

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

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

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RILEVATI**

**Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29**

**GENERALE**

**Relazione Geotecnica**

|  |  |                  |  |       |
|--|--|------------------|--|-------|
| GENERAL CONTRACTOR   |  | DIRETTORE LAVORI |  | SCALA |
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE<br>Ing. Giovanni MALAVENDA<br>ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA<br>n. 4503<br>Data: Dicembre 2022 | Consorzio<br>Iricav Due<br>ing. Paolo Carmona<br>Data: Dicembre 2022 |                  |  | -     |

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

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

|  |                            |                       |
|--|----------------------------|-----------------------|
|  | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE |                       |
|  | Firma<br>Alberto LEVORATO  | Data<br>Dicembre 2022 |

Progettazione:

| Rev. | Descrizione | Redatto        | Data          | Verificato     | Data          | Approvato     | Data          | IL PROGETTISTA |
|------|-------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| A    | EMISSIONE   | A. Mingoia<br> | Maggio 2021   | V. Pastore<br> | Maggio 2021   | P. Ascari<br> | Maggio 2021   |                |
| B    | REVISIONE   | A. Arione<br>  | Dicembre 2022 | V. Pastore<br> | Dicembre 2022 | P. Ascari<br> | Dicembre 2022 |                |

|                 |                      |                                  |
|-----------------|----------------------|----------------------------------|
| CIG: 8377957CD1 | CUP: J41E91000000009 | File: IN1712E12RBR166B0001B.DOCX |
|                 |                      | Cod. origine:                    |



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

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



|       |  |    |
|-------|--|----|
| 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  |
| 4     | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....                               | 9  |
| 4.1   | Indagini disponibili.....  | 9  |
| 4.2   | Inquadramento stratigrafico .....                                | 10 |
| 4.3   | Livello di falda .....   | 12 |
| 4.4   | Condizioni geotecniche del sito .....                            | 13 |
| 4.5   | Sintesi del modello geotecnico di riferimento .....              | 32 |
| 4.5.1 | Materiali da rilevato.....                                       | 32 |
| 5     | CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE..... | 33 |
| 5.1   | Sollecitazione sismica di progetto.....                          | 33 |
| 5.1.1 | Vita Nominale.....   | 33 |
| 5.1.2 | Classe d'uso .....   | 33 |
| 5.1.3 | Periodo di riferimento per l'azione sismica .....                | 34 |
| 5.1.4 | Categorie di Sottosuolo.....                                     | 34 |
| 5.1.5 | Condizioni topografiche .....                                    | 34 |
| 5.1.6 | Accelerazione sismica di riferimento .....                       | 35 |
| 5.2   | Suscettibilità alla liquefazione.....                            | 35 |
| 5.2.1 | CRR da correlazione su prove CPT .....                           | 37 |
| 5.2.2 | CRR da correlazione su prove SPT.....                            | 39 |
| 6     | VERIFICA DELL'OPERA.....   | 47 |
| 6.1   | Criteri di verifica agli Stati Limite.....                       | 47 |
| 6.1.1 | Stati limite ultimi (SLU).....                                   | 47 |
| 6.1.2 | Stati limite di esercizio (SLE) .....                            | 49 |
| 6.2   | Azioni di progetto .....   | 50 |
| 6.2.1 | Azioni permanenti .....  | 50 |
| 6.2.2 | Azioni variabili .....   | 50 |
| 6.2.3 | Azione sismica .....   | 50 |
| 6.3   | Sezioni di calcolo .....   | 51 |
| 6.4   | Risultati e verifiche.....                                       | 52 |
| 6.4.1 | Verifiche geotecniche agli SLU.....                              | 52 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio   |
|----------|-------|-----------------|----------|
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001B | 3 di 126 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.4.2 | Verifiche geotecniche agli SLE .....                                  | 54 |
| 7     | CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....                                   | 59 |
|       | Allegati .....  | 60 |
|       | ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO .....                              | 61 |
|       | ALLEGATO 2 – INDAGINI DISPONIBILI .....                               | 63 |
|       | ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI STATICHE ..... | 77 |
|       | ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE ..... | 87 |
|       | ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS .....                                 | 97 |

|  |  |             |                             |                    |
|--|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                    |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>4 di 126 |

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI66B, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 35+200,00 ed il km 35+600,00.

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.

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

Il documento è così organizzato:

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

|  |  |             |                             |                    |
|--|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                    |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>5 di 126 |

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documentazione di progetto

- [1] IN1712EI2W9RI66B0001-3 Sezioni trasversali, tav 1-3
- [2] IN1712EI2F7RI66B0001 Profilo longitudinale
- [3] IN1712EI2P8RI66B0001 Planimetria stato di fatto
- [4] IN1712EI2P8RI66B0002 Planimetria stato di progetto
- [5] IN1712EI2RORI66B0001 Relazione tecnica generale
- [6] IN1710EI2RBGE0000004 Relazione Geotecnica (da 33+500 a 44+000)
- [7] IN1710EI2LZGE0000020 Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 9 di 11
- [8] IN1710EI2RHGE0000006 Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2
- [9] IN1710EI2P5GE0000009 Planimetrie con classificazione sismica del territorio 9 di 11
- [10] IN1710EI2RHGE0000004 Relazione idrogeologica 2/2
- [11] IN1710EI2RHGE0000007-8 Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [12] IN1710EI2PRGE0000001-2, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2PRGE0000003-4, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [14] IN1710EI2PRGE0000005-8, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [15] IN1710EI2PRGE0000009-12, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [16] IN1710EI2IGGE0000001-2, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [17] IN1710EI2IGGE0000003-4, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI

### 2.2 Normativa e standard di riferimento

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

|  |  |             |                             |                    |
|--|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                    |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>6 di 126 |

- [24] 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
- [25] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [26] 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
- [27] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [28] 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

- [29] Bentley - Plaxis 3D ver 2018
- [30] Burland J.B., Broms B.B. & de Mello, V.F.B. (1977), “Behaviour of foundations and structures”, Proc. IX ICSMFE, Tokyo, Vol.2, pp.495-546
- [31] GeoStru – RC-SEC ver 2015
- [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] Jamiolkowski M., Leroueil S. and Lo Presti D.C.F. (1991), “Theme lecture: Design paramters from theory to practice”. Proc. Geo-Coast 1991, Yokohama, Japan, pp.1-41
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] NAVFAC (1982), “Soil Mechanics. D.M. 7.1”, Naval Facilities Engineering Command. Alexandria
- [37] Parez and Fauriel (1988), “Le piezocone améliorations apportées à la reconnaissance de sols”. Revue Française de Géotechnique, Vol.44, pp-13-27
- [38] 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.
- [39] Rocscience - Slide ver 7.0, 2017
- [40] 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.
- [41] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001B

Foglio

7 di 126

- [42] 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.
- [43] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 127, n° 10, pp.817-833.

### 3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende dalla pk Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29, per una lunghezza totale di 400 m. L'opera accoglie nella sua sede sia la linea storica (RI66B) che il nuovo tracciato della linea AV/AC (RI66A). Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

La geometria dell'opera è descritta in dettaglio negli elaborati grafici di progetto: Planimetria di progetto (Doc. rif. [4]), Profilo longitudinale (Doc. rif. [2]) e Sezioni trasversali (Doc. rif. [1]). Il rilevato ha un'altezza media variabile tra 4.35 m e 5 m.

In Figura 1 si illustra schematicamente una sezione trasversale tipo del rilevato. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici (Doc. rif. [1], [2] e [3]).

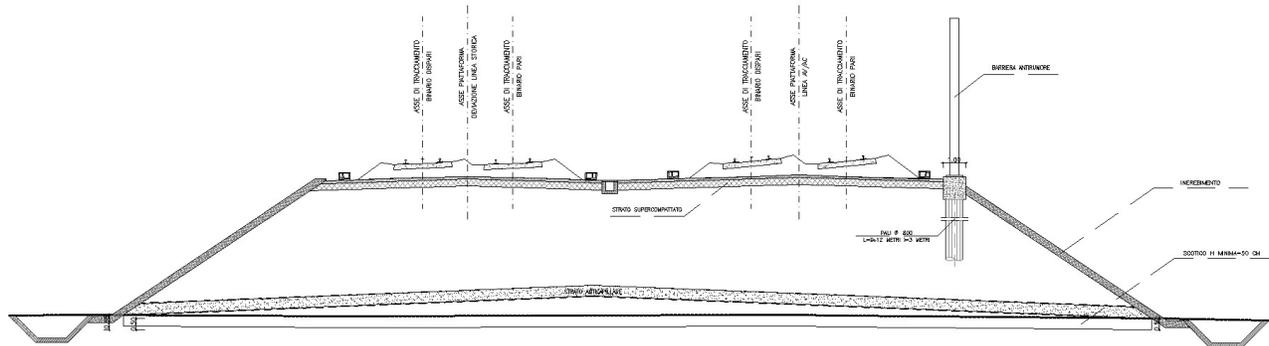


Figura 1 – Sezione tipo del rilevato RI66B

|  |  |             |                             |                    |
|--|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                    |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>9 di 126 |

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 2, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [7]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [11] - [17]).

Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2.

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative all'area di interesse e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [6]).

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. [6]).

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

*Tabella 1 - Indagini da pk 34+800 a pk 36+000 (pk linea AV/AC)*

| Progressiva<br>pk | ID indagini<br>- | Campagna<br>anno |
|-------------------|------------------|------------------|
| 34+800            | CPTU-PE-41bis    | 2020-2021        |
| 34+800            | CPTU-PE41Vbis    | 2020-2021        |
| 34+810            | S56              | 2015             |
| 35+040            | CPTU-PE-42       | 2020-2021        |
| 35+060            | CPTU-PE-42bis    | 2020-2021        |
| 35+060            | CPTU-PE-42vbis   | 2020-2021        |
| 35+130            | S57              | 2015             |
| 35+230            | CPTU-PE-43bis    | 2020-2021        |
| 35+230            | CPTU-PE-43Vbis   | 2020-2021        |
| 35+298            | BH-PE-75         | 2020-2021        |
| 35+365            | CPTU-PE-43       | 2020-2021        |
| 35+410            | CPTU-PE-43ter    | 2020-2021        |
| 35+410            | CPTU-PE-43Vter   | 2020-2021        |
| 35+460            | S58              | 2015             |
| 35+597            | CPTU-PE-44       | 2020-2021        |

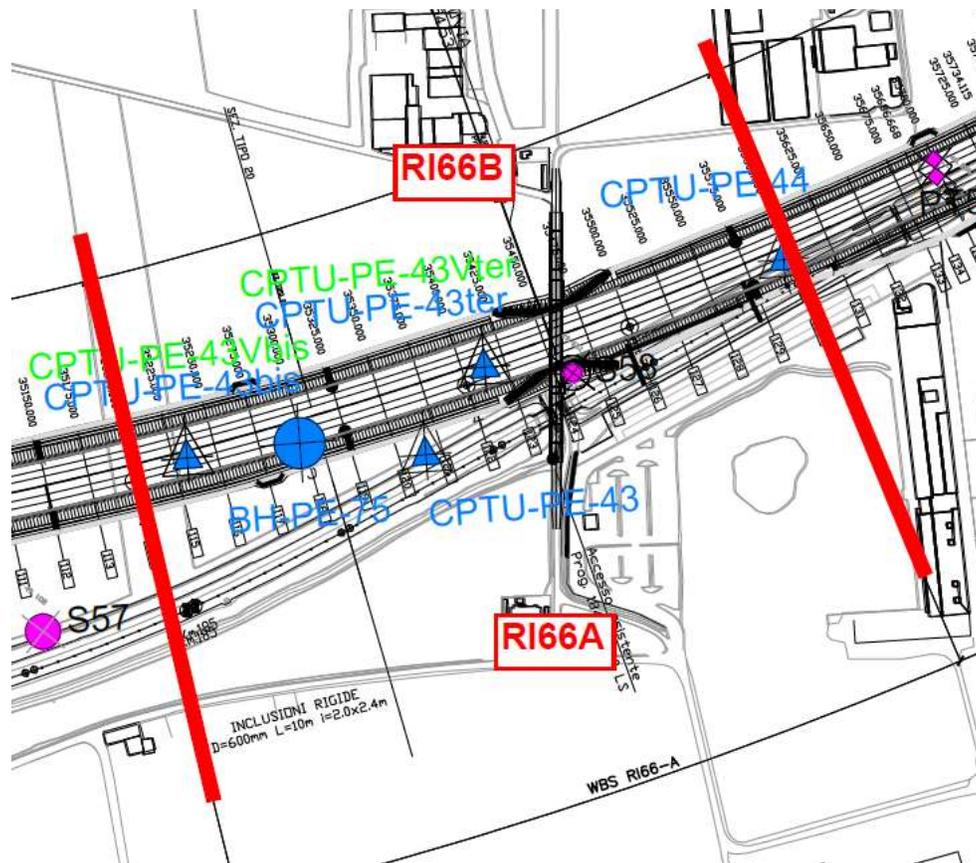


Figura 2 - Planimetria Rilevato RI66B, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [7])

## 4.2 Inquadramento stratigrafico

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di limi argillosi e sabbiosi, compatti, sovraconsolidati, avente spessore variabile fra 8.5 e 14 m circa.

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

All'interno di tale strato, e talora anche in prossimità della superficie ((CPTU-PE-43bis, CPTU-PE42bis), le indagini svolte hanno permesso di identificare e verificare la presenza di lenti di materiali a grana grossa (principalmente ghiaie), posti a diverse quote (si veda al proposito lo stralcio del profilo geotecnico al 5000 riportato in ALLEGATO

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>11 di 126 |

1) che hanno talora causato il rifiuto alla prova penetrometrica. Nel caso di rifiuto a profondità modeste, la prova è stata ripetuta effettuando un preforo, attraversando lo strato di ghiaia e riprendendo la prova sino alle ghiaie di base ubicate a 12-14 m di profondità.

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

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

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

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

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

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [6]).

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI65A, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 9 di 11 (Doc. Rif. [7]).

|   |   |             |                             |                     |
|---|---|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                       | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>12 di 126 |

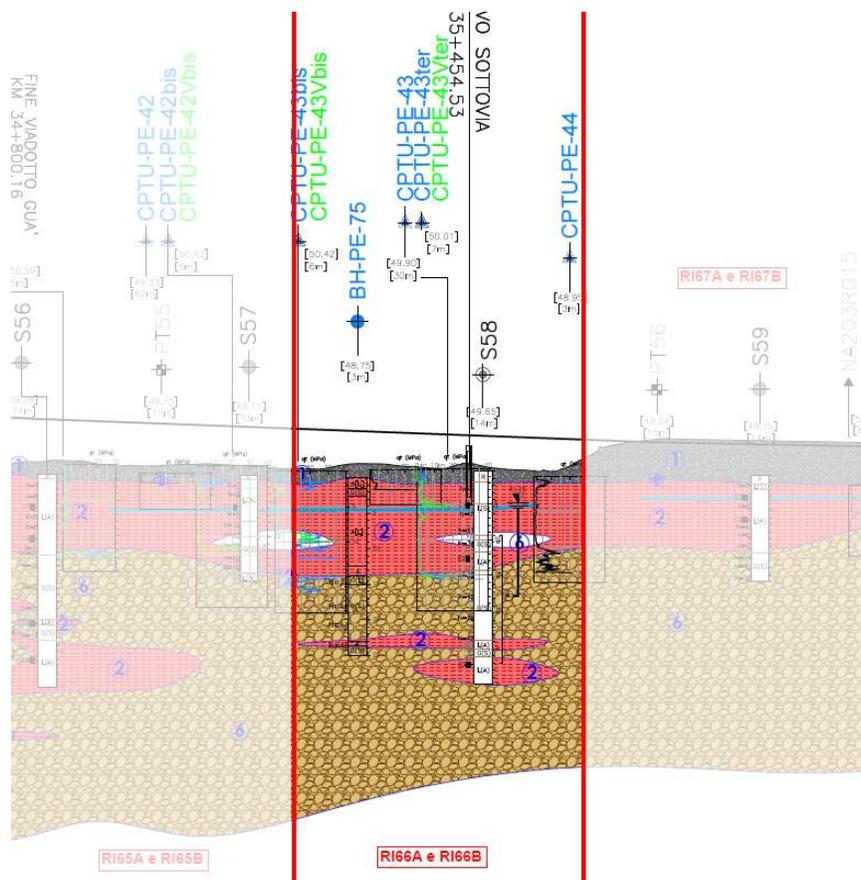


Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI66B, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [7])

### 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. [10]). Quest'ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

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

- Per quanto concerne le verifiche SLU, le condizioni dimensionanti fanno riferimento alla resistenza al taglio non drenata dello strato argilloso superficiale, e pertanto la quota di falda è influente sull'esito delle stesse.
- Per quanto invece concerne le verifiche SLE (analisi di cedimento), queste tengono conto dell'effetto dell'incremento dello stato tensionale efficace attuale ( $\sigma'_{v0}$ ) dovuto alla costruzione del rilevato ( $\Delta\sigma'$ ), e sul potenziale superamento della pressione di preconsolidazione  $\sigma'_p$ . Risulta quindi evidente che, in questo

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>13 di 126 |

caso, più elevato è il livello di  $\sigma'_{v0}$  (e quindi più profonda è la falda rispetto al p.c.), maggiore è la possibilità che un dato incremento di carico  $\Delta\sigma'$  porti il materiale al superamento della preconsolidazione, nello stato NC. Si è quindi deciso di considerare, nelle analisi di cedimento, una falda corrispondente alla quota media, pari a 4 m da p.c.

#### 4.4 Condizioni geotecniche del sito

Le Figure di seguito riportano i risultati di principale interesse ai fini della determinazione dei parametri geotecnici di progetto per l'opera in esame. Come detto, avendo considerato la relativa uniformità delle caratteristiche dei materiali, con particolare riferimento ai limi superficiali, si sono esaminate indagini relative ad un'area più estesa di quella strettamente di pertinenza dell'RI66, estendendo l'analisi dei dati anche a quelli ricavati da indagini condotte sui vicini rilevati RI 65 e 67.

