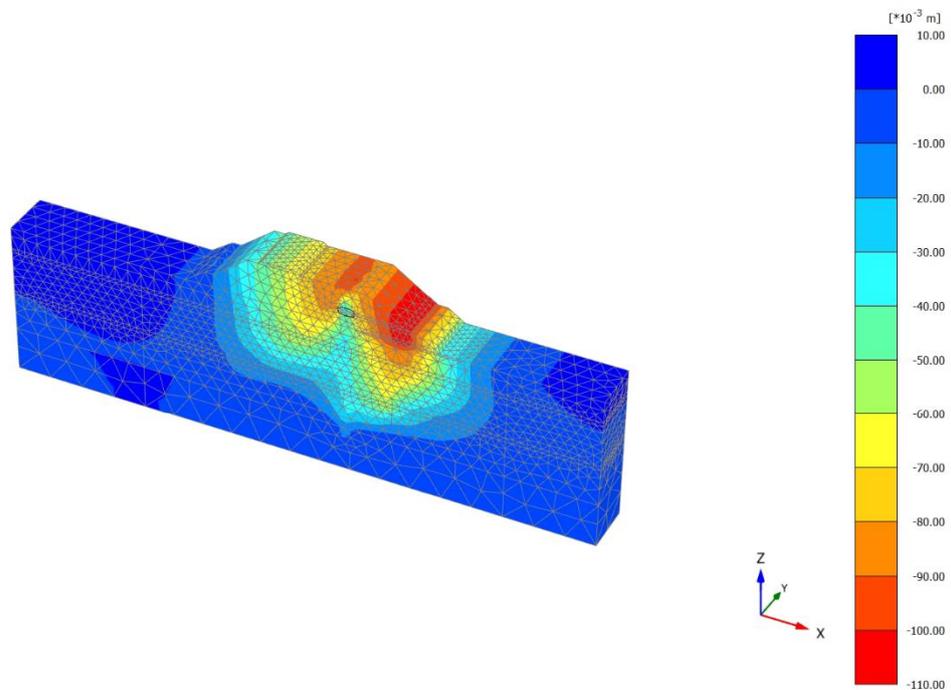
EI2RBRI6000001A

Foglio

123 di 155

ri60

2.1.1.1.9 Calculation results, fin+saturno [Phase_8] (8/197), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 270.1 day)

Maximum value = $2.326 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8144 at Node 29538)

Minimum value = -0.1047 m (Element 4442 at Node 767)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

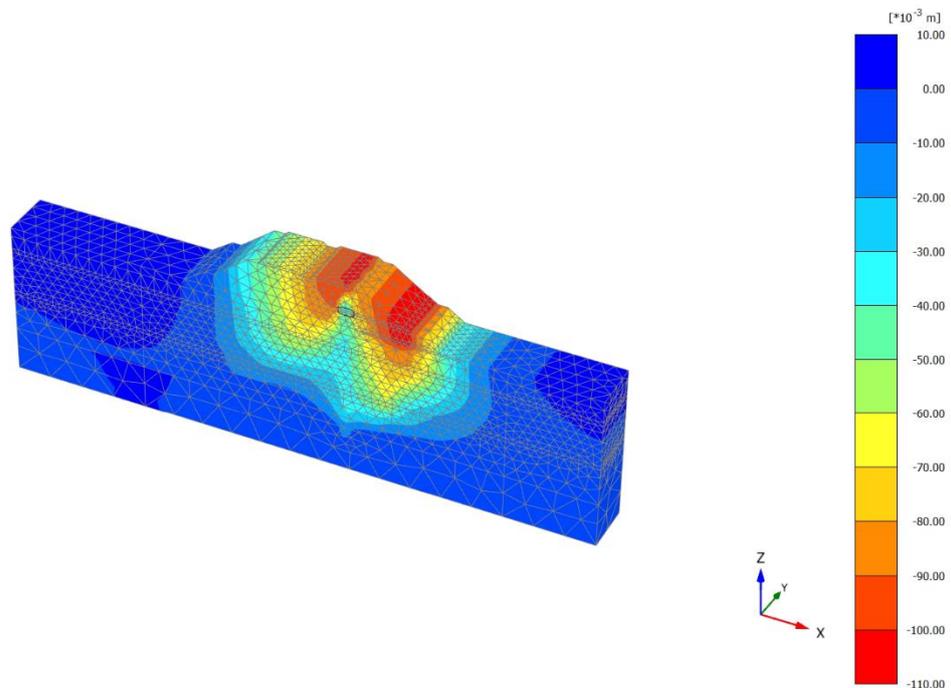
EI2RBRI6000001A

Foglio

124 di 155

ri60

2.1.1.1.10 Calculation results, Ballast [Phase_6] (6/213), Total displacements u_z



Total displacements u_z

Maximum value = $3.146 \cdot 10^{-3}$ m (Element 7971 at Node 23862)

Minimum value = -0.1069 m (Element 52 at Node 1311)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