In particolare:

- La Figura 4 riporta i risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi nell'area
- La Figura 5 riporta i risultati delle determinazioni granulometriche effettuate sullo strato a grana fine superficiale (Unità 2)
- La Figura 6 e la Figura 9 riportano i dati dei limiti di Atterberg e del contenuto d'acqua naturale dei materiali dell'unità 2 superficiale, mentre la Figura 8 illustra i dati dei pesi di volume del materiale. La Figura 7 riporta invece i valori degli indici dei vuoti in sito  $e_0$ .
- La Figura 10 e la Figura 11 illustrano l'interpretazione delle prove edometriche e delle prove CPTU in termini di pressione di preconsolidazione, per il materiale dell'Unità 2
- La Figura 12 e la Figura 13 riportano i valori di  $t_{50}$  (tempo necessario alla dissipazione del 50% della sovrappressione interstiziale misurata all'inizio della prova di dissipazione), e i valori del coefficiente di consolidazione orizzontale  $ch$  da questi stimati, sulla base dell'approccio di Teh e Houlsby (1991).
- La Figura 15 e la Figura 16 riportano i valori di resistenza al taglio non drenata da prove di laboratorio TX-UU e TX CIU, dalle determinazioni dei pocket, e dall'interpretazione delle prove penetrometriche CPTU, effettuata utilizzando un fattore  $N_k=14$ .
- La Figura 17 e la Figura 18 illustrano rispettivamente l'interpretazione delle prove SPT in termini di densità relativa e angolo di resistenza al taglio delle ghiaie dell'Unità 6
- La Figura 19 e la Figura 20 riportano infine i valori di velocità delle onde di taglio e di modulo di taglio iniziale, adottati come riferimento per la tratta in questione (Doc. Rif. 5).

Sulla base di tali dati si osserva quanto segue:

1. I materiali argillosi di superficie, di maggiore interesse progettuale, e che governano l'esito delle verifiche di stabilità e di cedimento, sono costituiti da limi argillosi e sabbiosi, da poco a mediamente plastici, con valori di LP nel campo 20-30 e LL generalmente compresi fra 40 e 60. I corrispondenti valori dell'indice plastico

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>14 di 126 |

sono generalmente compresi fra 20 e 35.

2. I materiali si presenti compatti, con valori di pesi di volume dell'ordine dei 19 kN/m<sup>3</sup>, e contenuti d'acqua nel campo 30-37%
3. I dati delle prove edometriche indicano che si tratta di materiali sovraconsolidati, con pressioni di preconsolidazione nel campo 200-340 kPa, con conseguenti valori di OCR nel range 3-6. I valori di compressibilità del materiale in condizioni edometriche (nel piano  $\varepsilon_v$ - $\log \sigma'_v$ ) sono risultati variare nei seguenti intervalli  
RR= 0.015-0.025 (rapporto di ricompressione nel ramo di scarico-ricarico)  
CR = 0.15-0.20 (rapporto di compressione vergine)  
I valori di preconsolidazione ottenuti dalle prove edometriche sono confermati da quelli interpretati dalle prove penetrometriche mediante la correlazione  $\sigma'_p = 0.32 \cdot (q_t - \sigma_{v0})$  (si veda rif [6], Figura 10 e Figura 11). Come già commentato. I valori paiono confermare la presenza di una crosta essiccata con valori della pressione di preconsolidazione più elevati nei primi 4-5 m, e poi tendenzialmente costanti con la profondità fino alla base dello strato superficiale.
4. I valori di resistenza al taglio non drenata ottenuti dall'insieme dei dati (sia di laboratorio che dall'interpretazione delle prove penetrometriche, si veda la Figura 15 e la Figura 16) risultano sempre superiori agli 80 kPa, anche localmente influenzati dalla presenza di livelletti più sabbiosi. Al disotto dei 4-5 metri da p.c. i valori si assestano ed oscillano nel campo 40-60 kPa, con un tendenziale incremento verso la base dello strato a valori nel campo 50-70 kPa.
5. La Figura 12 illustra i dati delle prove di dissipazione in termini di t50, pari al tempo necessario alla dissipazione del 50% della sovrappressione interstiziale  $\Delta u_{max}$  ( $u_{max} - u_0$ ) misurato a diverse quote durante l'esecuzione di prove di dissipazione. I valori calcolati oscillano fra le poche centinaia di secondi (evidentemente misurati in corrispondenza di possibili strati più permeabili), fino a valori nel campo 1000-1700 s, con un picco di isolato di 2500 s.
6. La Figura 13 riporta i conseguenti valori del coefficiente di consolidazione in direzione orizzontale  $c_h$  stimati sulla base del t50, sulla base dell'approccio suggerito da Teh e Houlsby (1991, si veda rif. [6]).
7. Sempre sulla base dei dati delle prove, si possono stimare, sulla base delle indicazioni contenute nella Figura 14, i valori del coefficiente di permeabilità orizzontale, che risultano essere dell'ordine di  $1 \cdot 10^{-7}$  cm/s.
8. Tenendo conto che tali valori si applicano alla parte più "argillosa" dello strato in questione, al disotto dei 6/7 m da p.c. e fino alla base dello strato, si considera un rapporto fra  $k_h/k_v = 2-4$ , tipico di depositi argillosi da omogenei a mediamente omogenei, con un modesto impatto della struttura sedimentaria sulle caratteristiche di permeabilità e consolidazione.
9. Le ghiaie si presentano generalmente da poco a mediamente addensate ( $D_r = 30-40\%$ ), con valori di angoli di resistenza al tagli stimabili attorno ai 41° (in accordo a Schmertmann).

Nel presente documento si è data maggiore attenzione alla caratterizzazione dei limi superficiali dell'Unità 2, in

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>15 di 126 |

quanto determinanti per la definizione dei problemi di stabilità e di cedimento.

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

Per quanto concerne in particolare i limi argillosi dell'Unità 2 presenti oltre i 20-25 m di profondità, anche considerando i valori minimi della pressione di preconsolidazione indicati nella Relazione geotecnica di tratta [6], e pari a 400 kPa, risulta evidente che gli incrementi indotti dal carico dei rilevati saranno tale da comprimere i terreni nel ramo di ricarico. In tali circostanze, i valori di  $c_v$  stimabili per materiali fini di plasticità medio bassa, nel campo di ricarico, sono molto elevati ( $\approx 5 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , si veda ad esempio Doc. Rif [36]). In aggiunta, tali strati sono di altezza continua modesta, con tempi di consolidazione quindi molto rapidi. Si considera infine i valori di  $\Delta u$  che insorgono in terreni OC sono inferiori a quelli di  $\Delta \sigma_v$ , (dell'ordine di 0.4-0.5, si veda ad esempio Burland et al. (1977), Doc. Rif. [30]), e pertanto una parte di cedimenti per consolidazione avviene in pratica all'atto dell'applicazione del carico. Se ne conclude che, per questi strati, i cedimenti differiti nel tempo saranno trascurabili.



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

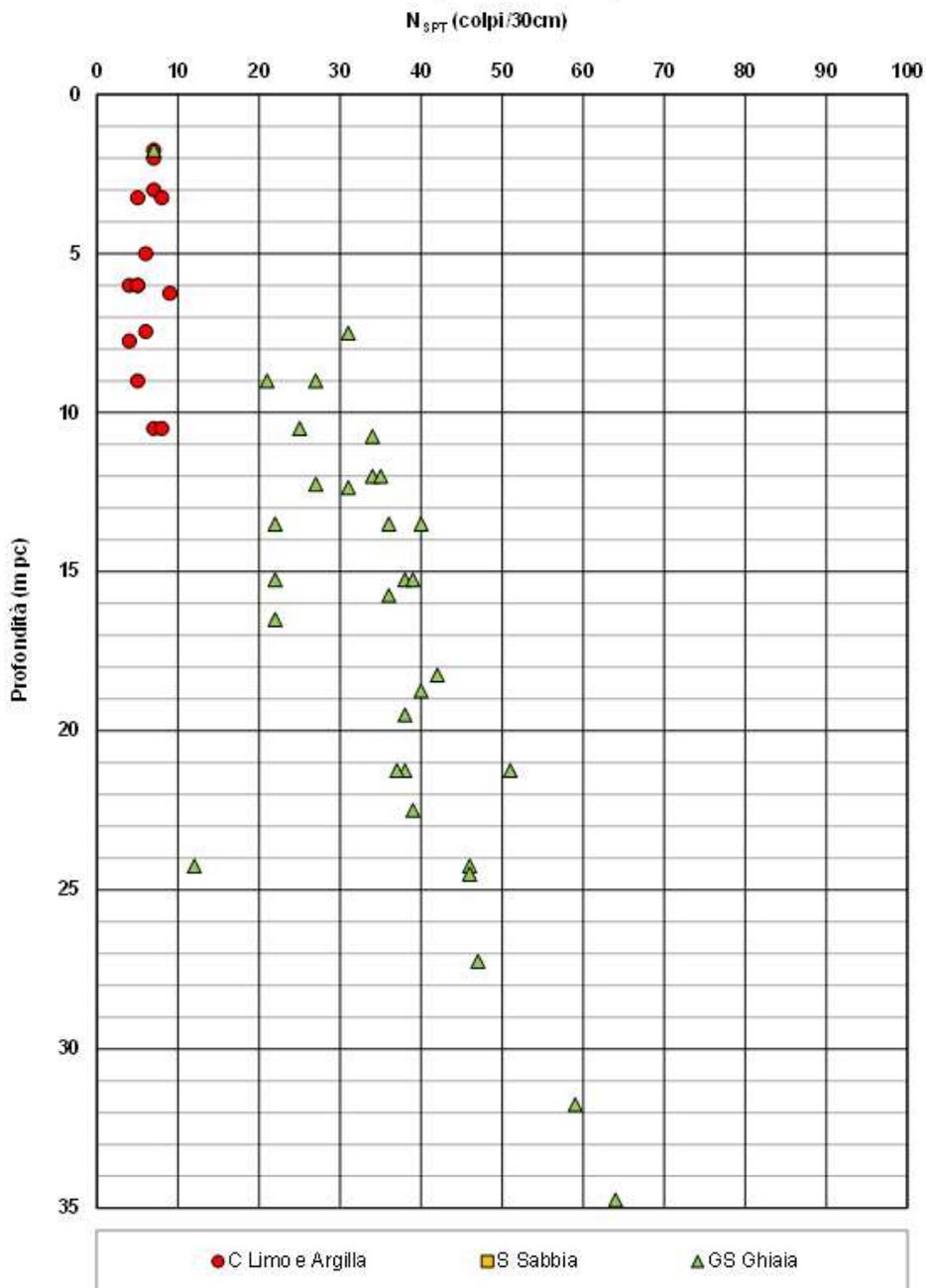


Figura 4 – Risultati delle prove SPT fra le progressive indicate



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

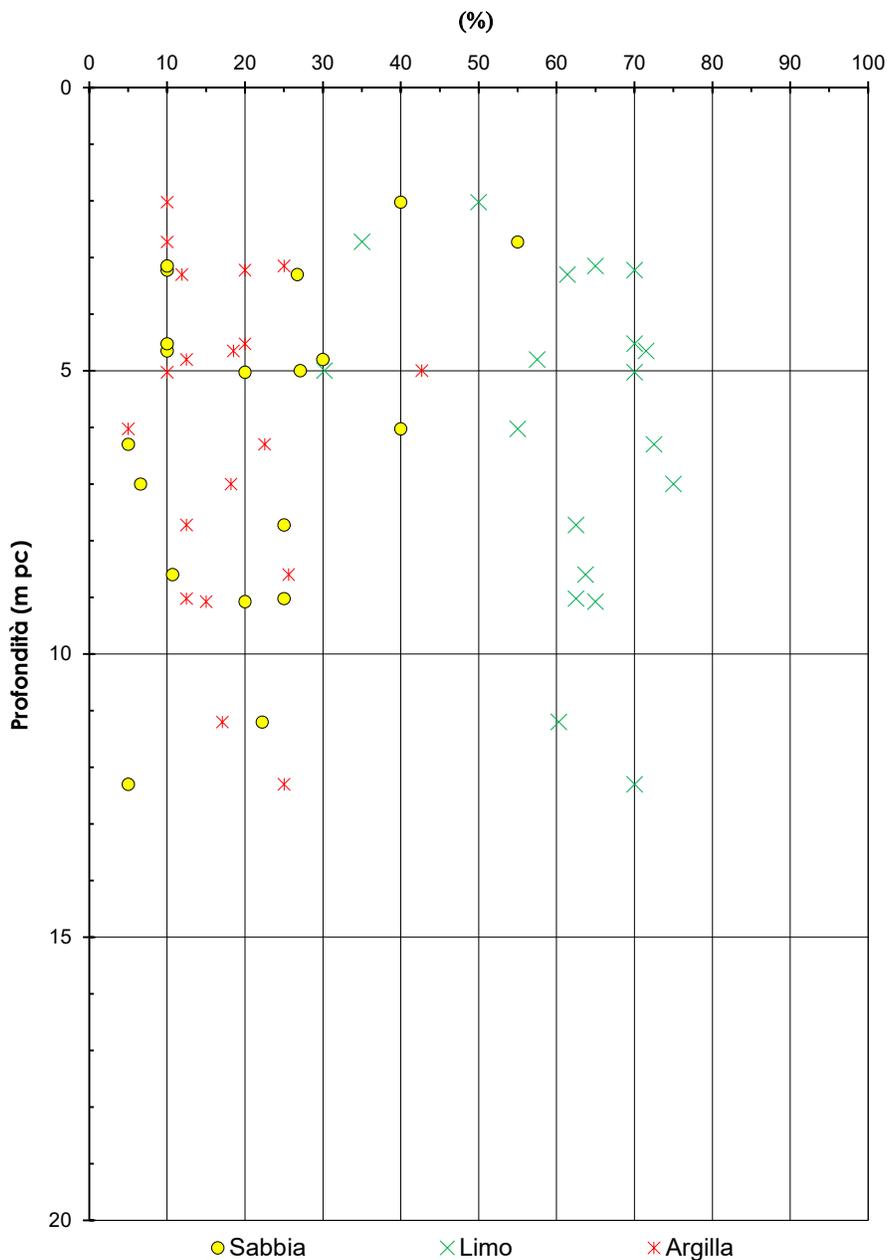


Figura 5 – Risultati delle prove granulometriche nei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

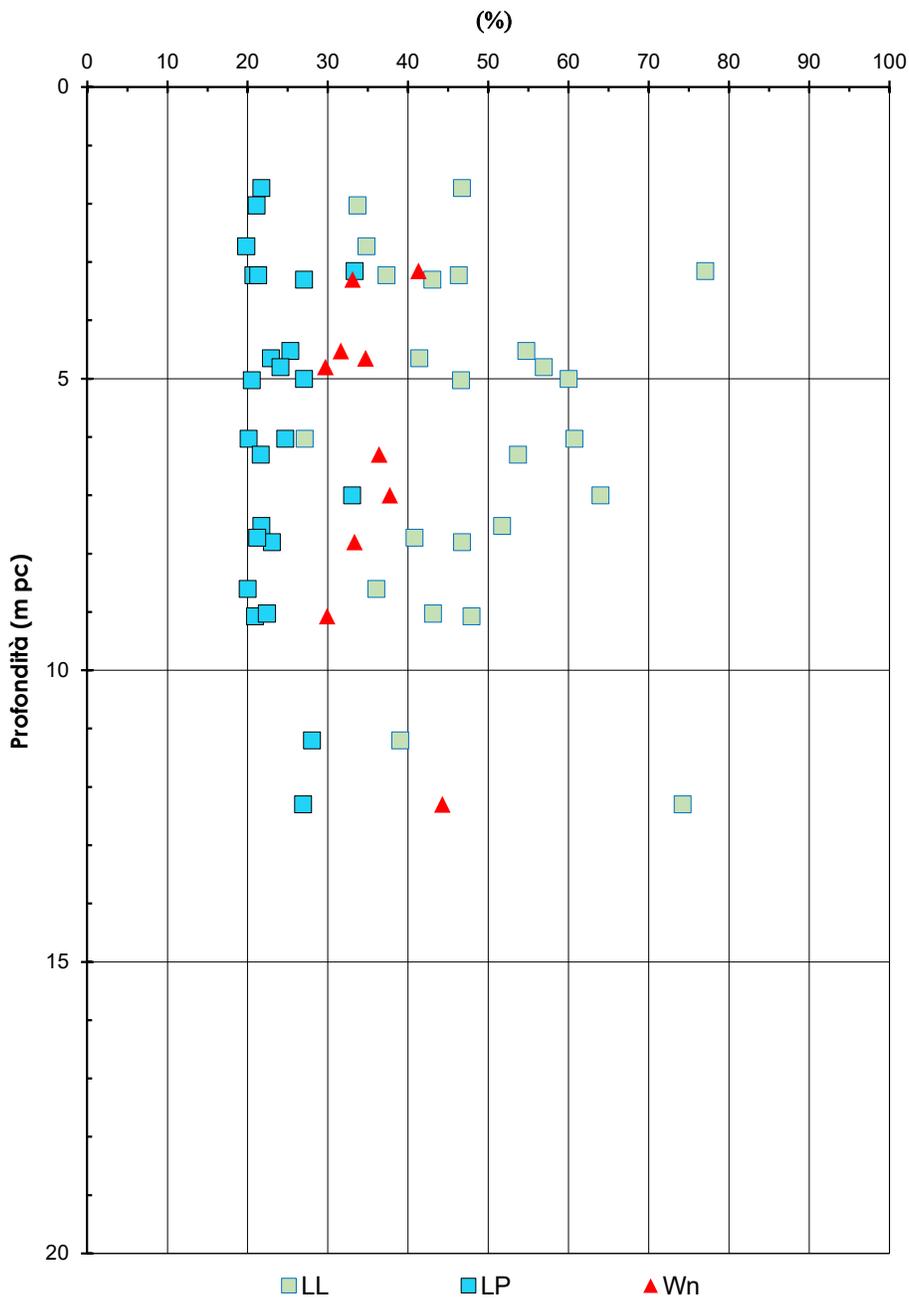


Figura 6 – Limiti di consistenza dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate