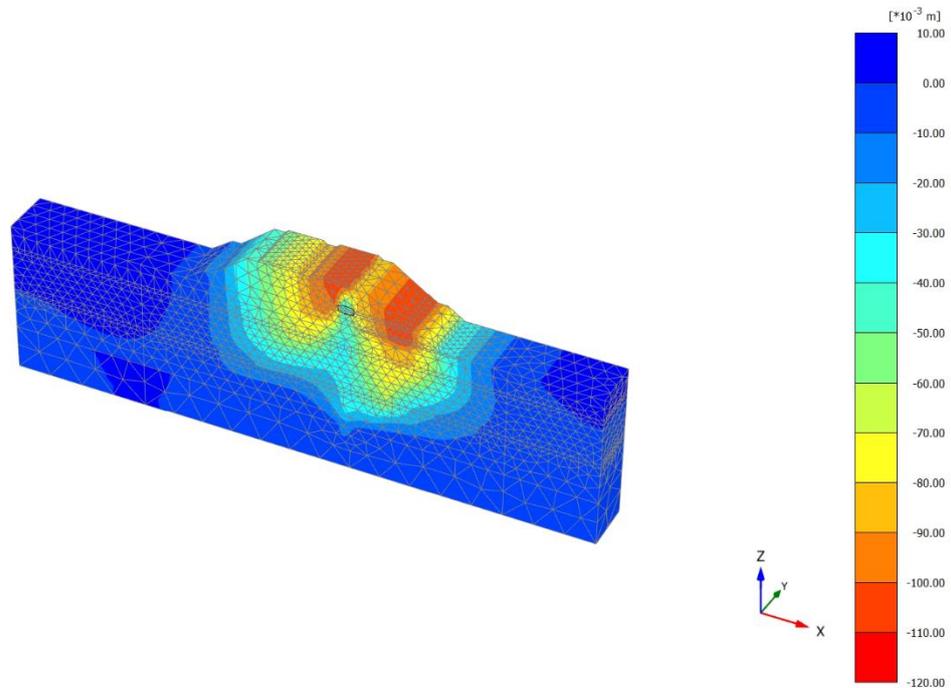
EI2RBRI6000001A

Foglio

125 di 155

ri60

2.1.1.1.11 Calculation results, cons finale [Phase_9] (9/266), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 1270 day)

Maximum value = $2.446 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8144 at Node 29538)

Minimum value = -0.1100 m (Element 52 at Node 2714)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

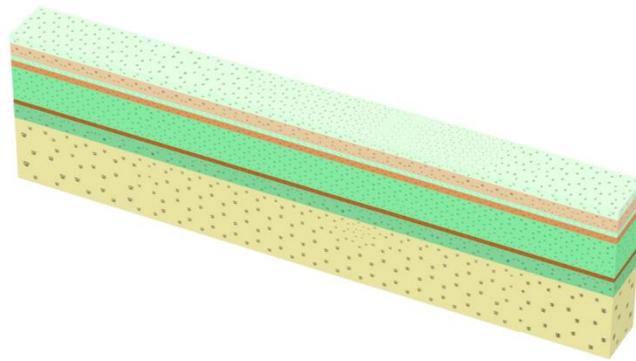
EI2RBRI6000001A

Foglio

126 di 155

ri60_sezB

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



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

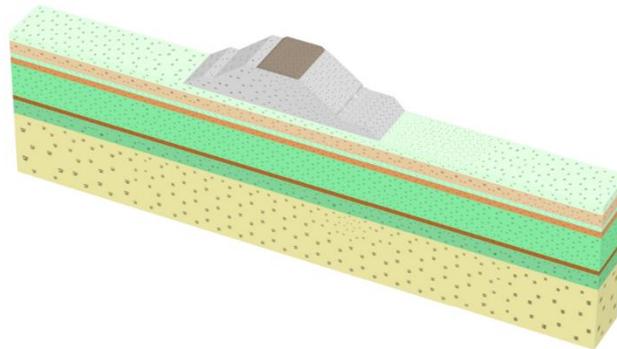
EI2RBRI6000001A

Foglio

127 di 155

ri60_sezB

1.1.1.2 Calculation results, LS [Phase_1] (1/10), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

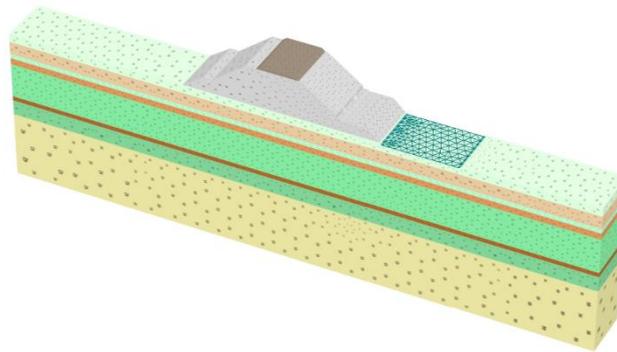
EI2RBRI6000001A

Foglio

128 di 155

ri60_sezB

1.1.1.3 Calculation results, scotico [Phase_10] (5/13), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

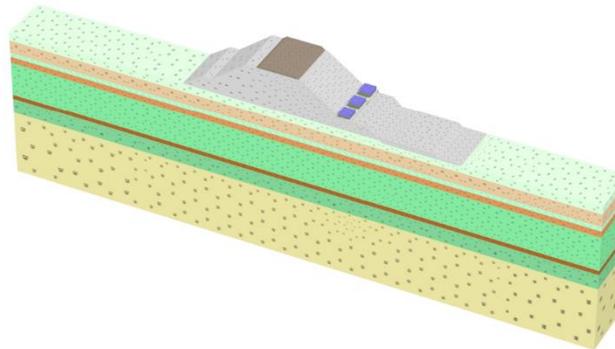
EI2RBRI6000001A

Foglio

129 di 155

ri60_sezB

1.1.1.4 Calculation results, pali A [Phase_2] (2/17), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

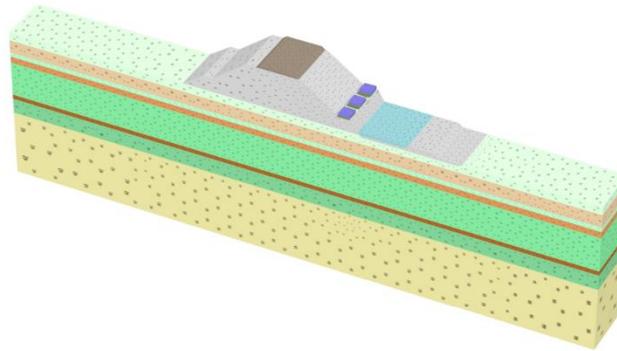
EI2RBRI6000001A

Foglio

130 di 155

ri60_sezB

1.1.1.5 Calculation results, pali BeC mix [Phase_3] (3/20), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

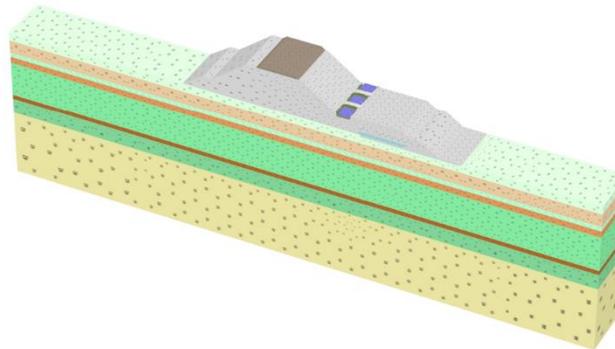
EI2RBRI6000001A

Foglio

131 di 155

ri60_sezB

1.1.1.6 Calculation results, ril1 [Phase_5] (10/28), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

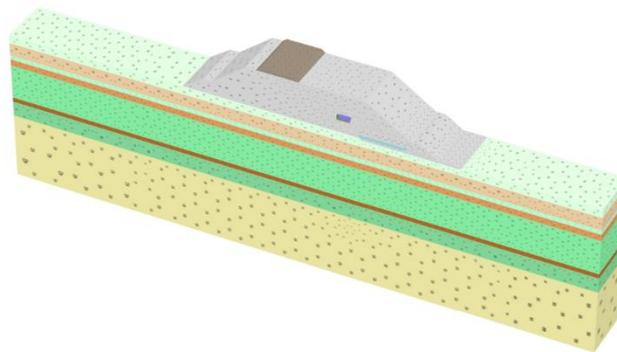
EI2RBRI6000001A

Foglio

132 di 155

ri60_sezB

1.1.1.7 Calculation results, Completamento rilevato [Phase_4] (4/46), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

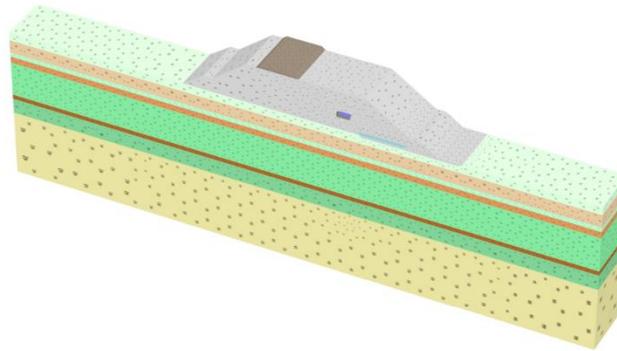
EI2RBRI6000001A

Foglio

133 di 155

ri60_sezB

1.1.1.8 Calculation results, cons rilevato [Phase_7] (7/191), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

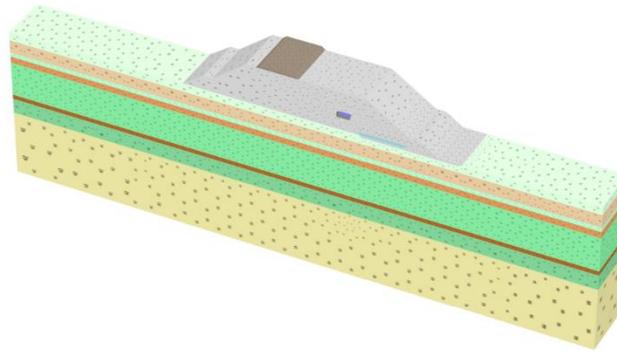
EI2RBRI6000001A

Foglio

134 di 155

ri60_sezB

1.1.1.9 Calculation results, fin+saturno [Phase_8] (8/201), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

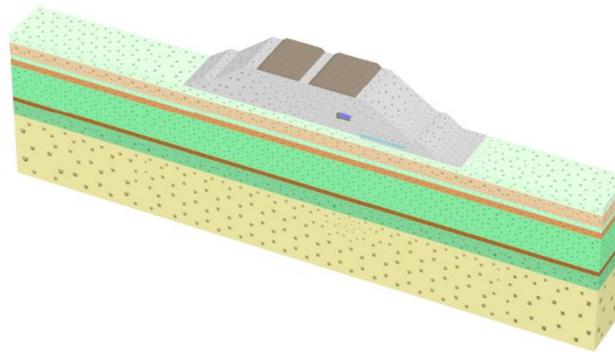
EI2RBRI6000001A

Foglio

135 di 155

ri60_sezB

1.1.1.10 Calculation results, Ballast [Phase_6] (6/211), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

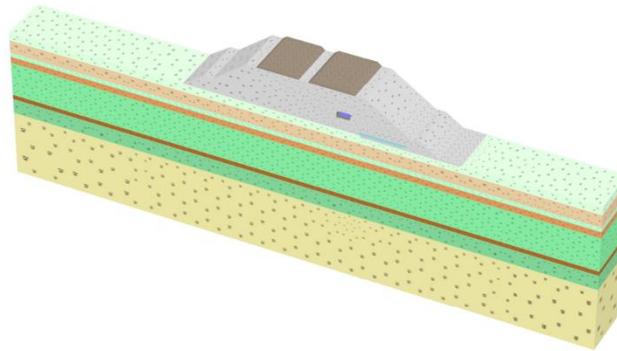
EI2RBRI6000001A

Foglio

136 di 155

ri60_sezB

1.1.1.11 Calculation results, cons finale [Phase_9] (9/271), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI6000001A	Foglio 137 di 155

ri60_sezB

1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		Ballast	CLS	MistoCem
Identification number		1	2	3
Drainage type		Drained	Non-porous	Drained
Colour				
Comments				
γ_{unsat}	kN/m ³	18.00	25.00	20.00
γ_{sat}	kN/m ³	18.00	25.00	20.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e_{int}		0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	100.0E3	33.00E6	2.000E6
ν (nu)		0.3000	0.2000	0.2000
G	kN/m ²	38.46E3	13.75E6	833.3E3
E_{oed}		134.6E3	36.67E6	2.222E6
V_s	m/s	144.8	2323	639.3
V_p	m/s	270.9	3793	1044
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E_{inc}		0.000	0.000	0.000
Z_{ref}		0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9866	0.9866
ν_u		0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$		3.750E6	1.352E9	81.94E6
Strength		Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}		1.000	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity λ, dk		0.000	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