## AV/AC VERONA VICENZA

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

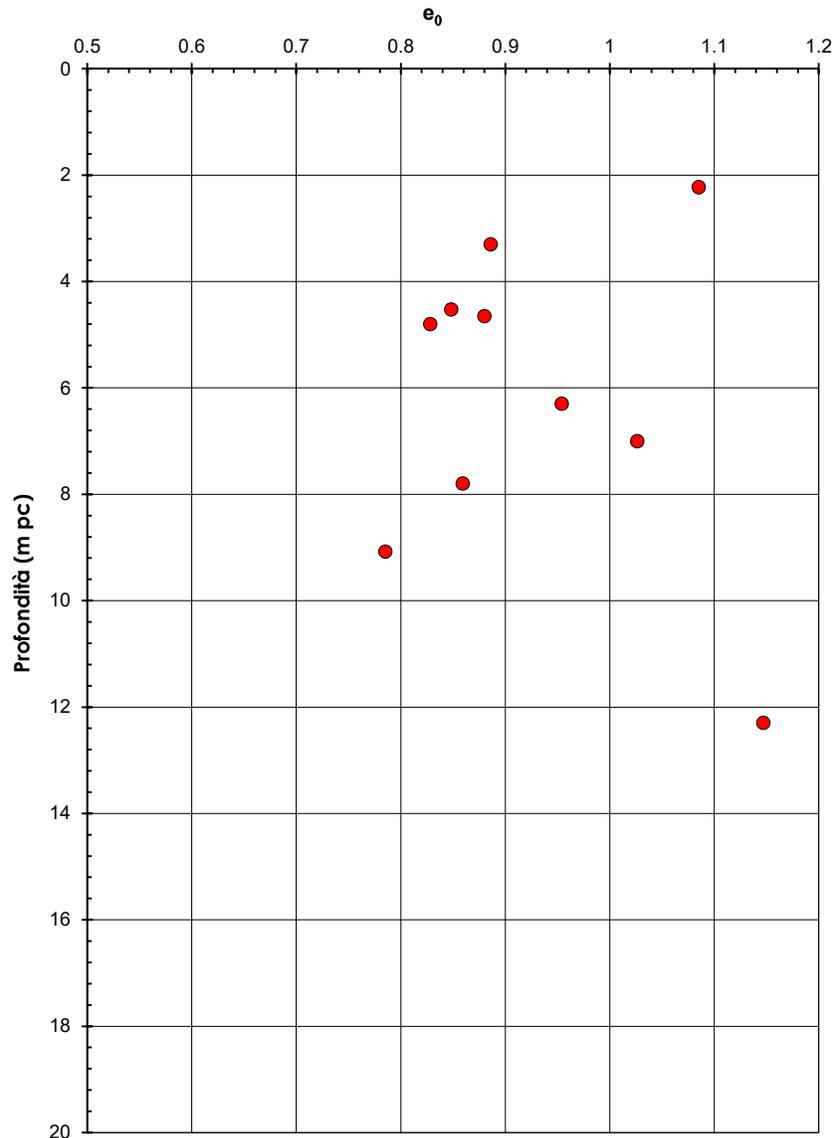


Figura 7 – Indice dei vuoti dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

### AV/AC VERONA VICENZA

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

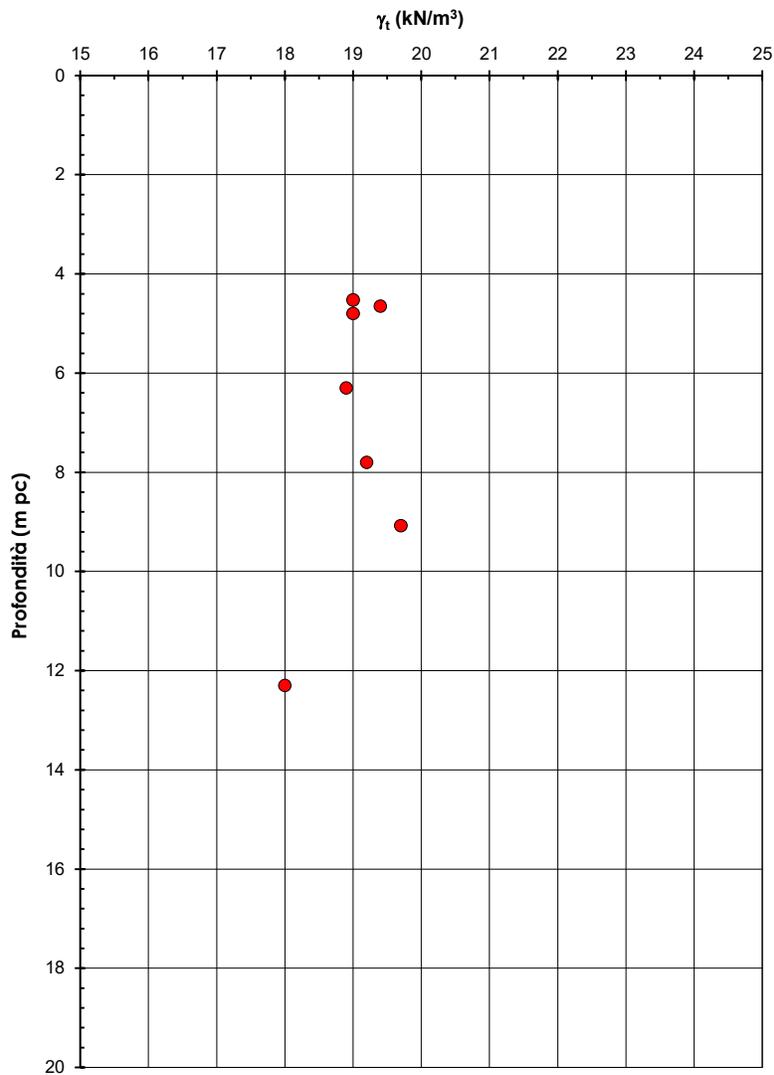


Figura 8 – Peso di volume dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

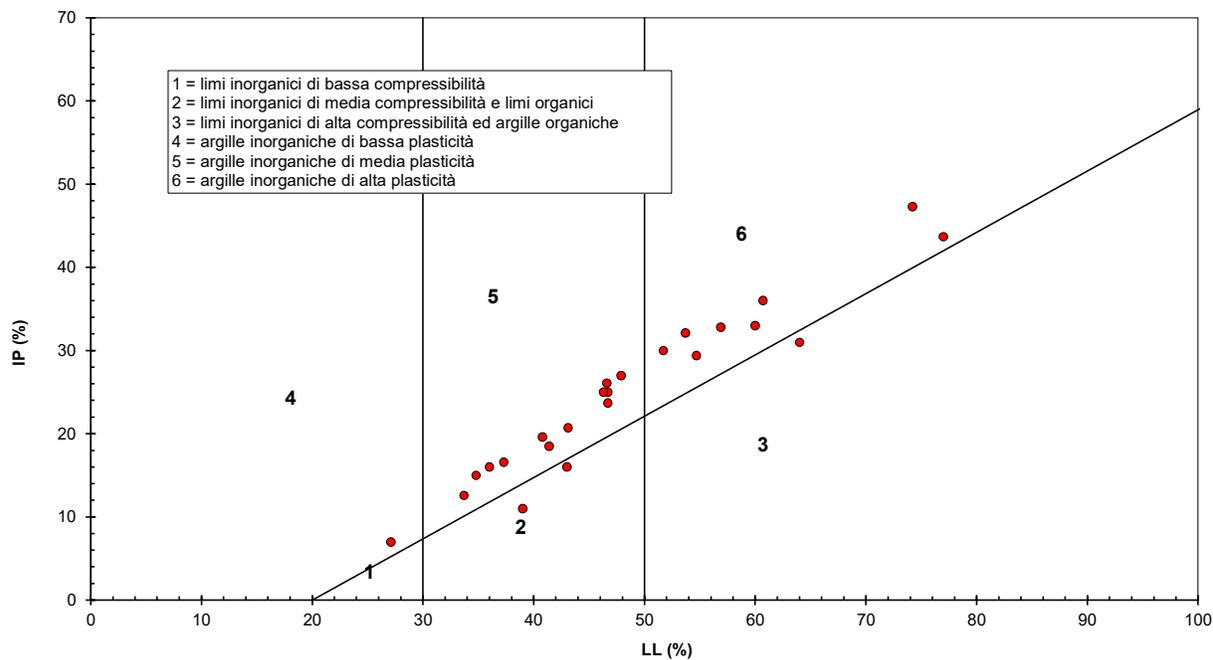


Figura 9 Carta di plasticità di Casagrande dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

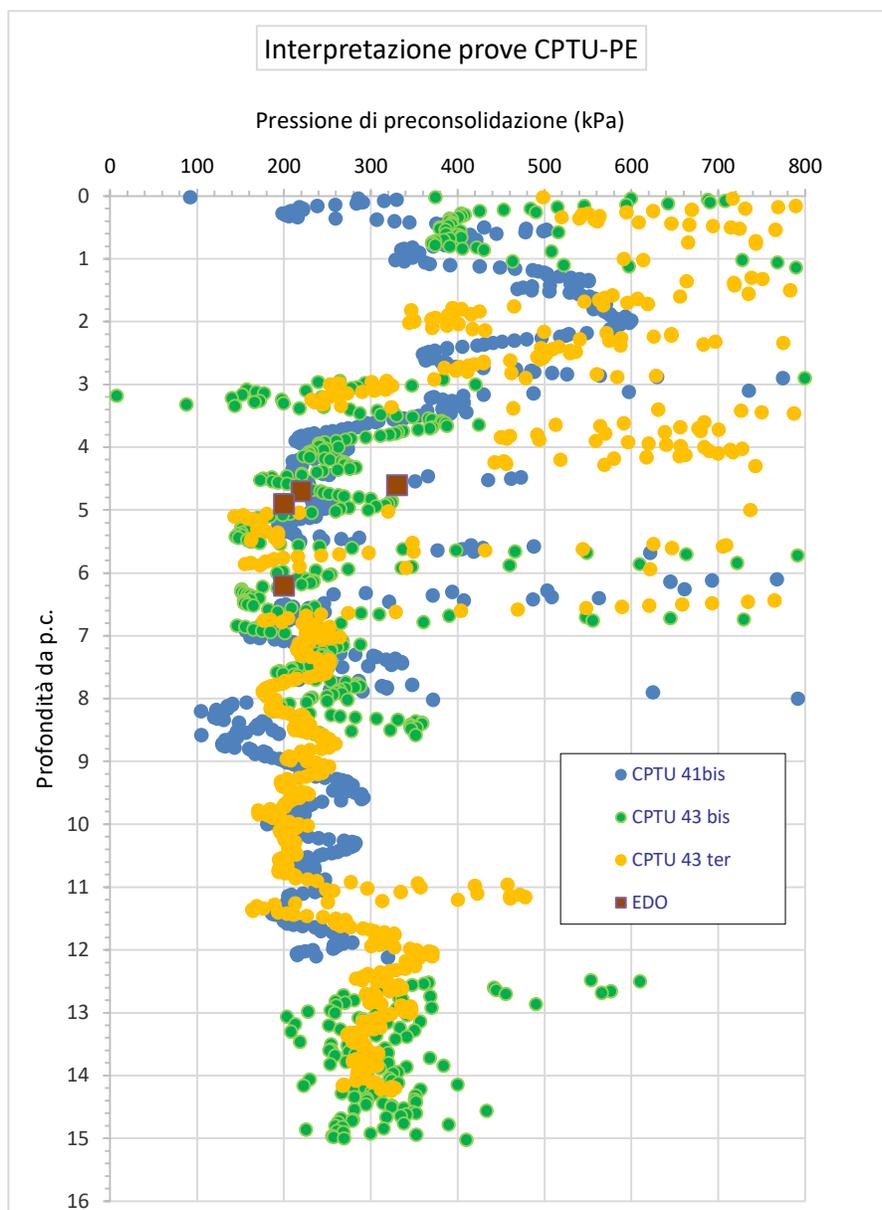


Figura 10 – Pressioni preconsolidazione da EDO (Unità 2) e interpretazione CPTU-PE

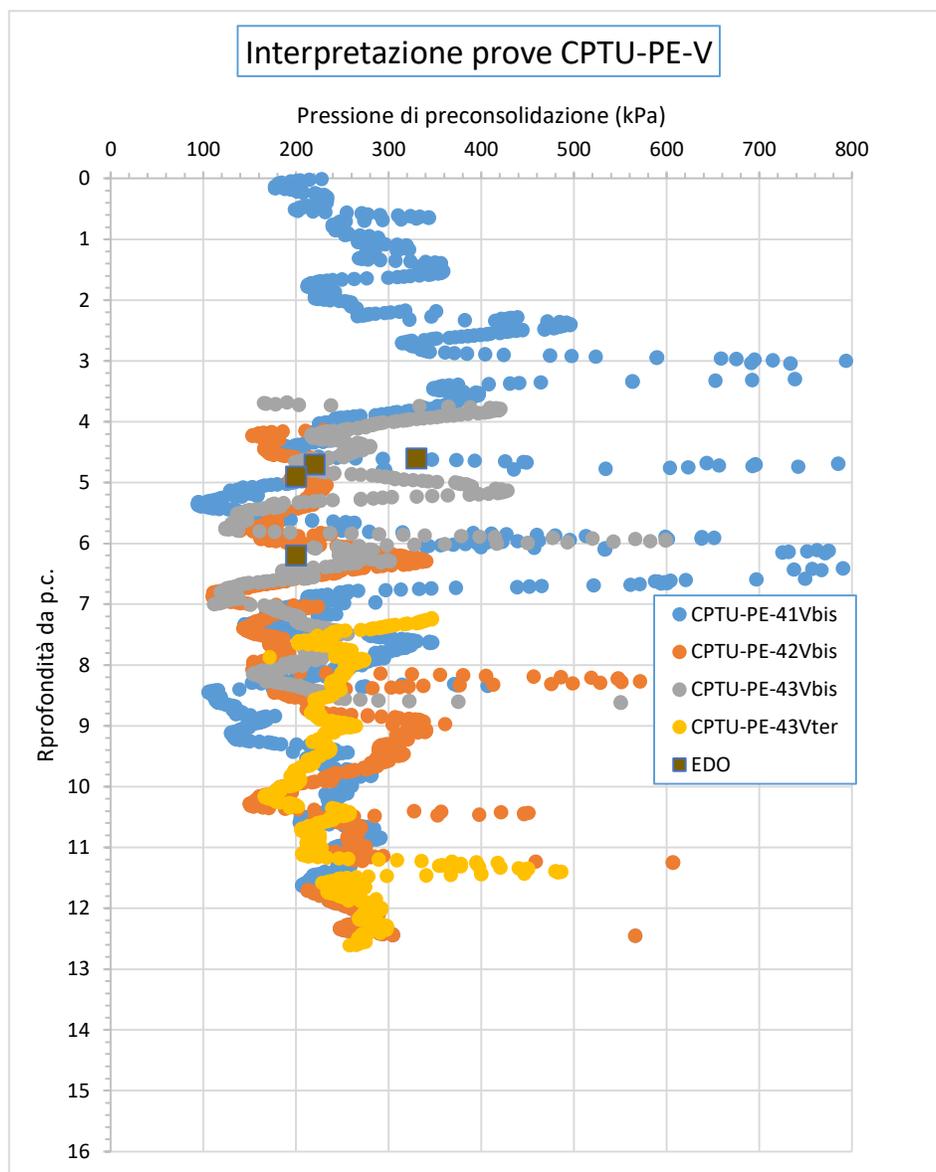


Figura 11 – Pressione di preconsolidazione da EDO e da interpretazione Prove CPTU-V



Risultati dissipazioni CPTU-PE-V

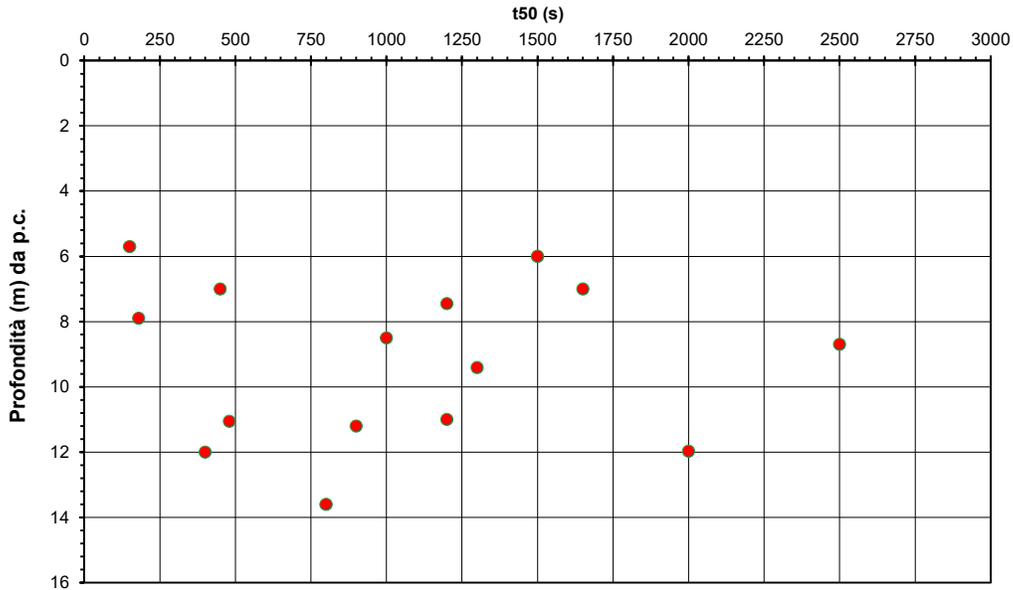


Figura 12 – Valori del t50 misurato nelle prove di dissipazione CPTU-PE-V 41bis, 42bis, 43bis e 43ter.

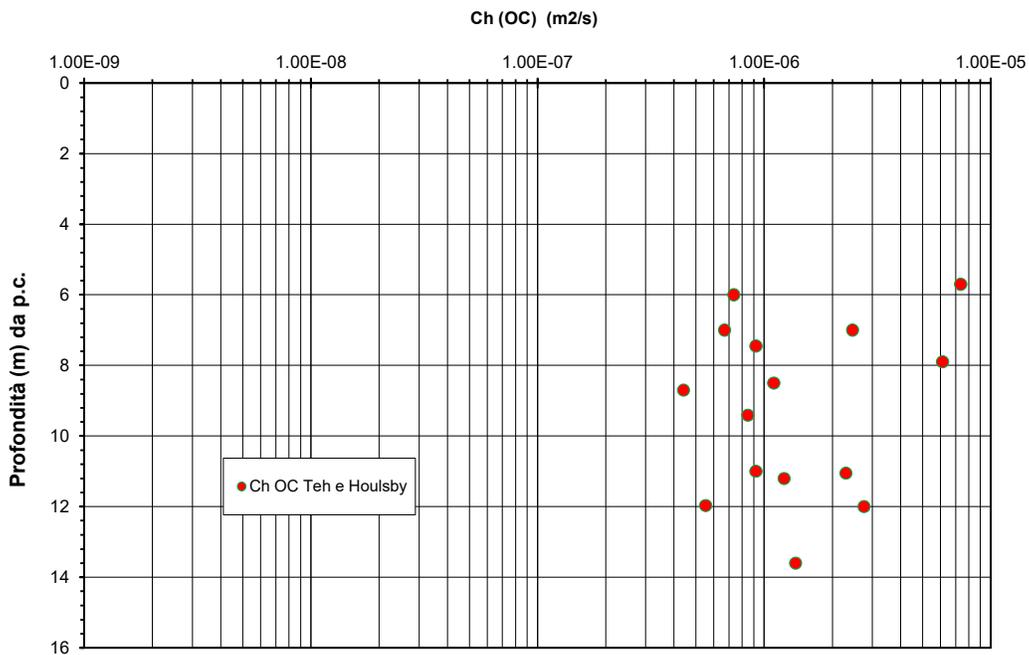


Figura 13 – Valori del coefficiente di consolidazione orizzontale nel tratto della sovraconsolidazione, stimato sulla base delle indicazioni di Teh e Housby (1991), sulla base del t50 misurato nelle prove di dissipazione CPTU-PE-V 41bis, 42bis, 43bis e 43ter.

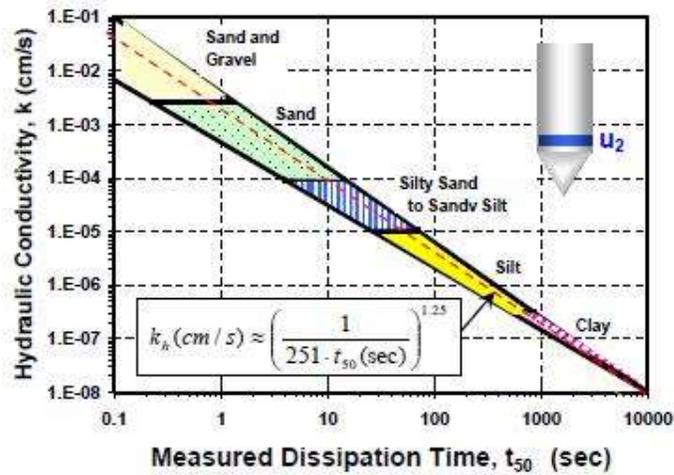


Figura 14. Valutazione della permeabilità da  $t_{50}$  misurato nelle prove di dissipazione (Parez e Fauriel, 1988, Jamiolkowski et al. 1991).

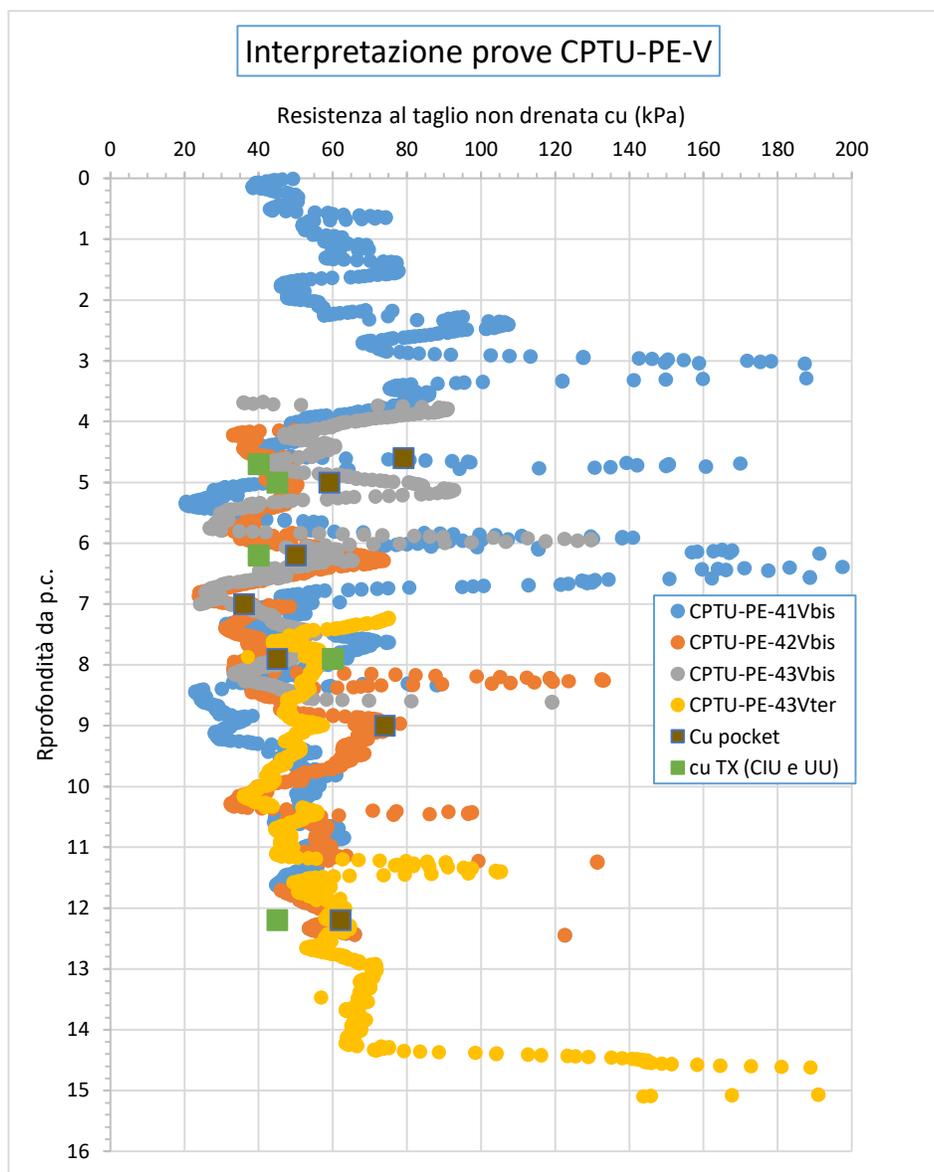


Figura 15 – Resistenza al taglio non drenata per l'unità 2 superficiale. Prove CPTU-V e prove di lab

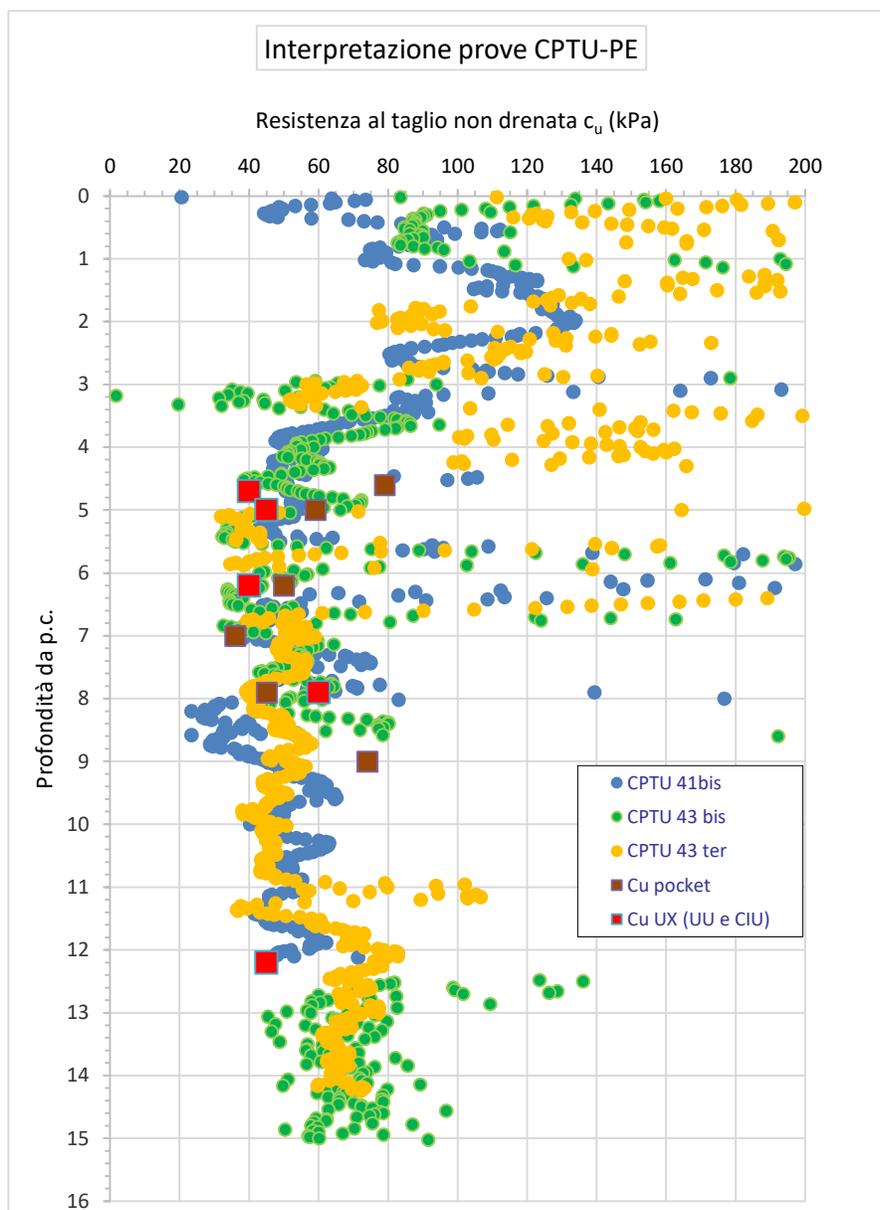


Figura 16 – Resistenza al taglio non drenata per l'unità 2 superficiale. Prove CPTU-PE-41bis, 42bis, 43bis, 43ter e prove di lab



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

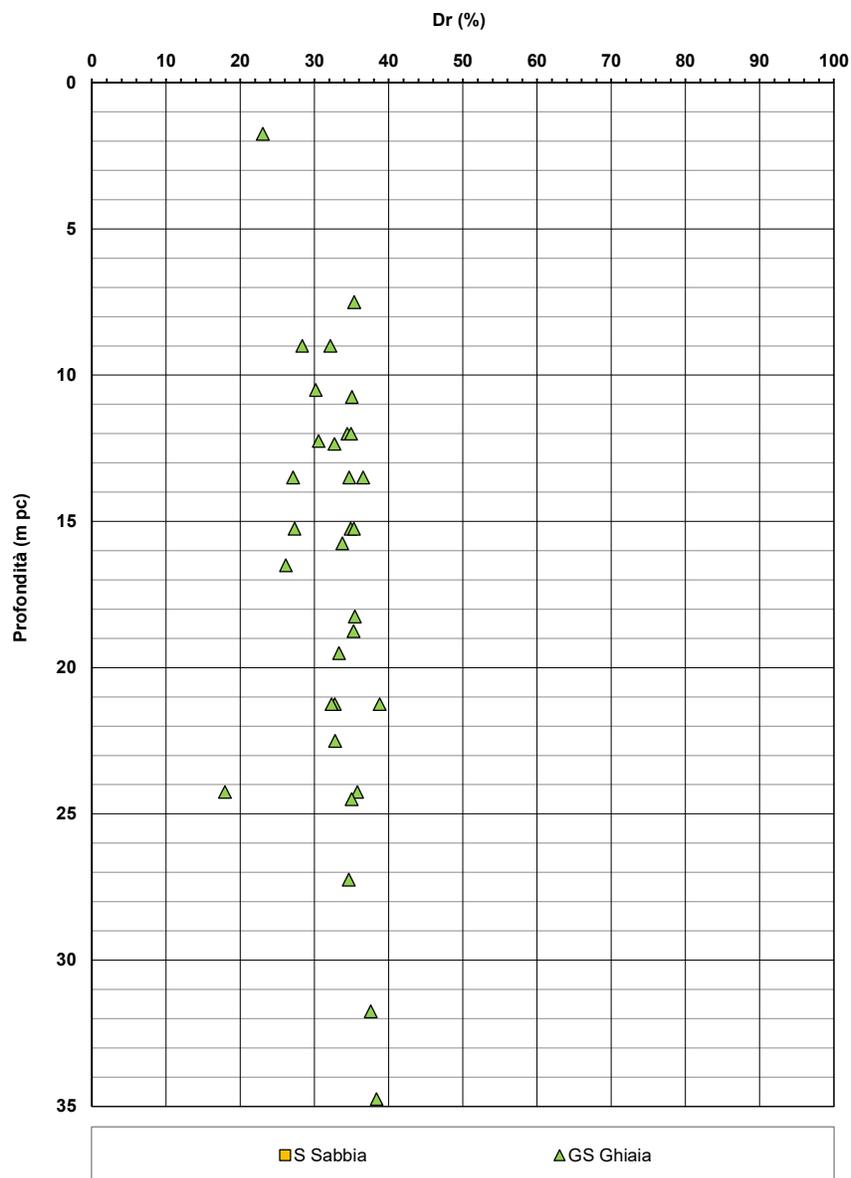


Figura 17 –Densità relativa da prove SPT l'Unità 6 fra le progressive di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

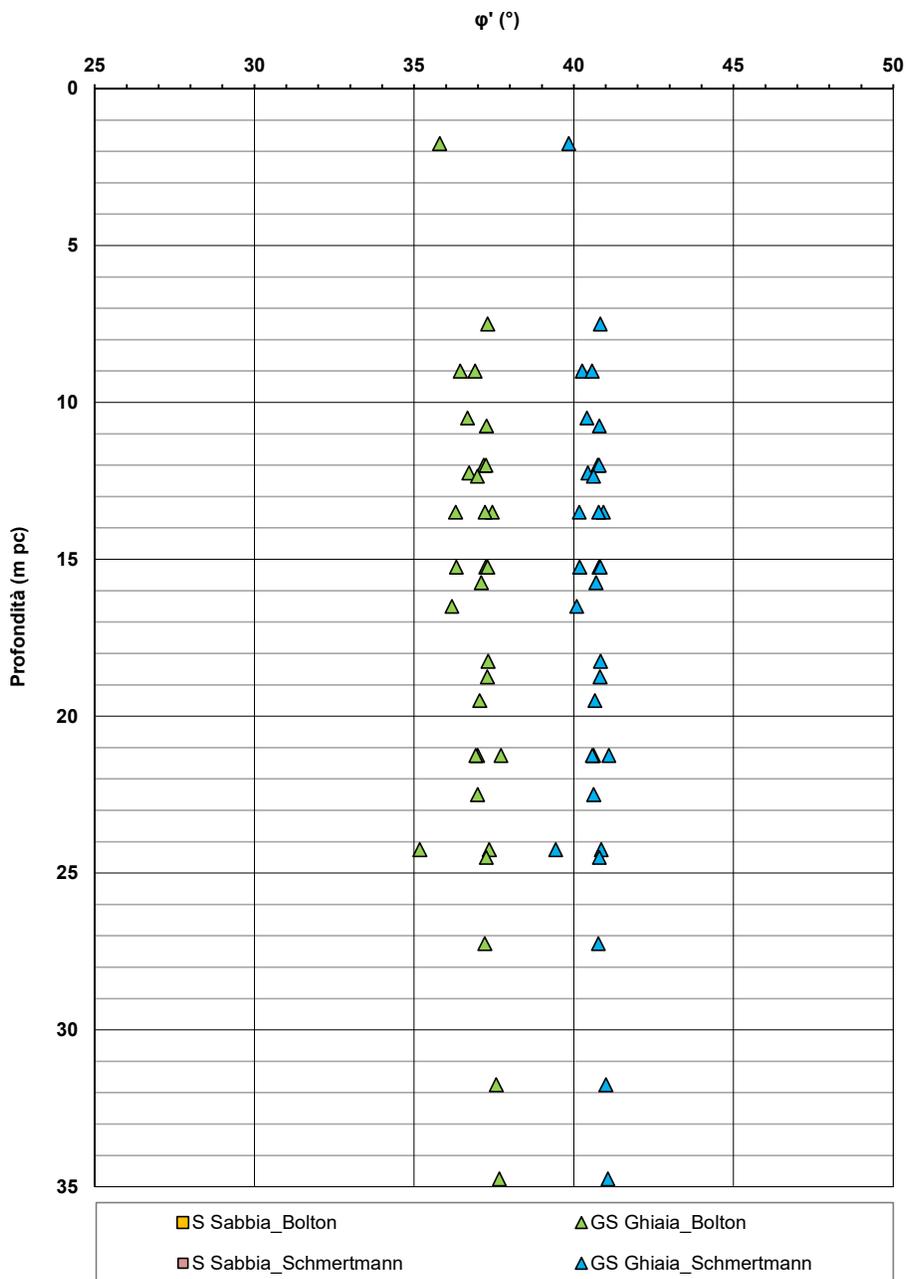


Figura 18 –Angolo di resistenza al taglio per l'Unità 6 fra le progressive di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 34+800 - pk 36+000

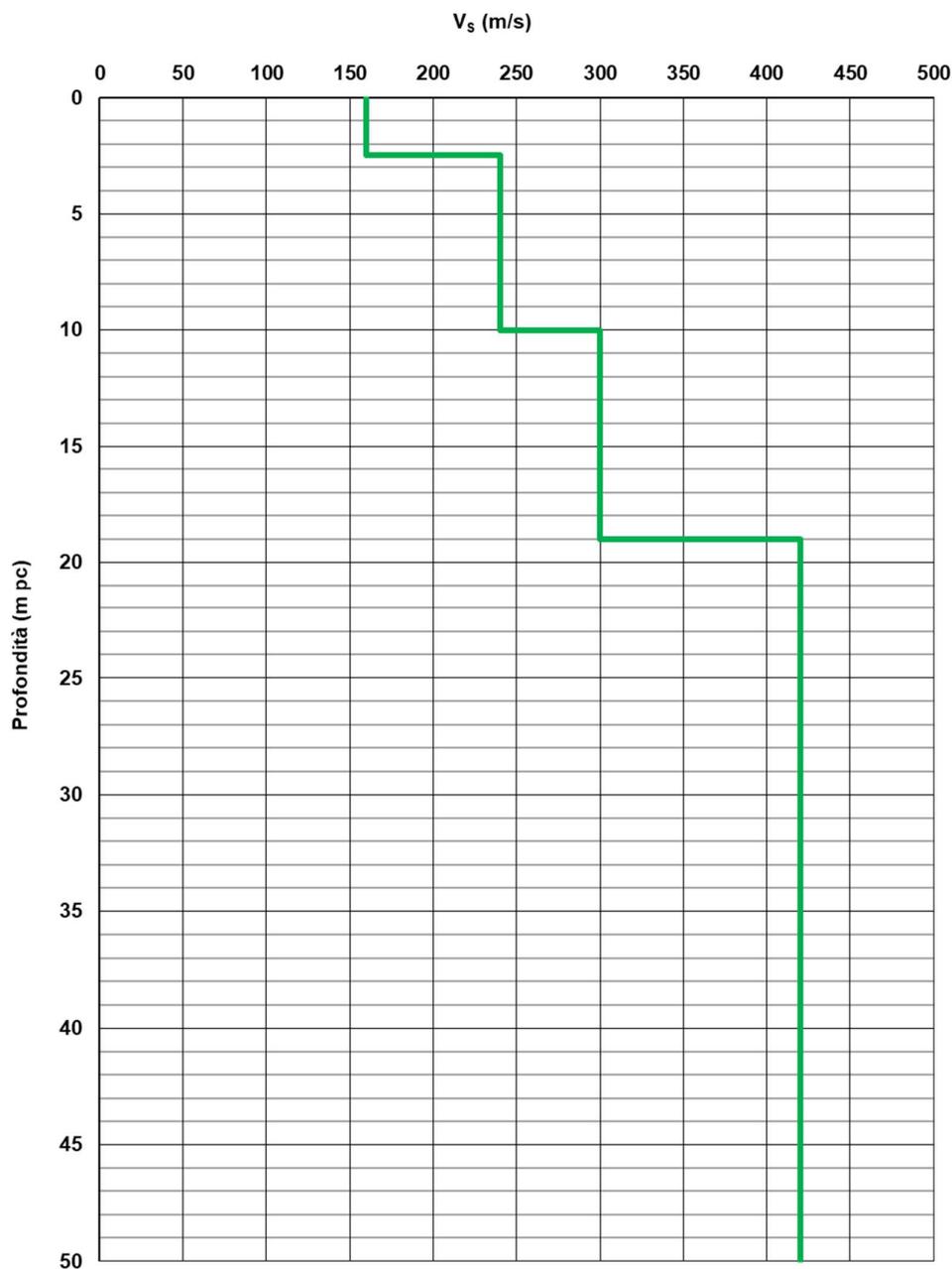


Figura 19 – Determinazione Profilo di velocità Vs nel tratto di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 34+800 - pk 36+000**