138 di 155

ri60_sezB

Identification		Ballast	CLS	MistoCem
Drainage conductivity z, dk	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000
K_o determination		Manual	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.5000	1.000	1.000
$K_{0,y}$		0.5000	1.000	1.000
k_x	m/day	864.0	0.000	0.8640E-3
k_y	m/day	864.0	0.000	0.8640E-3
k_z	m/day	864.0	0.000	0.8640E-3
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000
S_s	1/m	0.000	0.000	0.000
c_k		1000E12	1000E12	1000E12



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI600001A

139 di 155

ri60_sezB

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil

Identification		3b_1	3b_2	3b_3	3b_4	Unità2
Identification number		4	5	6	7	11
Drainage type		Undrained (B)				
Colour						
Comments						
γ_{sat}	kN/m ³	18.50	18.50	18.50	18.50	19.00
γ_{sk}	kN/m ³	18.50	18.50	18.50	18.50	19.00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
e_{sk}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
e_{sh}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E_{sh}	kN/m ²	1797	1797	1797	1797	1797
E_{sh}	kN/m ²	1438	1438	1438	1438	1438
E_{vs}	kN/m ²	13.80E3	13.80E3	13.80E3	17.25E3	20.70E3
power (m)		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Use alternatives		No	No	No	No	No
C_c		0.3200	0.3200	0.3200	0.3200	0.3200
C_s		0.03000	0.03000	0.03000	0.02400	0.02000
e_{sk}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
c_{sh}	kN/m ²	60.00	50.00	55.00	62.50	100.0
ϕ (phi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
v_u		0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
p_{sh}	kN/m ²	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
K_{sh}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
c_{sh}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
z_{sh}	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R_r		0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9866	0.9866	0.9866	0.9866	0.9866
v_u		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
K_{sh} / n	kN/m ²	565.4E3	565.4E3	565.4E3	706.8E3	848.1E3
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_{sh}		0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{sh}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

140 di 155

ri60_sezB

Identification		3b_1	3b_2	3b_3	3b_4	Unità2
Drainage conductivity $k_{1, dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity $k_{2, dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$K_{0, s} = K_{0, r}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0, s}$		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
$K_{0, r}$		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
OCR		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
POP	kN/m ²	252.0	173.0	152.0	114.0	210.0
k_x	m/day	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	0.08600E-3
k_y	m/day	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	0.08600E-3
k_z	m/day	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	0.08600E-3
e_{sk}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S_s	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_s		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

141 di 155

ri60_sezB

1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification		Unità4_1	Unità4_2	Unità4_3	rilevato	Unità6
Identification number		8	9	10	12	13
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
γ_{sat}	kN/m ³	19.00	19.00	19.00	20.00	19.00
γ_{sk}	kN/m ³	19.00	19.00	19.00	20.00	19.00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
e_{max}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{ref}		999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	50.00E3	40.00E3	60.00E3	60.00E3	150.00E3
ν (ν_{II})		0.3000	0.3000	0.3000	0.2500	0.3000
G	kN/m ²	19.23E3	15.38E3	23.08E3	24.00E3	57.69E3
E_{sw}	kN/m ²	67.31E3	53.89E3	80.77E3	72.00E3	201.9E3
c_{σ}	kN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ϕ (phi)	°	38.00	38.00	38.00	38.00	39.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
V_s	m/s	99.65	89.13	109.2	108.5	172.6
V_p	m/s	186.4	166.7	204.2	187.9	322.9
Set to default values		No	No	No	Yes	No
E_{sc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
z_{σ}	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_{sc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
z_{σ}	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		No	No	No	Yes	No
Tensile strength	kN/m ²	10.00E6	10.00E6	10.00E6	0.000	10.00E6
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783	0.9833	0.9783
ν_u		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
$K_{\sigma_{ref}} / n$	kN/m ²	1.879E6	1.500E6	2.250E6	2.352E6	5.629E6
Strength		Rigid	Rigid	Rigid	Manual	Rigid
R_{sc}		1.000	1.000	1.000	0.6700	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{sc}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $\lambda_{r,dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity $\lambda_{v,dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0sk} = K_{0gr}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI6000001A

142 di 155

ri60_sezB

Identification		Unità4_1	Unità4_2	Unità4_3	rilevato	Unità6
K_{ax}		0.3843	0.3843	0.3843	0.3843	0.3707
K_{ay}		0.3843	0.3843	0.3843	0.3843	0.3707
k_x	m/day	0.8640	0.8640	0.8640	8640	8.640
k_y	m/day	0.8640	0.8640	0.8640	8640	8.640
k_z	m/day	0.8640	0.8640	0.8640	8640	8.640
e_{max}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
S_x	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_x		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario da pk 31 +633,65 a pk 31 +840,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI6000001A</p>	<p>Foglio 143 di 155</p>

ri60_sezB

1.1.2.2 Materials - Embedded beams -

Identification		PaliBeC1000	PaliA1200
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastic	Elastic
E	kN/m ²	33.00E6	33.00E6
γ	kN/m ³	5.500	5.500
Beam type		Predefined	Predefined
Predefined beam type		Massive circular beam	Massive circular beam
Diameter	m	1.000	1.200
A	m ²	0.7854	1.131
I ₂	m ⁴	0.04909	0.1018
I ₃	m ⁴	0.04909	0.1018
Rayleigh α		0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000
Axial skin resistance		Multi-linear	Multi-linear
Multi-linear axial resistance		Axial skin resistance table	Axial skin resistance table
F _{max}	kN	500.0	5600
Identification number		1	2