**G<sub>0</sub> (MPa)**

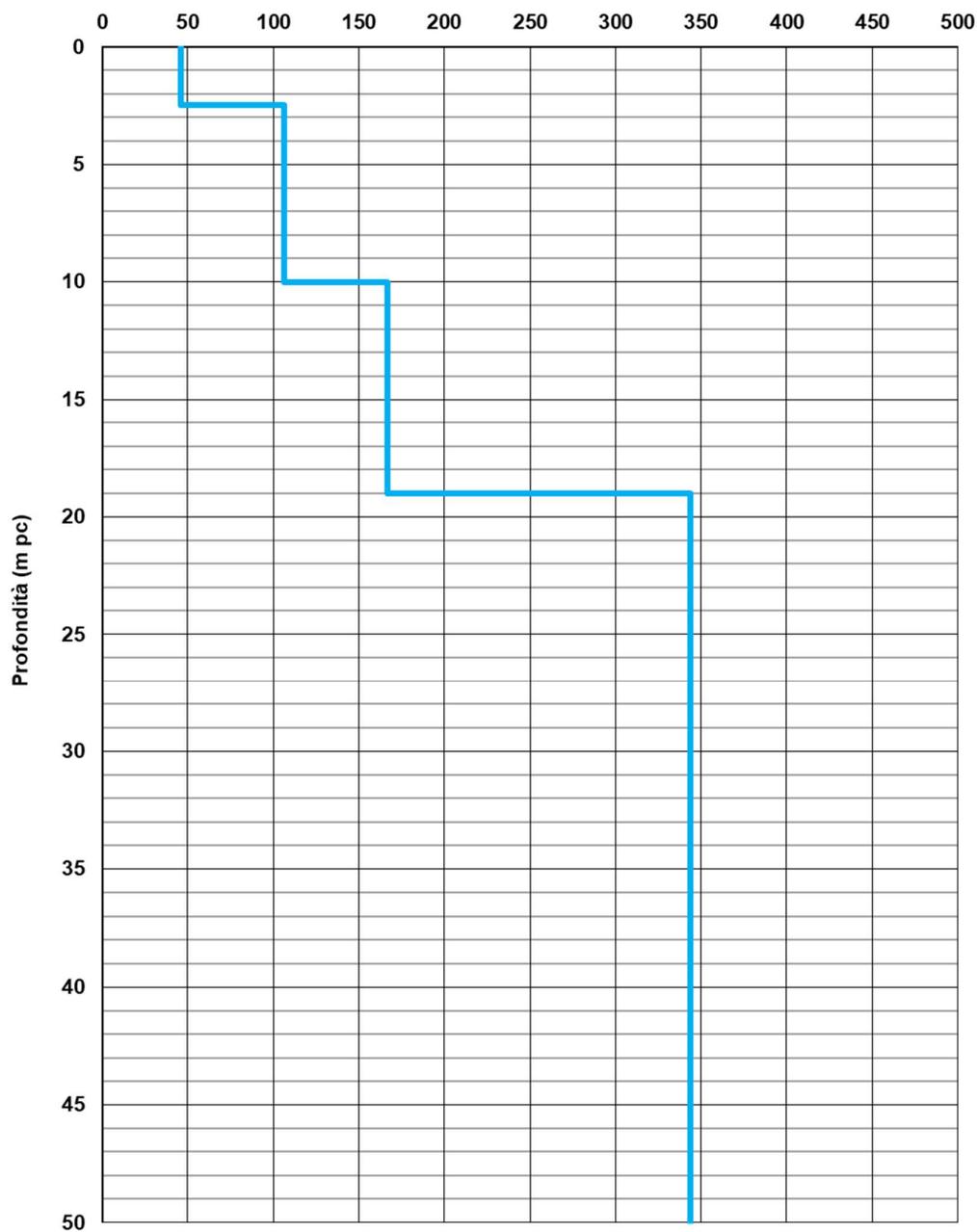


Figura 20 – Modulo di taglio G<sub>0</sub> nel tratto di interesse

|   |   |             |                             |                     |
|---|---|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                       | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>32 di 126 |

#### 4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

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

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento

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

Per i livelli di falda di progetto si faccia riferimento a quanto riportato al punto 4.3.

##### 4.5.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [23]) e sono di seguito riassunte.

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>33 di 126 |

## 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. [22] e [23]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con  $V_N = 100$  anni.

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

#### 5.1.2 Classe d'uso

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

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

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

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica     | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>34 di 126 |

Tabella 5 – Valori del coefficiente di uso  $C_u$

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

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

Il periodo di riferimento  $V_R = V_N * C_U = 100 * 1.5 = 150$  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. [8]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [9]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

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

### 5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>35 di 126 |

### 5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

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

## 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. [18]).

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

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

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

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [8] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni esposte in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.0.

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

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica     | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>36 di 126 |

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

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

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

$\tau_c$                         valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

$\sigma'_{vo}$                     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  $M=7.5$ .

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>37 di 126 |

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

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

### 5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

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

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 21: 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 21, la resistenza alla punta  $q_c$  è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ( $p_a = 100 \text{ kPa}$ ) e corretta ( $q_{c1N}$ ) mediante la seguente relazione:

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

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

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

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

dove:

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

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



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

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

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

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

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

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

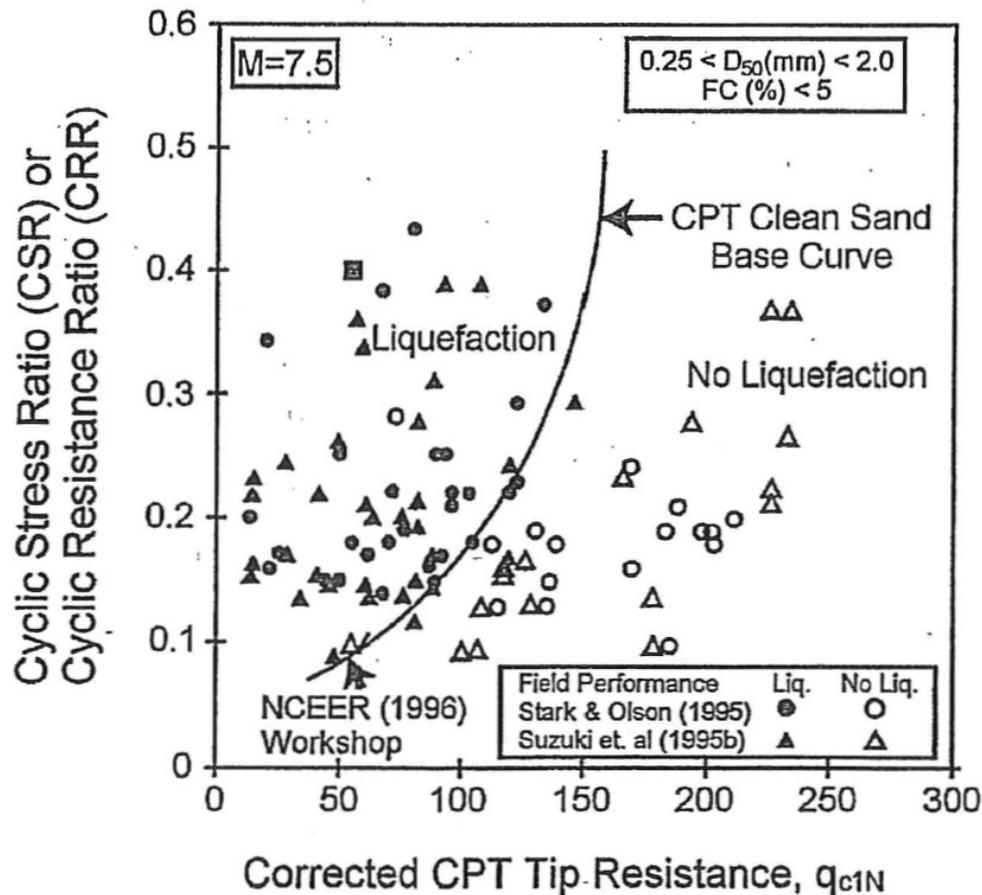


Figura 21: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta  $q_{c1N}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

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

In Figura 22, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti  $N_{1(60)}$ , ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

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

dove:

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

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>40 di 126 |

proposta da Liao e Whitman (1986):

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

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

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

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

in cui  $ER_m$  è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del maglio all'attrezzo 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 22, 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 22 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita ( $FC < 5\%$ ).

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

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

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

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

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>41 di 126 |

di  $N_{1(60)}$  ai valori corrispondenti per sabbia pulita  $N_{1(60)cs}$ :

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

$p_a$  = pressione atmosferica di riferimento

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

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

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

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

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

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

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

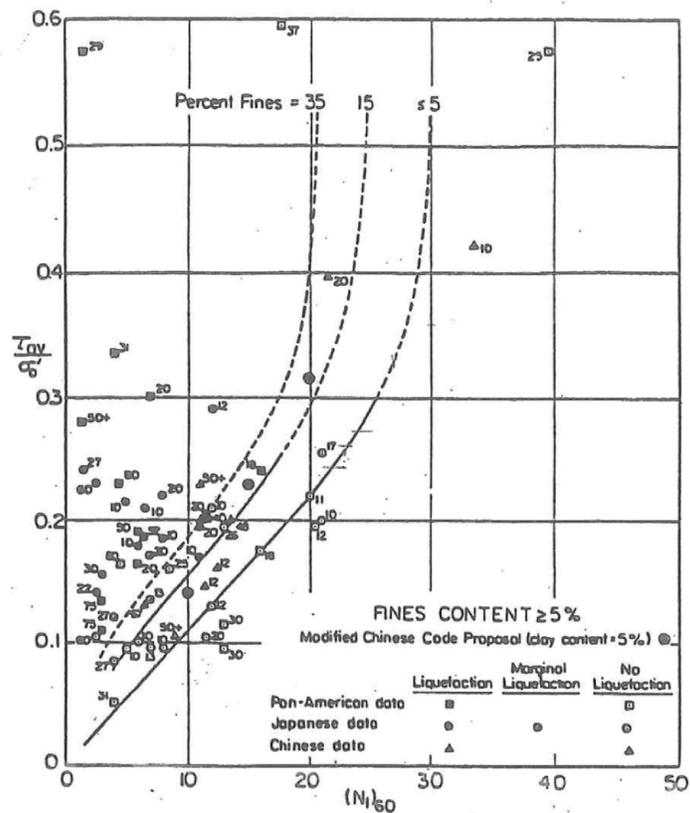


Figura 22: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

Nelle Figure dalla 23 alla 26 vengono mostrati i risultati delle analisi svolte.

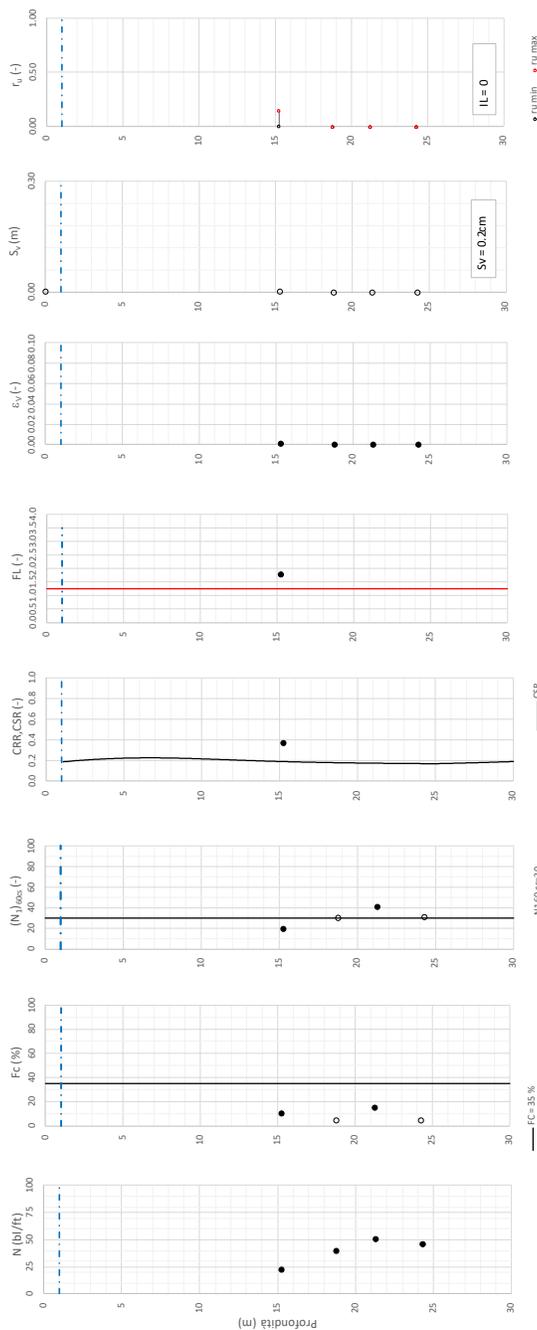
In relazione ai valori di coefficiente di sicurezza prossimi all'unità in prossimità del p.c, nell'area della CPTU-PE-44 , si segnala quanto segue:

- Le verifiche sono state condotte con una falda cautelativa, nelle condizioni di lungo termine, quando il valore medio della quota falda si pone al disotto dei livelli indicati
- Da un punto di vista della composizione granulometrica, i materiali si pongono probabilmente al confine fra materiali liquefacibili e non liquefacibili.
- Le operazioni di preparazione del fondo scavo e di preparazione del piano di posa saranno comunque mirati ad evitare la presenza di materiali granulari sciolti.

Se ne conclude che l'insieme dei dati non evidenzia rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI66B.



Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-75 Pr. 35-300  
a<sub>max</sub> = 0.297g; M<sub>calc</sub> = 6.5; MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 5m



Foglio verifica liquefazione Ngei v. 102

Figura 23 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-75



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI66B0001B

Foglio  
44 di 126

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-42 Pr. 35+040  
 $a_r \text{ max} = 0.297g$   $M_{calc} = 6.5$   $MSF = 1.7$  Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezzarilevato = 6m

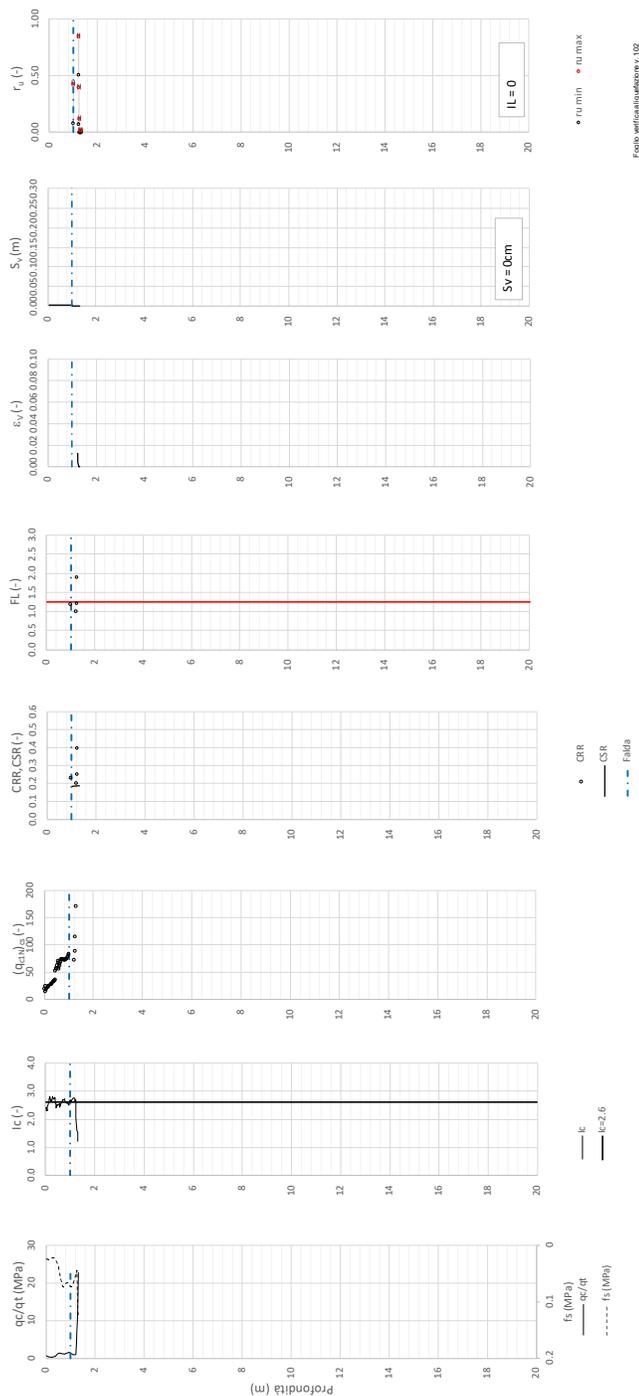


Figura 24 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-42



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001B | 45 di 126 |

Traffa AC/AV Verona-Padova - Sub Traffa Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-43 Pr. 35+365  
a\_max = 0.297g M\_calc = 6.5 MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 5m

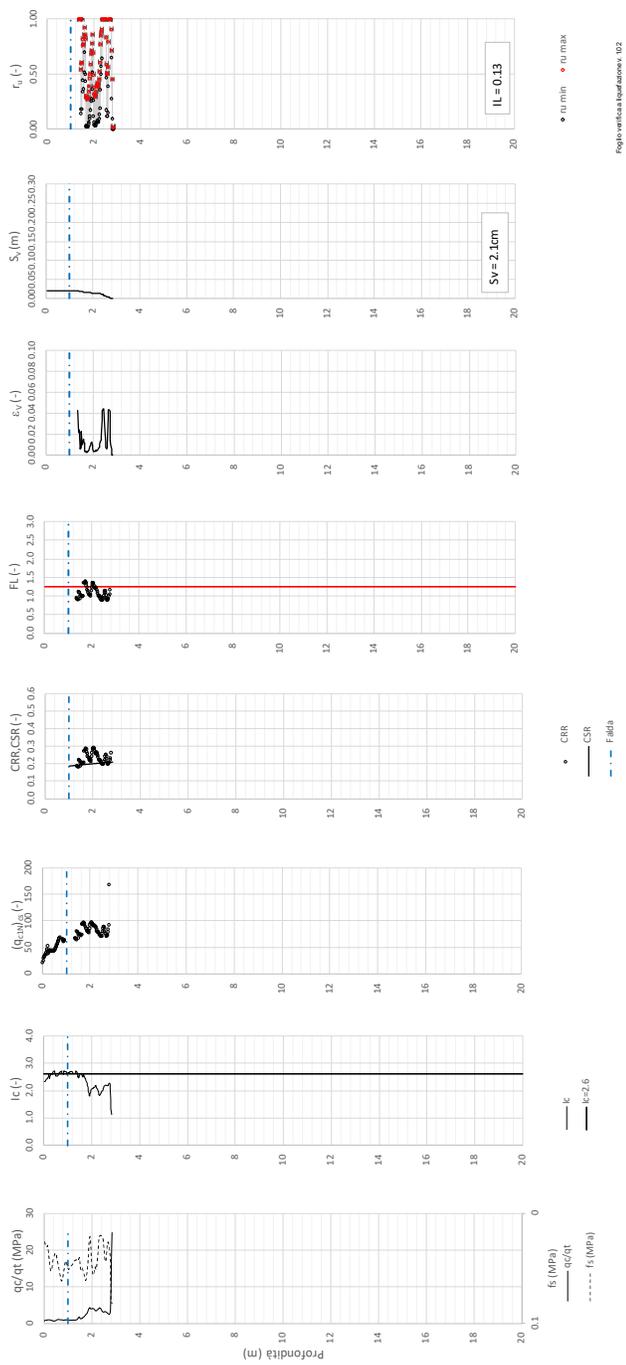


Figura 25 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-43



T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-44 Pr. 35497  
 $a_{v,max} = 0.297g$   $M_{i,calc} = 6.5$   $MSF = 1.7$  Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
 Altezza rilevato = 3m

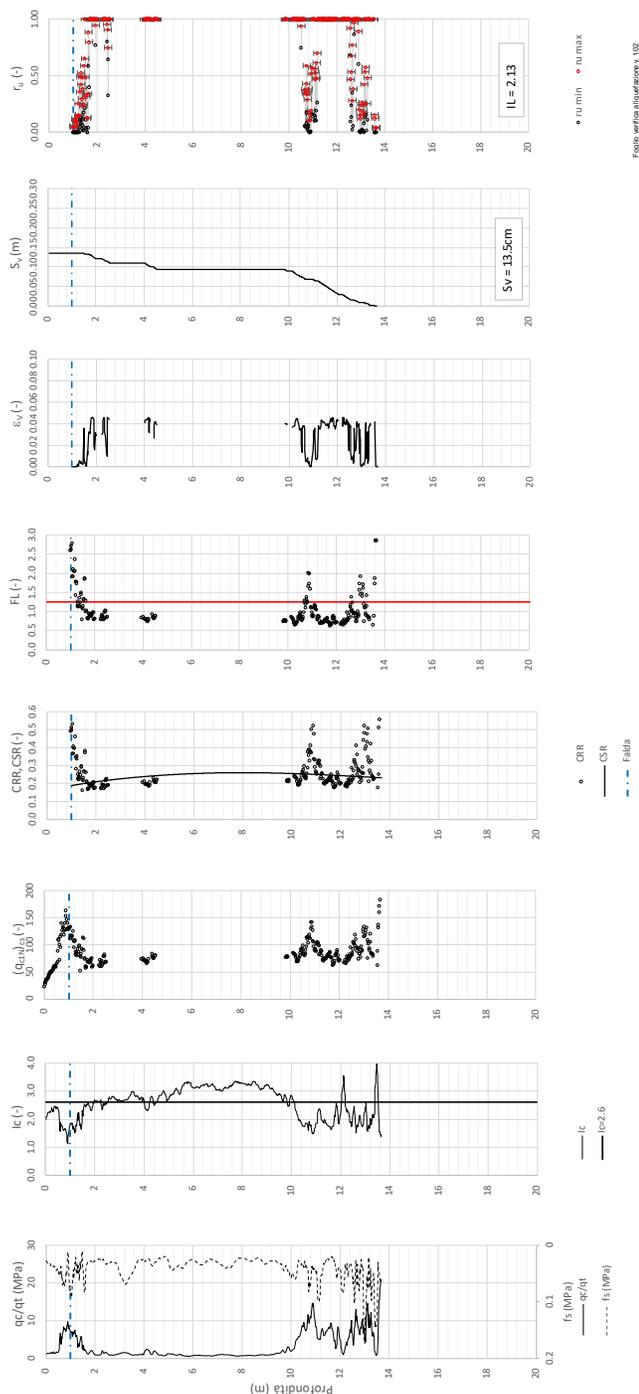


Figura 26 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-44

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>47 di 126 |

## 6 VERIFICA DELL'OPERA

### 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. [18]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [18]})$$

dove:

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

La verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando specifiche combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri di resistenza dei materiali (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$ , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.3.1 del Doc. Rif. [18]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [18]})$$

dove:

- Ed valore di progetto dell'effetto dell'azione;
- Cd valore limite prescritto dell'effetto delle azioni (definito Progettista Strutturale).

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

#### 6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

Dal punto di vista geotecnico, le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2 + M2 + R2, Doc. Rif. [18]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

|   |   |             |                             |                     |
|---|---|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                       | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>48 di 126 |

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

essendo R resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif. [19]), calcolata sulla base delle azioni

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

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. [18]), per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.

*Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni*

| CARICHI                                   | EFFETTO     | Coefficiente Parziale<br>$\gamma_F$ (o $\gamma_E$ ) | EQU | (A1)<br>STR | (A2)<br>GEO |
|---|-------------|---|-----|-------------|-------------|
| Permanenti                                | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9 | 1,0         | 1,0         |
|   | Sfavorevole |   | 1,1 | 1,3         | 1,0         |
| Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup> | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,0 | 0,0         | 0,0         |
|   | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5         | 1,3         |
| Variabili                                 | Favorevole  | $\gamma_{Qi}$                                       | 0,0 | 0,0         | 0,0         |
|   | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5         | 1,3         |

dove:

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

*Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [18])*

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

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>49 di 126 |

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

| Coefficiente | <b>R2</b> |
|--------------|-----------|
| $\gamma_R$   | 1.1       |

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

In condizioni sismiche e post-sismiche, la verifica è stata eseguita secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione  $\psi$  per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [23]). In ragione della natura del fenomeno esaminato, in condizioni sismiche è stata presa in esame la risposta non drenata dei materiali argillosi rinvenuti lungo il profilo e, per tale motivo, la quota di falda risulta essere ininfluenza sull'esito delle stesse

### **6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)**

I livelli prestazionali dell'opera previsti agli Stati Limite di Esercizio devono essere verificati impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri di resistenza dei materiali (Par. 6.5.3.2 del Doc. Rif. [18]). Agli SLE si verifica che gli spostamenti ed i livelli tensionali del manufatto siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e l'esercizio di opere adiacenti.

Per quanto riguarda gli spostamenti il MdP richiede che i cedimenti residui a partire dal completamento del piano di posa del ballast non superino il 10% dei cedimenti teorici totali e siano inferiori a 5 cm.

Nel caso di rilevato da realizzarsi in affiancamento ad un rilevato esistente e mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, si richiede 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. [23] e [27]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [27]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>50 di 126 |

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

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

## 6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [22]) e nelle NTC (Doc. rif. [18]) e sono di seguito descritte.

### 6.2.1 Azioni permanenti

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

|                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| Peso massicciata e armamento | 18 kN/m <sup>3</sup>   |
| Peso elementi in cls         | 25 kN/m <sup>3</sup> . |

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

### 6.2.2 Azioni variabili

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

### 6.2.3 Azione sismica

L'azione sismica di progetto è stata definita sulla base della pericolosità sismica di base ed in considerazione di quanto discusso nel capitolo 5. Nelle analisi essa è stata definita adottando un'azione statica equivalente definita dal

|   |   |             |                             |                     |
|---|---|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                       | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>51 di 126 |

prodotto tra il peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile ed i coefficienti sismici orizzontale ( $k_h$ ) e verticale ( $k_v$ ):

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

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

dove

- $\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (v. Tabella 10)
- $a_{\max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito (v. capitolo 5.1.6)
- $g$  accelerazione di gravità.

*Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[18])*

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

Sulla base dell'accelerazione sismica di riferimento definita nel capitolo 5, i coefficienti sismici assumono i seguenti valori:

- $K_h = + 0.083$  (concorde alla direzione di scivolamento)
- $K_v = \pm 0.042$  (verificando la più cautelativa tra negativo e positivo).

### 6.3 Sezioni di calcolo

La sezione di calcolo assunta per le verifiche è quella caratterizzata dall'altezza massima del rilevato ed è collocata alla pk 184+965 (pk 35+225, linea AV/AC): il rilevato ha un'altezza media di circa 5 m ed una larghezza di 40 m circa.

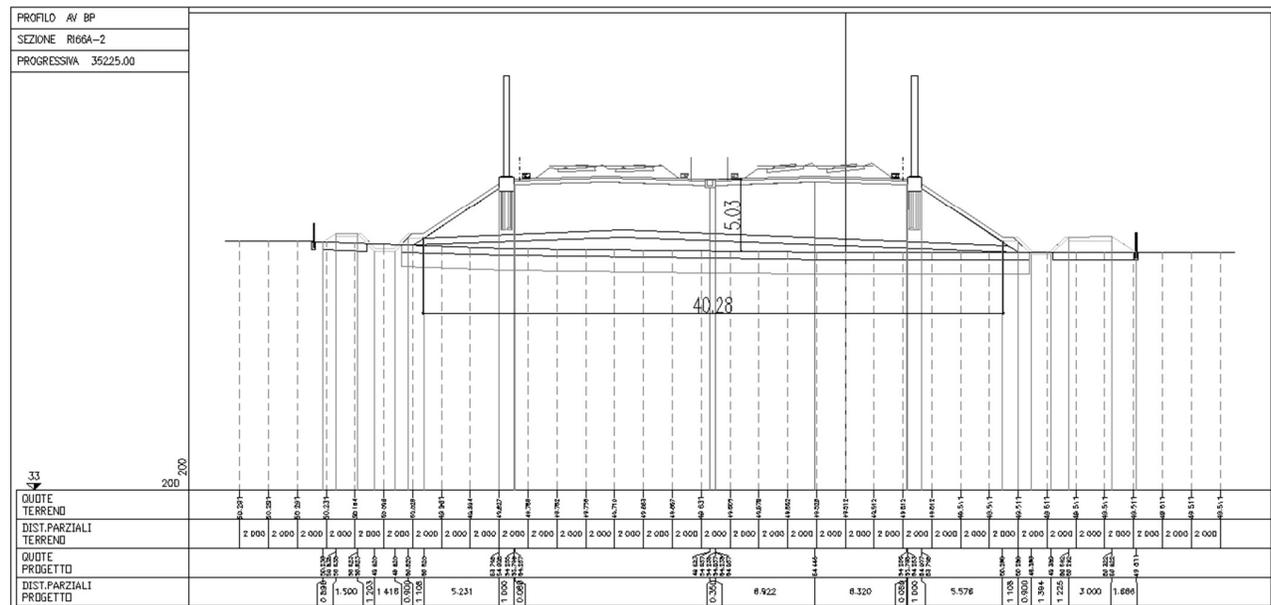


Figura 27 – Geometria della sezione di calcolo

## 6.4 Risultati e verifiche

### 6.4.1 Verifiche geotecniche agli SLU

Le verifiche di stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [29]) e facendo ricorso al metodo dell'equilibrio limite di Bishop modificato. I dettagli circa il modello geotecnico e la geometria del rilevato in corrispondenza della Sezione B sono discussi nei capitoli 4 e 6.3, mentre per le azioni di progetto si faccia riferimento al capitolo 6.2.

I risultati delle verifiche eseguite secondo la metodologia descritta nel capitolo 6.1.1 sono illustrati in Figura 28 e Figura 29, rispettivamente per le condizioni statiche e sismiche. I fattori di sicurezza FS minimi calcolati si riferiscono ai meccanismi individuati dalle superfici di scivolamento illustrate ed i minimi assoluti sono pari a:

$$FS_{\text{MIN,STAT}_B} (\text{DA1C2}) = 1.64,$$

$$FS_{\text{MIN,SISMA}_B} (\text{DA1C2}) = 1.36.$$

Essendo:

$$FS_{\text{MIN}} \geq R2=1.1,$$

**le verifiche di stabilità globale risultano essere soddisfatte.**

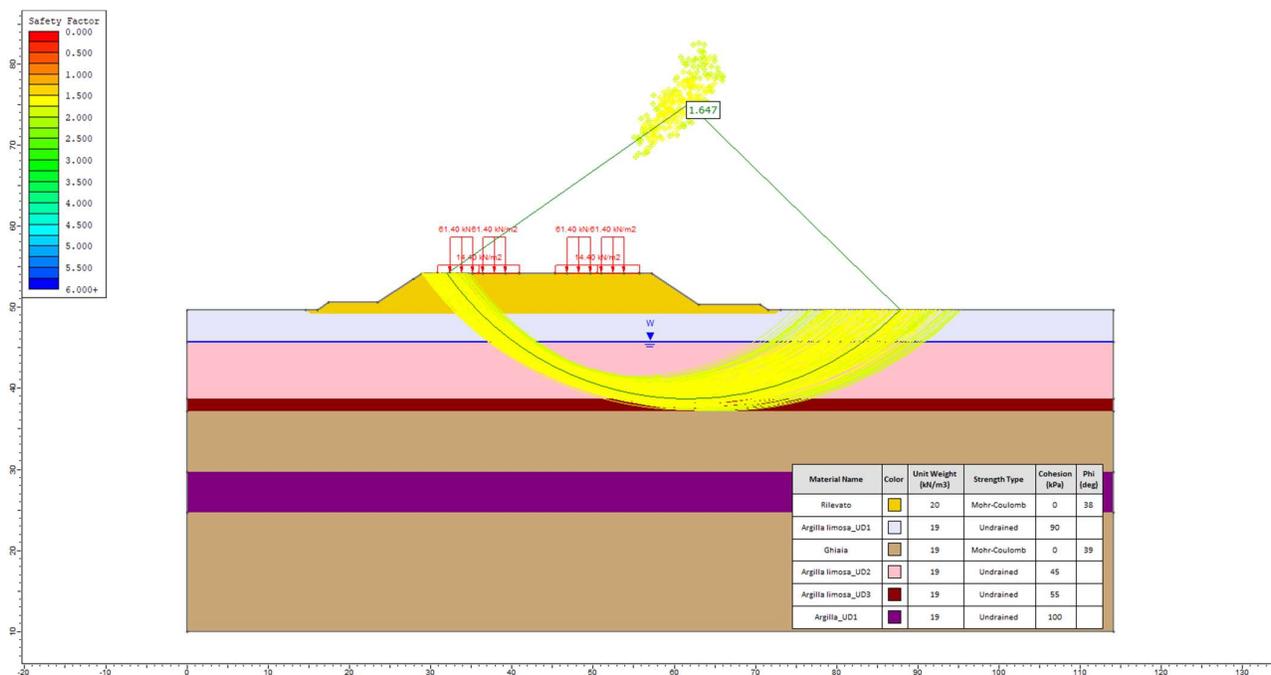


Figura 28 – Analisi di stabilità globale: in condizioni statiche (FS > 1.1)

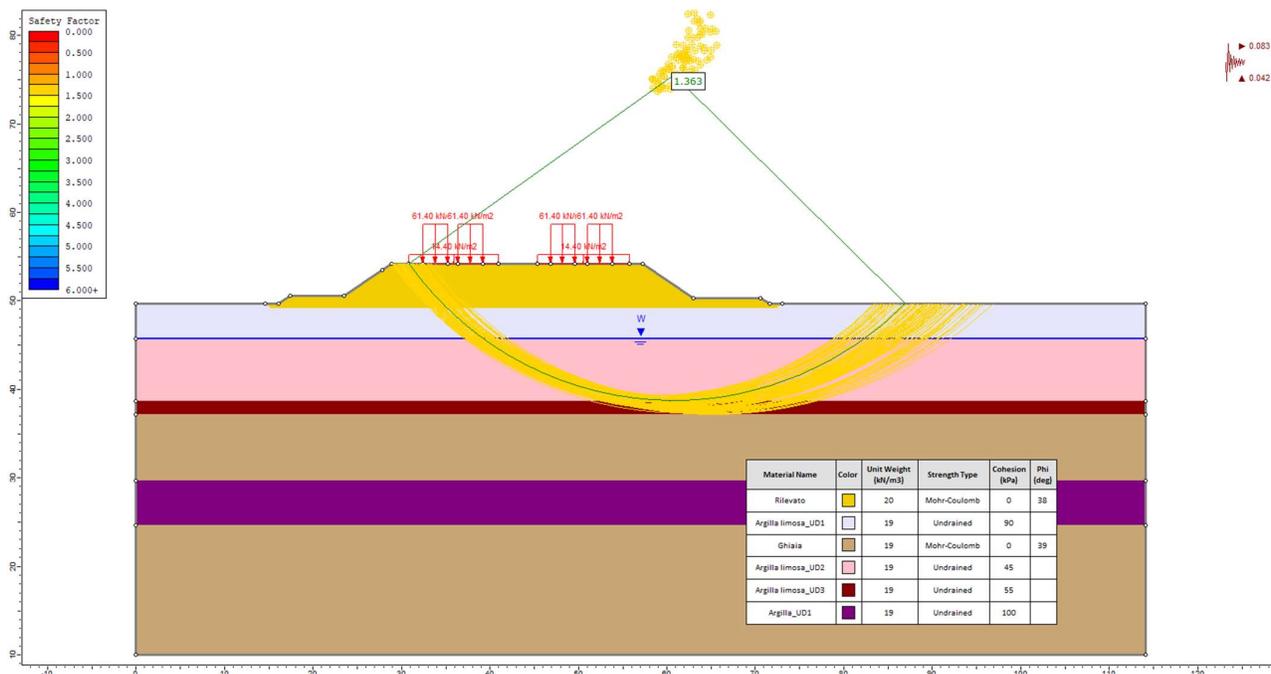


Figura 29 – Analisi di stabilità globale: in condizioni sismiche (FS > 1.1)

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>54 di 126 |

## 6.4.2 Verifiche geotecniche agli SLE

### 6.4.2.1 Modellazione numerica

La determinazione del campo di spostamenti e delle azioni agenti sugli elementi costituenti l'opera è stata svolta mediante analisi agli elementi finiti con Plaxis (Doc. Rif. [29]). Il software ha permesso di valutare lo stato tensionale e deformativo del terreno durante ed in seguito alla costruzione del rilevato.