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

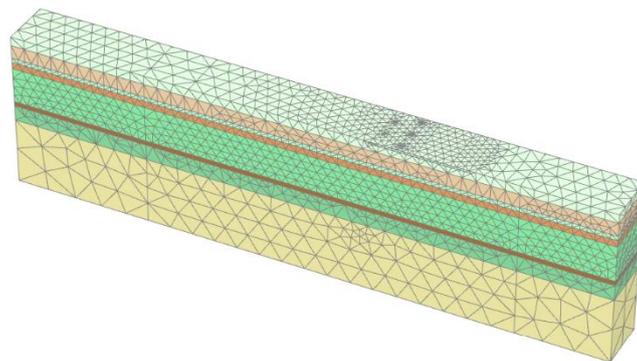
EI2RBRI6000001A

Foglio

144 di 155

ri60_sezB

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

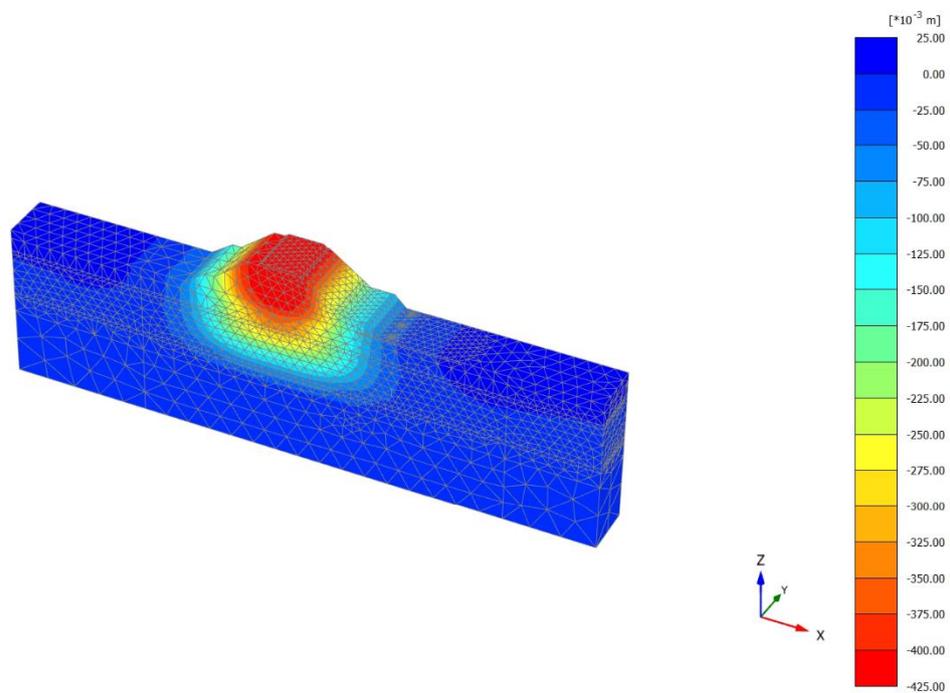


Total displacements u_z

Uniform value of 0.000 m

ri60_sezB

2.1.1.1.2 Calculation results, LS [Phase_1] (1/10), Total displacements u_z



Total displacements u_z

Maximum value = $5.410 \cdot 10^{-3}$ m (Element 7966 at Node 35830)

Minimum value = -0.4238 m (Element 3029 at Node 11518)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