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

Per i depositi costituiti prevalentemente da argilla limosa si è esaminato il decorso dei cedimenti nel tempo, studiando il loro comportamento non drenato ed il grado di consolidazione in funzione del tempo nel corso della costruzione del rilevato. Inoltre, si è scelto di raggiungere un maggior grado di dettaglio nella definizione della rigidità dei depositi in funzione del loro stato tensionale, impiegando il modello costitutivo denominato Hardening Soil (HS) Model, appartiene alla famiglia dei modelli di tipo Cam-Clay. Il modello HS ha consentito di riprodurre la risposta esibita dai campioni indisturbati nel corso delle prove di laboratorio prese in esame per la caratterizzazione (v. capitolo 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 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:

- $\lambda$      indice di compressione in fase di primo carico;
- $\kappa$      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:

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

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

dove:

- $E_i$  rigidezza iniziale, pari a  $E_i = \frac{2E_{50}}{2 - R_f}$ , con  $E_{50}$  rigidezza relativa al 50% dello sforzo deviatorico ultimo;
- $E_{ur}$  rigidezza di scarico-ricarico;
- $q$  sforzo deviatorico;
- $q_a$  90% dello sforzo deviatorico ultimo;
- $\tilde{q}$  sforzo deviatorico misurato con una procedura speciali (Doc. rif. [29]);
- $p'$  sforzo medio;
- $p_p$  sforzo di pre-consolidazione isotropa;
- $p_{ref}$  sforzo di riferimento;
- $\varepsilon_v^p$  deformazioni volumetriche plastiche;
- $\varepsilon_1^p$  deformazioni deviatoriche plastiche;
- $m$  costante che esprime la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale;
- $\alpha, \beta$  parametri di forma, rispettivamente funzione di  $K_0^{nc}$  e modulo edometrico.

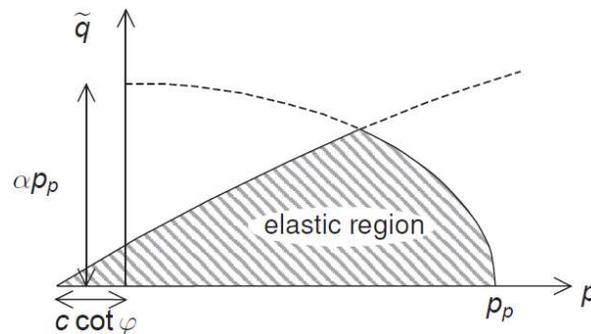


Figura 30 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano q-p'

La definizione del modello costitutivo richiede quindi la determinazione dei seguenti parametri geotecnici, per i quali si rimanda alla Tabella 2:  $e_0$ , CR, RR,  $\phi$  e  $c'$  (o  $c_u$ ). Per maggiori dettagli si rimanda al Manuale di Plaxis (Doc. rif. [29]).

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>56 di 126 |

In conclusione, calcolo dei cedimenti si basa sull'effetto dell'incremento dello stato tensionale efficace attuale ( $\sigma'_{v0}$ ) dovuto alla costruzione del rilevato ( $\Delta\sigma'$ ), e sul potenziale superamento della pressione di preconsolidazione  $\sigma'_p$ . Risulta quindi evidente che, in questo caso, più elevato è il livello di  $\sigma'_{v0}$  (e quindi più profonda è la falda rispetto al p.c.), maggiore è la possibilità che un dato incremento di carico porti il materiale al superamento della preconsolidazione, nello stato NC. Si è quindi deciso di considerare, nelle analisi di cedimento, una falda corrispondente alla quota media, pari a 4 m da p.c.

Si illustra di seguito il modello numerico creato a partire dalla geometria della sezione di calcolo definita nel capitolo 6.3.

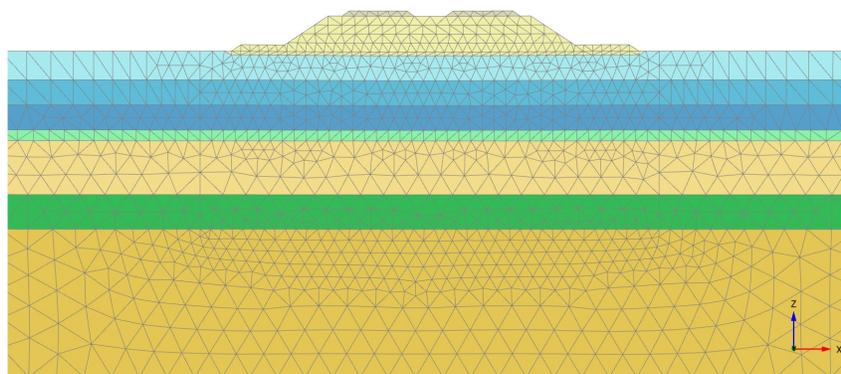


Figura 31 – Modello agli elementi finiti

#### 6.4.2.2 Fasi costruttive

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

Allestimento cantiere

Scotico

Realizzazione del rilevato: 4 mesi

Lavorazioni di finitura, posa del sub-ballast e di opere di drenaggio: 3 mesi;

Realizzazione impianti: 2 mesi;

Posa in opera del ballast ed armamento ferroviario: 2 mesi.

Al fine di ridurre i disequilibri nel dominio di calcolo e facilitare la convergenza della soluzione, la fase di realizzazione del rilevato è stata suddivisa in quattro stadi, della durata di un mese ciascuno. Nell'ambito delle analisi numeriche è stata, inoltre, considerata una fase di consolidazione finale fino ad esaurimento dei fenomeni di consolidazione.

|  |  |             |                             |                     |
|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                     |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br>Relazione Geotecnica                | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66B0001B | Foglio<br>57 di 126 |

Avendo descritto il materiale a grana fine per mezzo di parametri geotecnici non drenati e studiato la risposta nel tempo in considerazione della durata delle singole fasi, quest'ultima risulta essere di particolare interesse per la definizione delle sovrappressioni interstiziali residue e del grado di consolidazione raggiunto dai terreni, nei diversi stadi di costruzione. Tale osservazione è da considerarsi rilevante solo per le fasi di carico, ovvero di costruzione del rilevato.

#### 6.4.2.3 Risultati

I risultati delle analisi Plaxis sono rappresentati di seguito, in termini di cedimenti calcolati nelle diverse fasi di costruzione. Si sottolinea che le analisi sono state condotte nel dominio del tempo, e quindi tenendo in conto i processi di consolidazione nelle diverse fasi.

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [18]})$$

dove:

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

Come riportato nel capitolo 6.1.2, le verifiche sono da ritenersi soddisfatte se i cedimenti residui a partire dal completamento del piano di posa del ballast, e per i 100 anni di vita utile dell'opera, inferiori a 5 cm.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Figura 32 e nella Figura 33 In particolare:

- La Figura 32 mostra i cedimenti alla fine della costruzione del rilevato. Il cedimento massimo risulta essere pari a 13.7 cm
- e la Figura 33 mostra i cedimenti alla fine della consolidazione, incluso il peso del ballast. Il cedimento massimo risulta essere pari a 16.5 cm.

Pertanto, nel caso in esame, i cedimenti residui nell'intervallo di tempo indicato sono dell'ordine del centimetro. Anche considerando un'aliquota di cedimenti secondari, che può esser stimata nell'ordine dei millimetri (e comunque una frazione del cedimento per consolidazione), si può concludere che il cedimento nell'arco di tempo di interesse sarà al disotto dei 5 cm richiesti. e, pertanto, **la verifica delle prestazioni dell'opera agli Stati Limite di Esercizio è soddisfatta.**

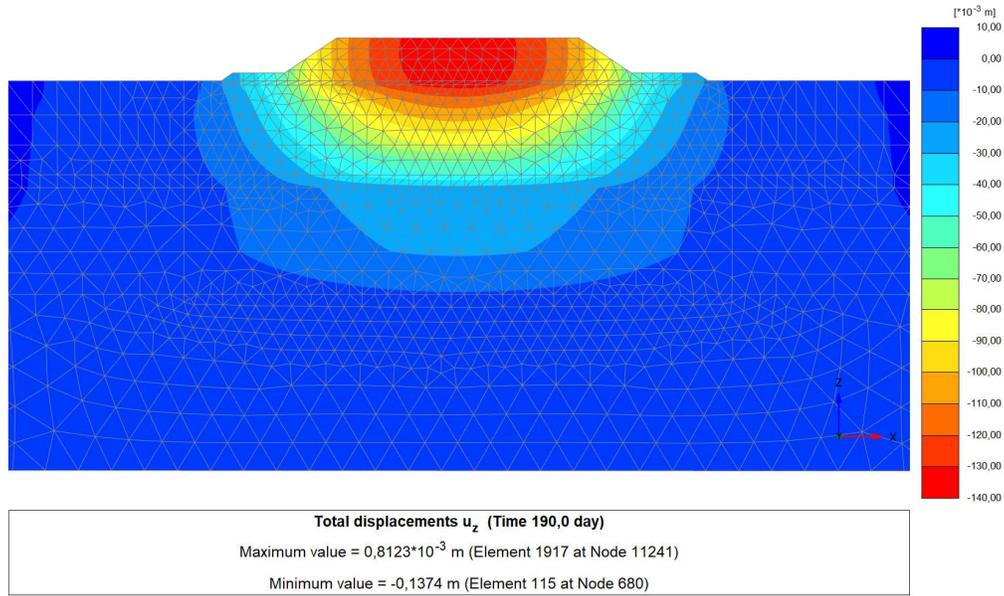


Figura 32 – Cedimenti prima della posa del ballast

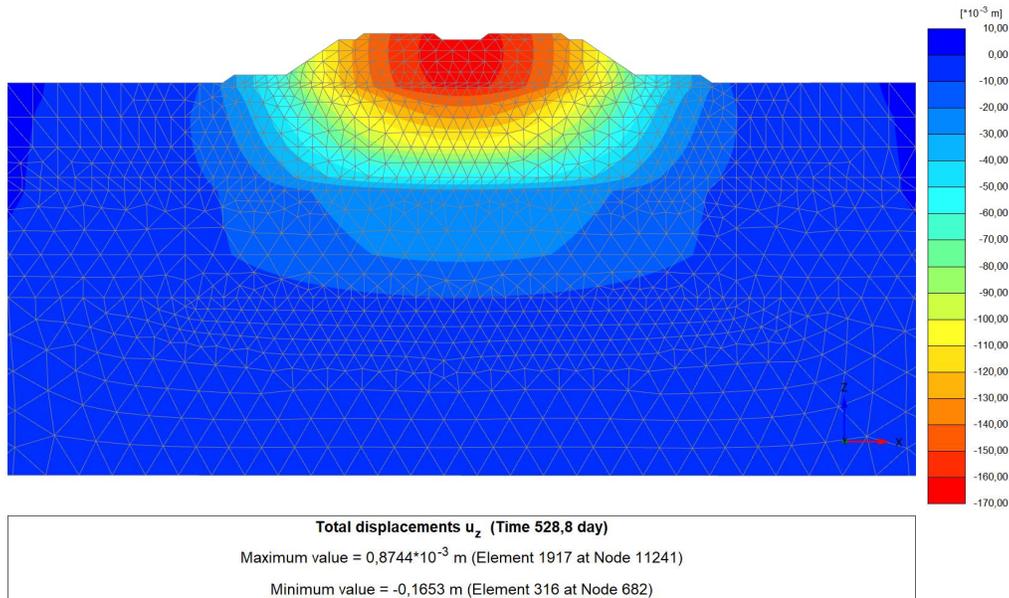


Figura 33 – Cedimenti in seguito alla posa del ballast ed al termine della consolidazione

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001B

Foglio

59 di 126

## 7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001B

Foglio

60 di 126

**ALLEGATI**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001B

Foglio

61 di 126

## ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

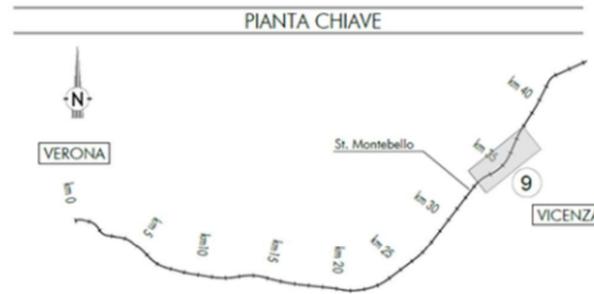
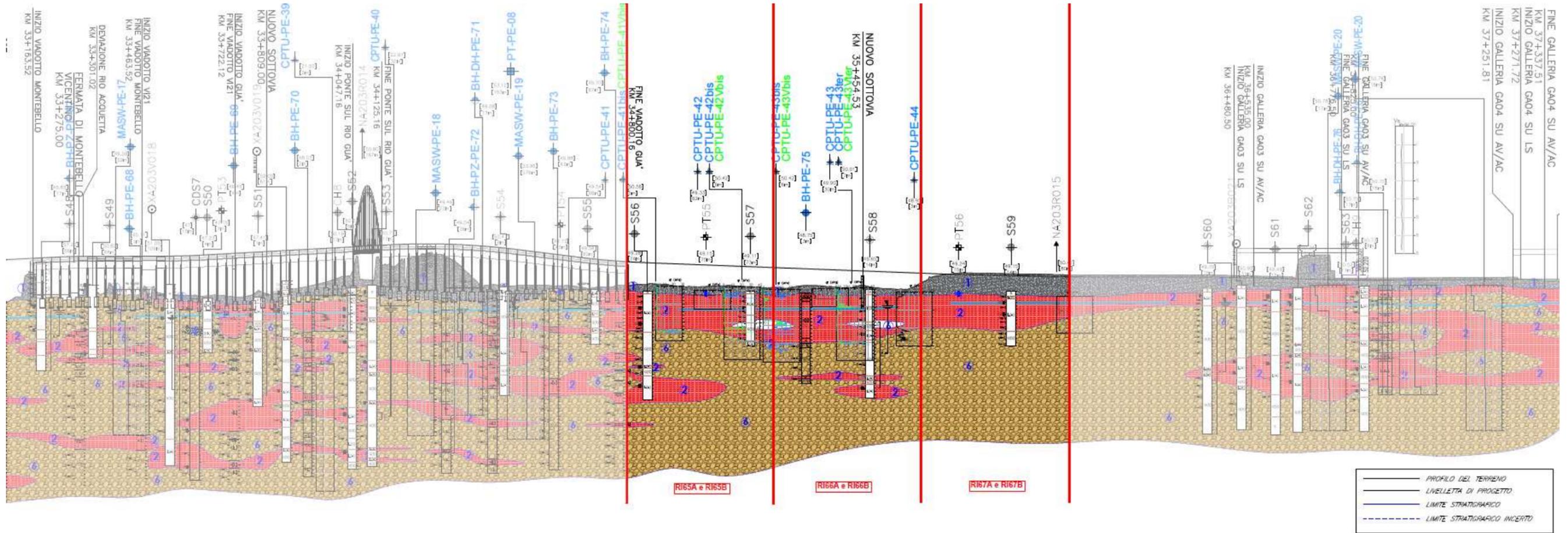
Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI66B0001A

Foglio  
62 di 126



- LEGENDA**
- Campagna indagini integrative PE**
- SPR-CA: Sondaggio a carotaggio continuo
  - SPR-CA-PI: Sondaggio a carotaggio continuo con l'installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A) e/o Piezometro a Tubo Aperto (C)
  - MASW-PE: Indagini MSW
  - CPTU-PE: Prova penetrometrica statica con piezometro
  - SPR-CA-PI-15: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SPR-CA-PI-15B: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - PM: Prova penetrometrica statica con piezometro (possibilita di avanzamento con trivellazione)
  - PM-TR: Prova penetrometrica statica con piezometro "tradizionale"
  - CA: Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
  - PE: Puzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
  - PE-PROF: Profondita delle indagini
  - PE-EXP: Puzetto esplorativo
  - PE-PROF-EXP: Sondaggio con esecuzione di prova dove hole
  - PE-PROF-EXP-OR: Sondaggio con esecuzione di prova dove hole indagini orientate
  - PE-PROF-EXP-OR-OR: Indagini orientate
- Campagna indagini 2018 per CDS**
- SPR-CA-PI-15: Sondaggio geognostico
- Campagna indagini 2015**
- SPR-CA-PI-15: Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SPR-CA-PI-15B: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C)
- Campagna indagini 2014**
- SPR-CA-PI-15: Sondaggio a carotaggio continuo
  - SPR-CA-PI-15: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SPR-CA-PI-15B: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - PM: Prova penetrometrica statica con piezometro (possibilita di avanzamento con trivellazione)
  - PM-TR: Prova penetrometrica statica con piezometro "tradizionale"
  - CA: Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
  - PE: Puzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
  - PE-PROF: Profondita delle indagini

- Campagna indagini pregresse**
- SPR-CA-PI-15: Sondaggio geognostico (campagna 1998)
  - SPR-CA-PI-15: Sondaggio geognostico, numero di riferimento (campagna 2002)
  - CPTU-PE: CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
  - SPR-CA-PI-15: Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (VI) per gentile concessione Centro Idrico Navoledo s.r.l.)
- Asse di progetto**
- Classi dei terreni**
- 1: Riparto
  - 2: Limi argillosi e limi da compatte e molto compatte, generalmente sovraconsolidati
  - 3a: Area con prevalenza di sabbie limose, con limo e limi sabbiosi, con sabbia, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati
  - 3b: Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente MC o assolutamente OC
  - 3c: Area di utranza, sia in verticale che parimetriche, 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 seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001A

Foglio

63 di 126

## ALLEGATO 2 – INDAGINI DISPONIBILI



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 64 di 126 |

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 Barola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**CANTIERE: Montebello Vicentino**