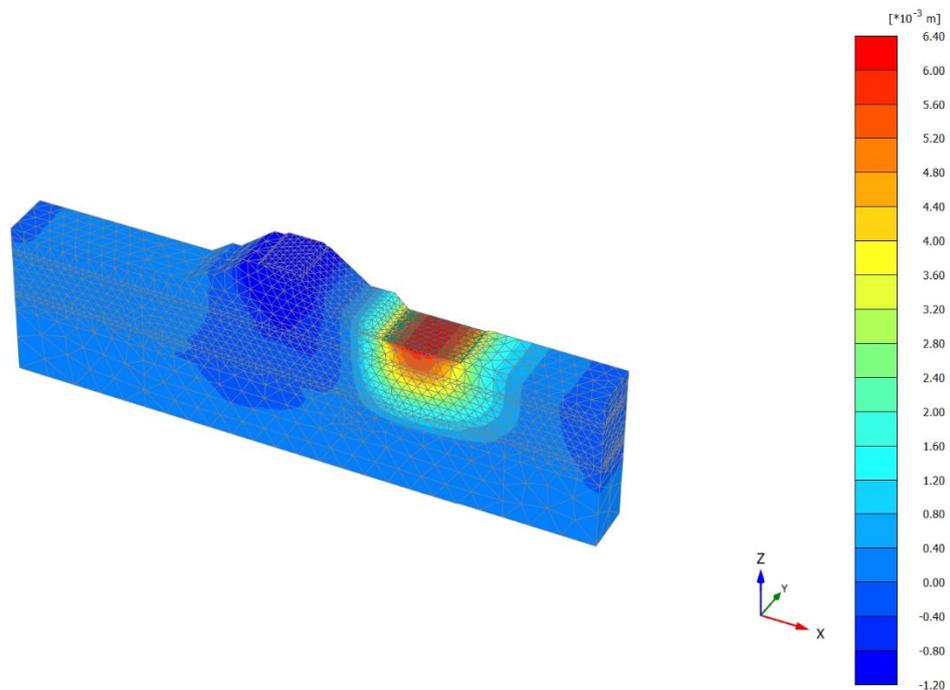
EI2RBRI6000001A

Foglio

146 di 155

ri60_sezB

2.1.1.1.3 Calculation results, scotico [Phase_10] (5/13), Total displacements u_z



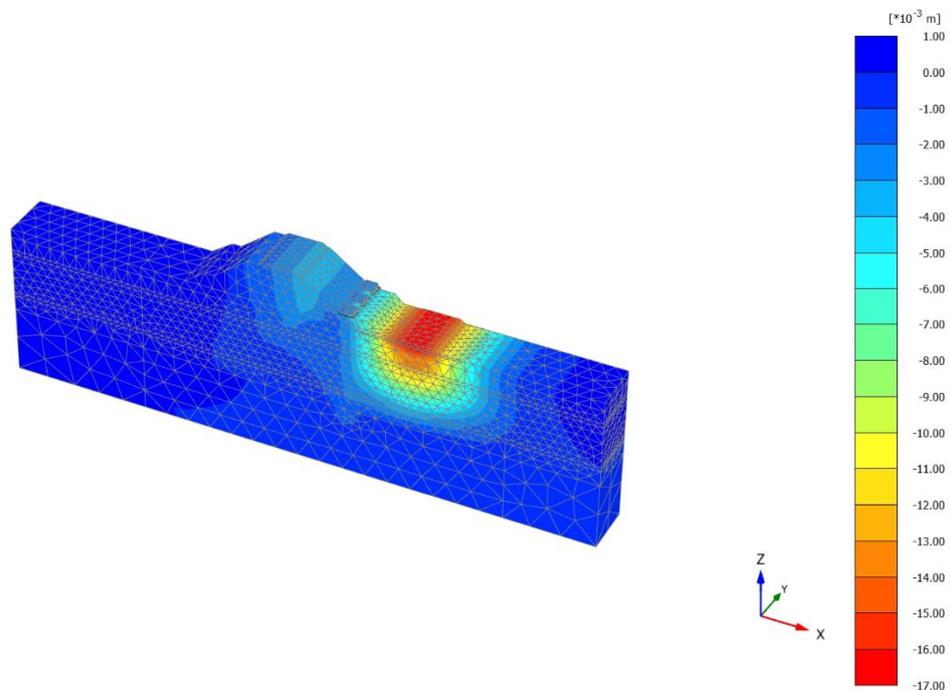
Total displacements u_z

Maximum value = 6.335×10^{-3} m (Element 8667 at Node 8766)

Minimum value = -1.059×10^{-3} m (Element 2218 at Node 5303)

ri60_sezB

2.1.1.1.4 Calculation results, pali A [Phase_2] (2/17), Total displacements u_z



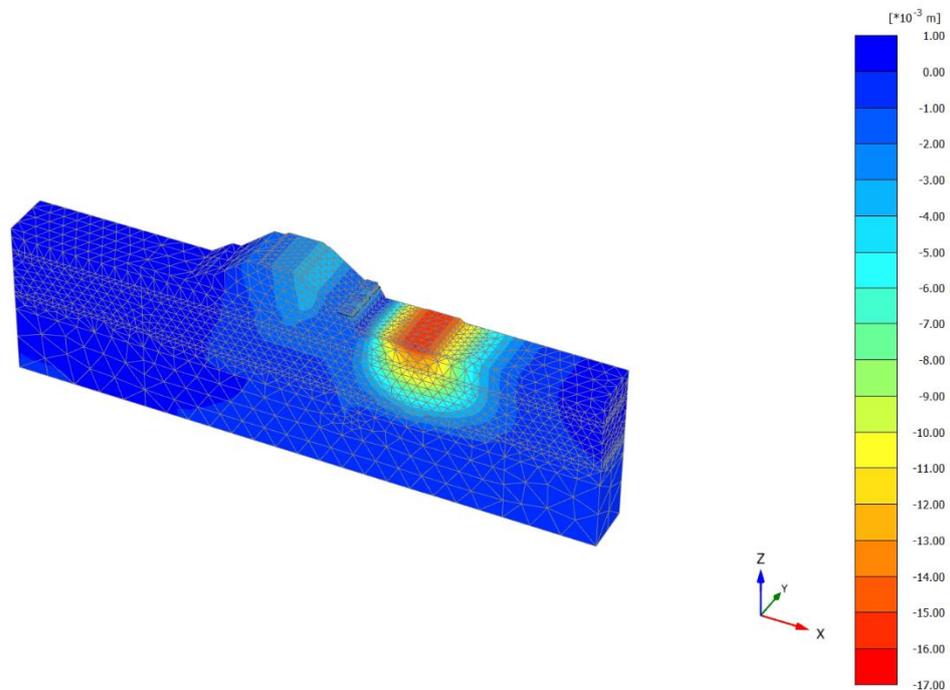
Total displacements u_z

Maximum value = $0.4714 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1574 at Node 20395)

Minimum value = -0.01682 m (Element 6395 at Node 3838)

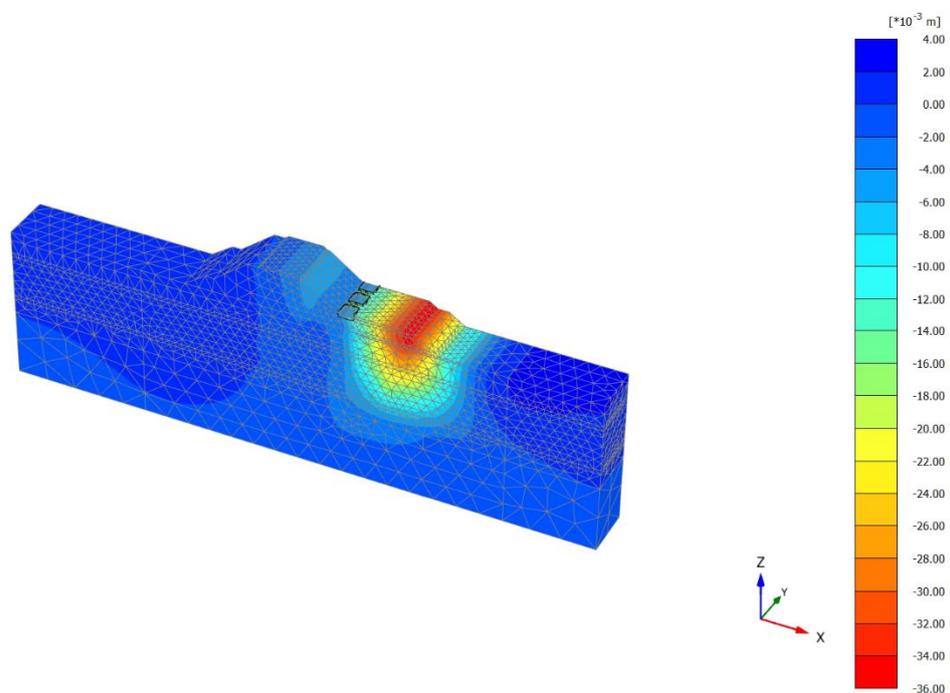
ri60_sezB

2.1.1.1.5 Calculation results, pali BeC mix [Phase_3] (3/20), Total displacements u_z



ri60_sezB

2.1.1.1.6 Calculation results, ril1 [Phase_5] (10/28), Total displacements u_z



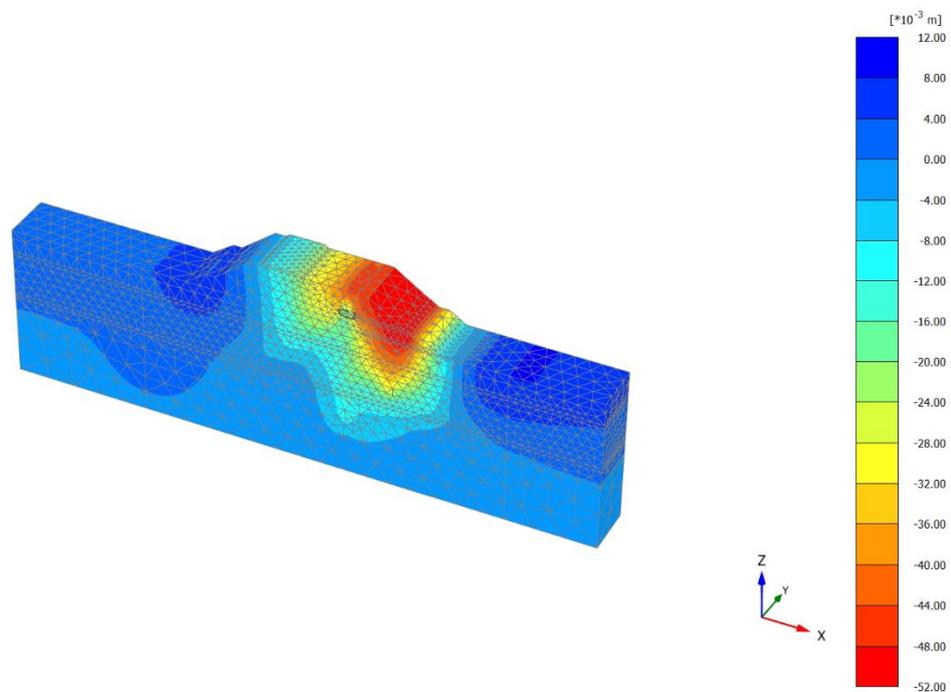
Total displacements u_z

Maximum value = $2.737 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8146 at Node 21387)

Minimum value = -0.03507 m (Element 5306 at Node 1689)

ri60_sezB

2.1.1.1.7 Calculation results, Completamento rilevato [Phase_4] (4/46), Total displacements u_z



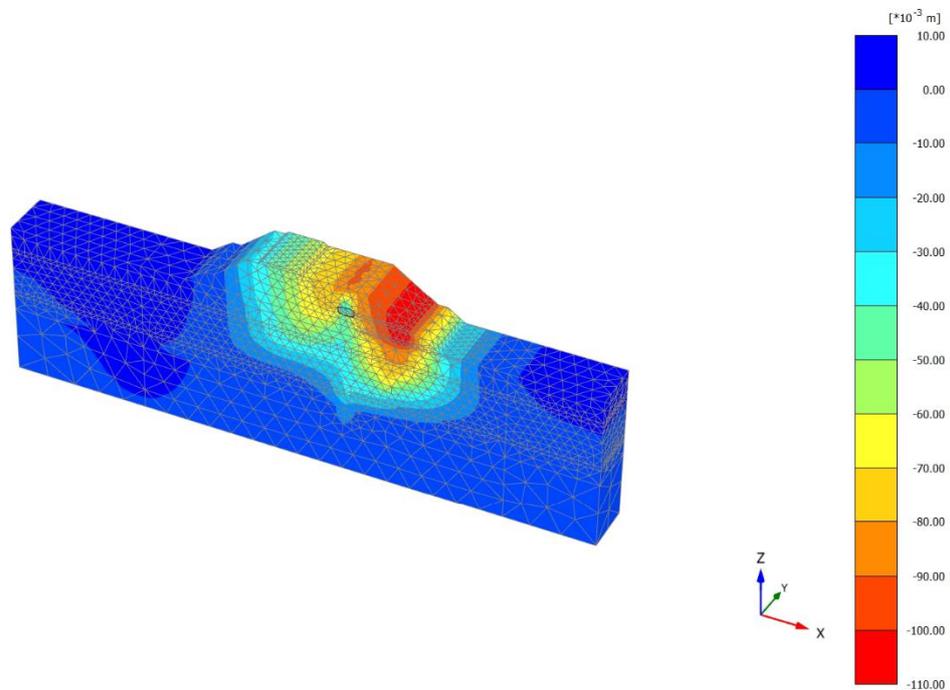
Total displacements u_z (Time 0.1000 day)

Maximum value = $8.216 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8094 at Node 18919)

Minimum value = -0.05177 m (Element 846 at Node 148)

ri60_sezB

2.1.1.1.8 Calculation results, cons rilevato [Phase_7] (7/191), Total displacements u_z



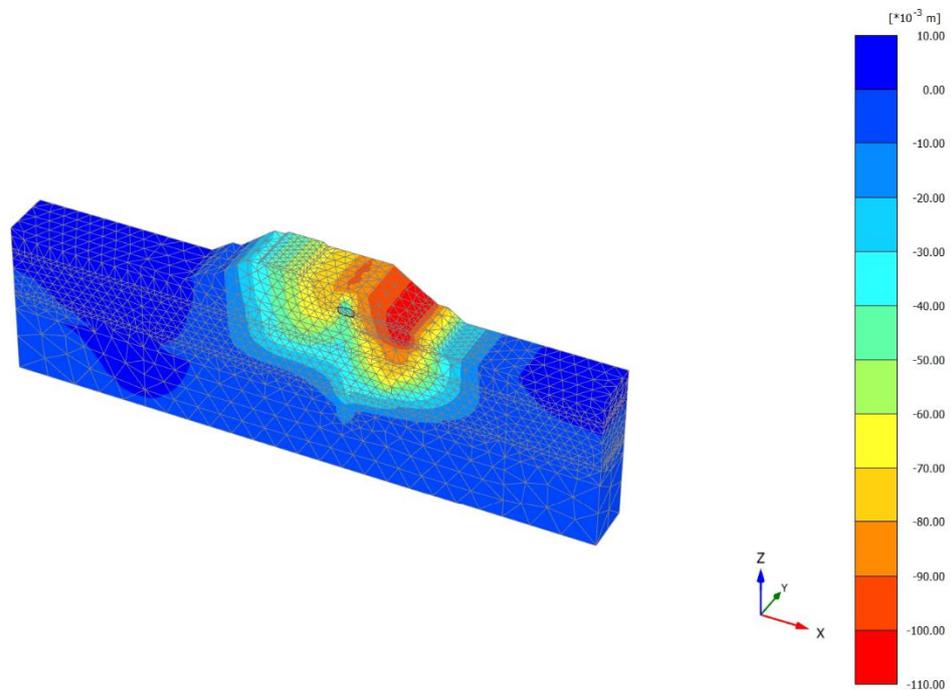
Total displacements u_z (Time 120.1 day)

Maximum value = $2.408 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8144 at Node 28386)

Minimum value = -0.1042 m (Element 849 at Node 428)

ri60_sezB

2.1.1.1.9 Calculation results, fin+saturno [Phase_8] (8/201), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 270.1 day)

Maximum value = $2.408 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8144 at Node 28386)

Minimum value = -0.1042 m (Element 849 at Node 428)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

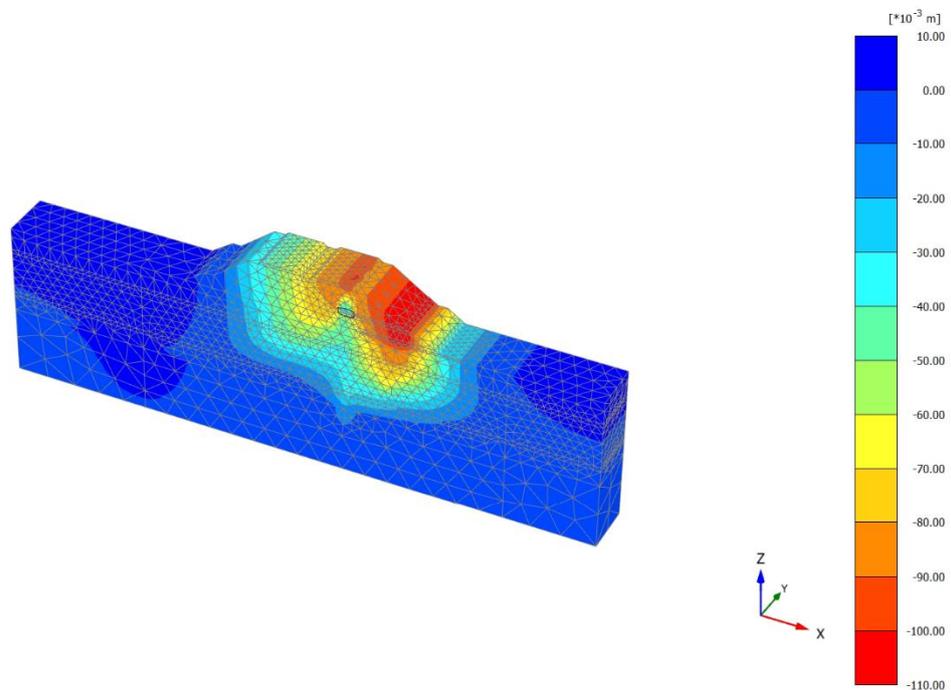
EI2RBRI6000001A

Foglio

153 di 155

ri60_sezB

2.1.1.1.10 Calculation results, Ballast [Phase_6] (6/211), Total displacements u_z



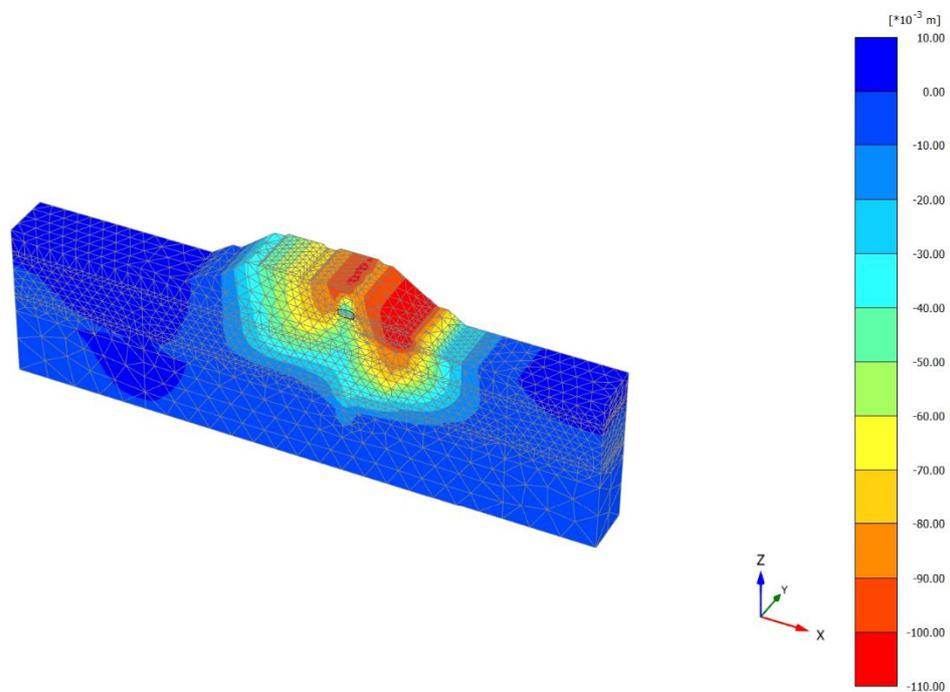
Total displacements u_z

Maximum value = 3.240 $\times 10^{-3}$ m (Element 8282 at Node 21679)

Minimum value = -0.1048 m (Element 849 at Node 428)

ri60_sezB

2.1.1.1.11 Calculation results, cons finale [Phase_9] (9/271), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 630.1 day)

Maximum value = $2.590 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8274 at Node 21676)

Minimum value = -0.1072 m (Element 849 at Node 428)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 31+633,65 a pk 31+840,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI6000001A

Foglio

155 di 155

ALLEGATO 6- VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI

- 1) SLIDE ver 7.0
- 2) PLAXIS 3D ver 2017