PERFORAZIONE: BH-PE-75

RDP SITO N°: SF201070

PROFONDITA': 25,00 m

ESECUZIONE: 24-25/11/2020

OPERATORE: BARONE - EL AZHARI

RIVESTIMENTO: 22,00 m

COMMESSA: 22036AV-20

RESPONSABILE: FOGLI

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 UTENSILE | FALDA |
|-------|---------------|-----------|---|----------|------|-------|----------|----------|-------|------|-------|-------------------|-------|
|       |               |           |   | TIPO     | NUM. | PROF. |          |          | TIPO  | NUM. | PROF. |                   |       |
| 0     | 0,30          |           | Terreno vegetale  |          |      |       |          |          |       |      |       |                   |       |
| 1     | 1,60          |           | Argilla debolmente limosa debolmente ghiaiosa (fino a 0.30 m) sovraconsolidata, marrone   |          |      |       | 50       | 25       |       |      |       |                   |       |
| 2     | 2,50          |           | Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice sabbiosa, grigio-biancastro  |          |      |       |          |          |       |      |       |                   |       |
| 3     | 3,50          |           | Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone   |          |      |       |          |          |       |      |       |                   |       |
| 4     |               |           |   | SH1      |      |       | 100      | 50       |       |      |       |                   |       |
| 5     |               |           |   |          |      |       | 125      | 65       |       |      |       |                   |       |
| 6     |               |           |   |          |      |       | 125      | 65       |       |      |       |                   |       |
| 7     |               |           |   |          |      |       | 125      | 65       |       |      |       |                   |       |
| 8     |               |           | Alternanza tra argilla debolmente limosa (da marrone scuro a marrone chiaro) con abbondanti noduli di ossidi e argilla limosa/con limo. Presenti sottili orizzonti di ghiaia fine a 5.70 m e 8.70 m | SH2      |      |       | 75       | 30       |       |      |       |                   |       |
| 9     |               |           |   |          |      |       | 50       | 25       |       |      |       |                   |       |
| 10    |               |           |   |          |      |       | 100      | 45       |       |      |       |                   |       |
| 11    |               |           |   |          |      |       | 100      | 50       |       |      |       |                   |       |
| 12    |               |           |   |          |      |       | 25       | 10       |       |      |       |                   |       |
| 13    | 12,50         |           | Argilla, grigio   |          |      |       | 50       | 20       |       |      |       |                   |       |
| 14    | 13,60         |           | Limo argilloso, marrone   |          |      |       | 75       | 30       |       |      |       |                   |       |
| 15    | 13,90         |           | Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice limoso sabbiosa, marrone chiaro  |          |      |       | 100      | 50       |       |      |       |                   |       |
| 16    | 15,00         |           | Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice sabbioso limosa, marrone chiaro.   |          |      |       | 125      | 60       |       |      |       |                   |       |
| 17    |               |           |   |          |      |       | 100      | 45       |       |      |       |                   |       |
| 18    | 17,50         |           | Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice limoso sabbiosa (a tratti debolmente argillosa) Livelli di argilla marrone scuro da 23.10 a 23.60 m                                |          |      |       |          |          |       |      |       |                   |       |
| 19    |               |           |   |          |      |       |          |          |       |      |       |                   |       |
| 20    |               |           |   |          |      |       |          |          |       |      |       |                   |       |

Il Direttore Tecnico SOA:  
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 65 di 126 |

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 Bartola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**CANTIERE: Montebello Vicentino**

PERFORAZIONE: BH-PE-75

ESECUZIONE: 24-25/11/2020

COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF201070

OPERATORE: BARONE - EL AZHARI

RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 25,00 m

RIVESTIMENTO: 22,00 m

QUOTA: -

Indisturbato  
 Rimaneggiato  
 Ambientale

SPT  
PA: punta aperta  
PC: punta chiusa

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

Il Direttore Tecnico SOA:  
ing. Massimo De Iasi

SF201070\_BH-PE-75 - pag 2 di 4

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 66 di 126 |

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da CertQuality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - ISO OHSAS 18001:2011

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](http://www.socotec.it)



SOCOTEC

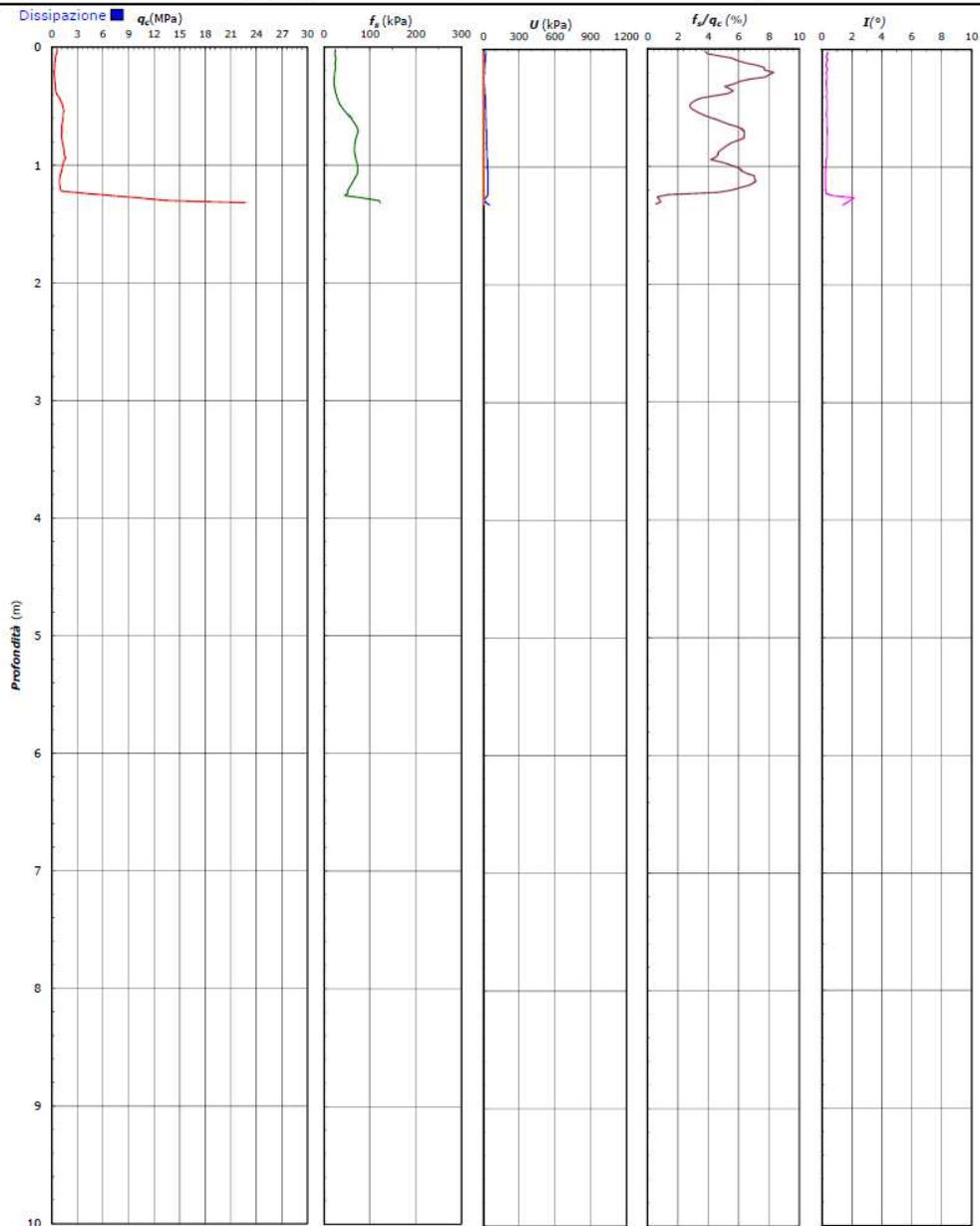
COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**

CANTIERE: Linea Alta Velocità Verona-Vicenza

PROVA N°: CPTU-PE-42 PROF. FALDA (m da p.c.): n.r PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 10/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45°27'38.10"N Long.: 11°24'39.00"E

COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210098 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 49.164



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 67 di 126 |

FERRARA DEPARTMENT

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

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



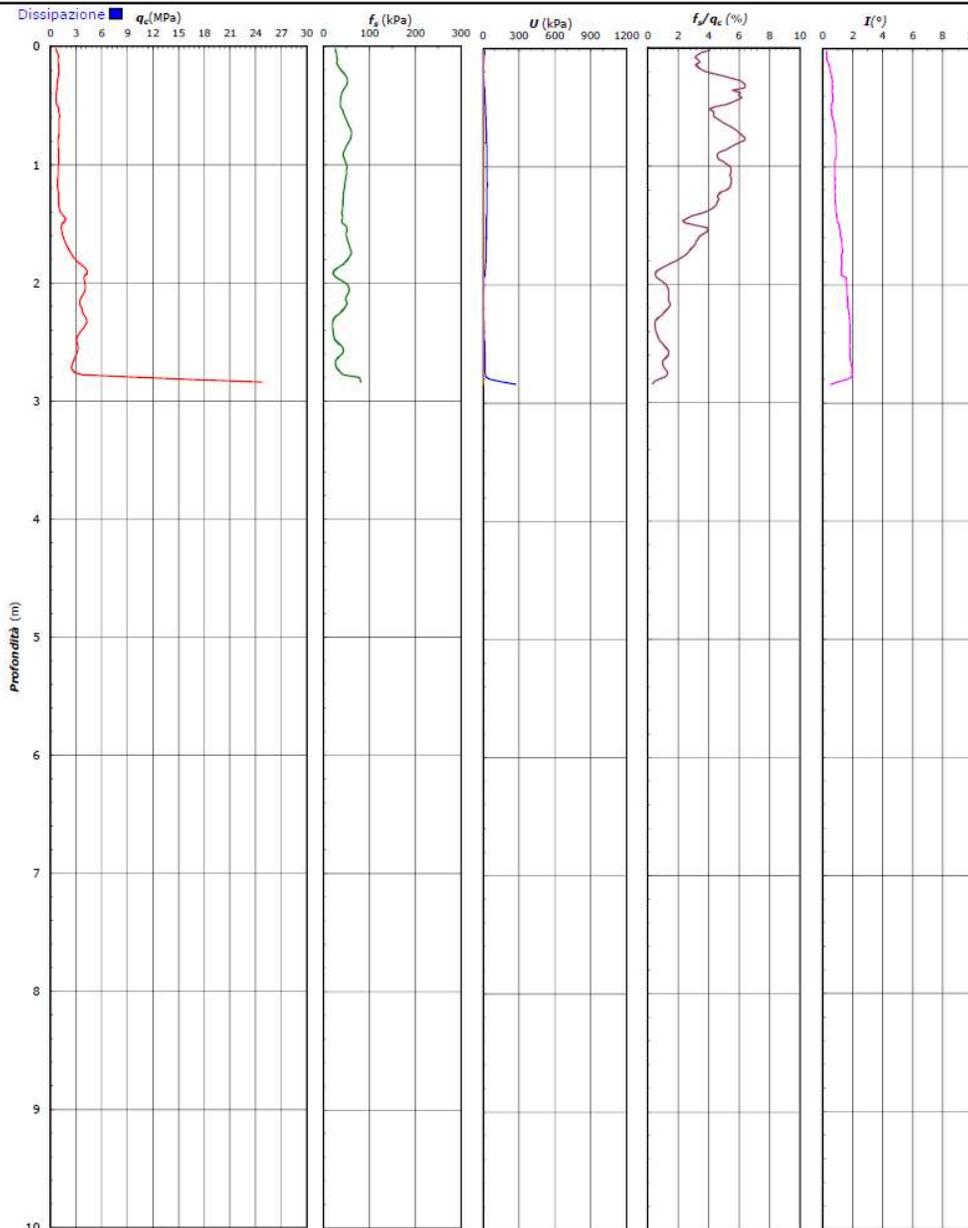
COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**

CANTIERE: Linea Alta Velocità Verona-Vicenza

PROVA N°: CPTU-PE-43 PROF. FALDA (m da p.c.): n.r. PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 10/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45°27'45.58"N Long.: 11°24'50.30"E

COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210099 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 49.89



Il Direttore Tecnico SO:  
ing. Massimo De Iasi

GF210099\_CPTU-PE-43.xls - pag 2 di 3

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 68 di 126 |

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](http://www.socotec.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da CertQuality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - BS OHSAS 18001:2011



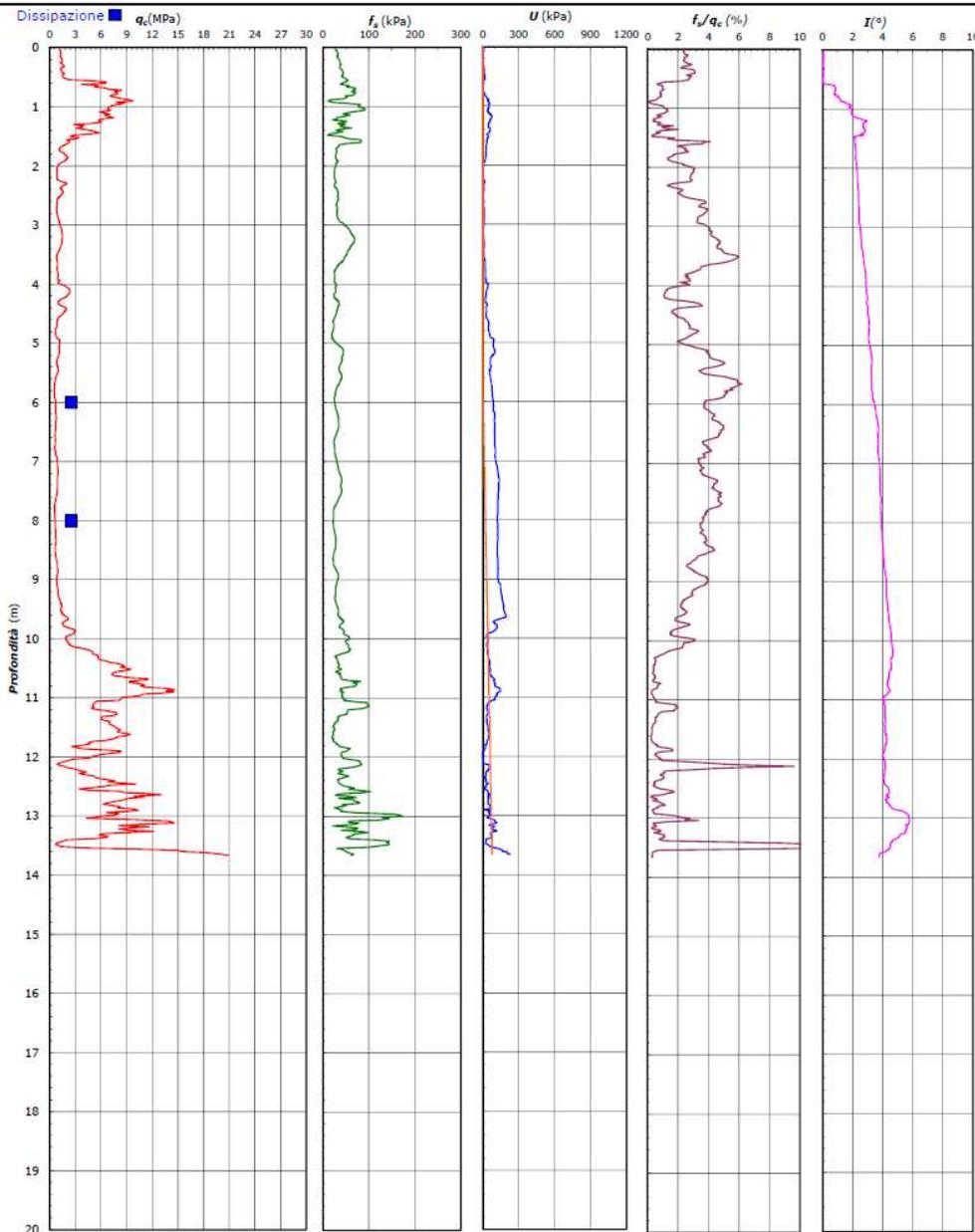
**COMMITTENTE:** CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)

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

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

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

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



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001A

Foglio

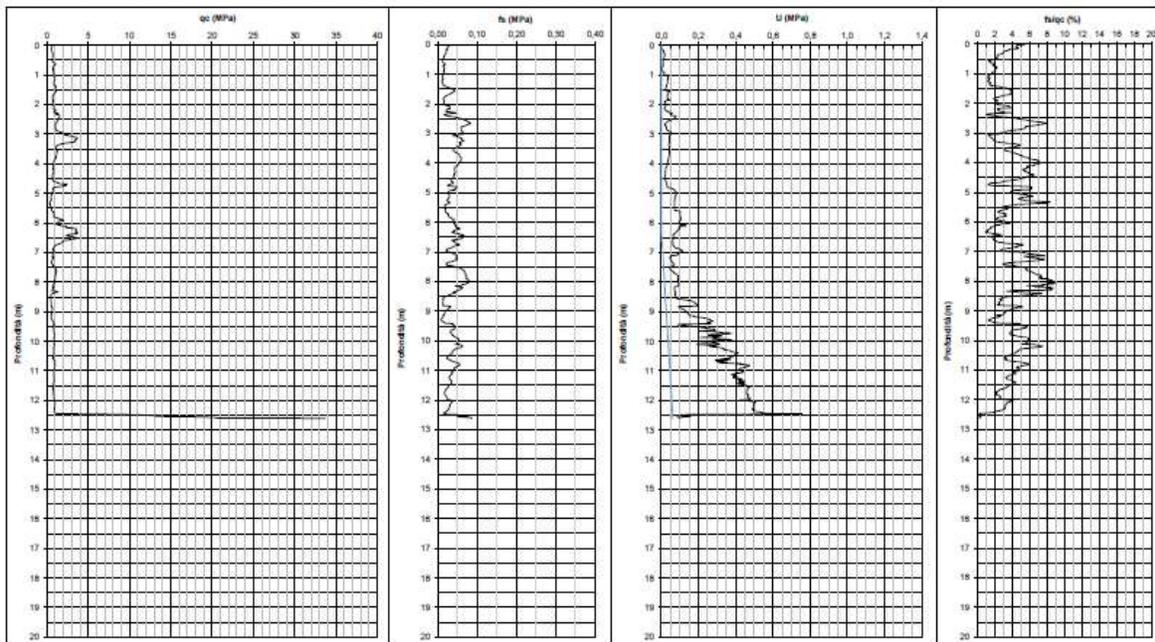
69 di 126

**vicenzetto**

SOFT-ROCK AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

|  |   |
|--|---|
| <b>COMMITTENTE</b> Consorzio Iricav Due  | <b>Punta</b> Mk497  |
| <b>CANTIERE</b> Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza        | <b>Profondità prova</b> 12,61 m da p.c. <b>Livello acqua</b> 6,30 m da p.c. |
| <b>PROVA</b> CPTU41 bis <b>DATA</b> 04/05/2021 <b>RESPONSABILE</b> Dott. Geol. Paolo Greggio | <b>Coordinate WGS84</b> X 45.459236° Y 11.408969°                           |



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-41VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001A

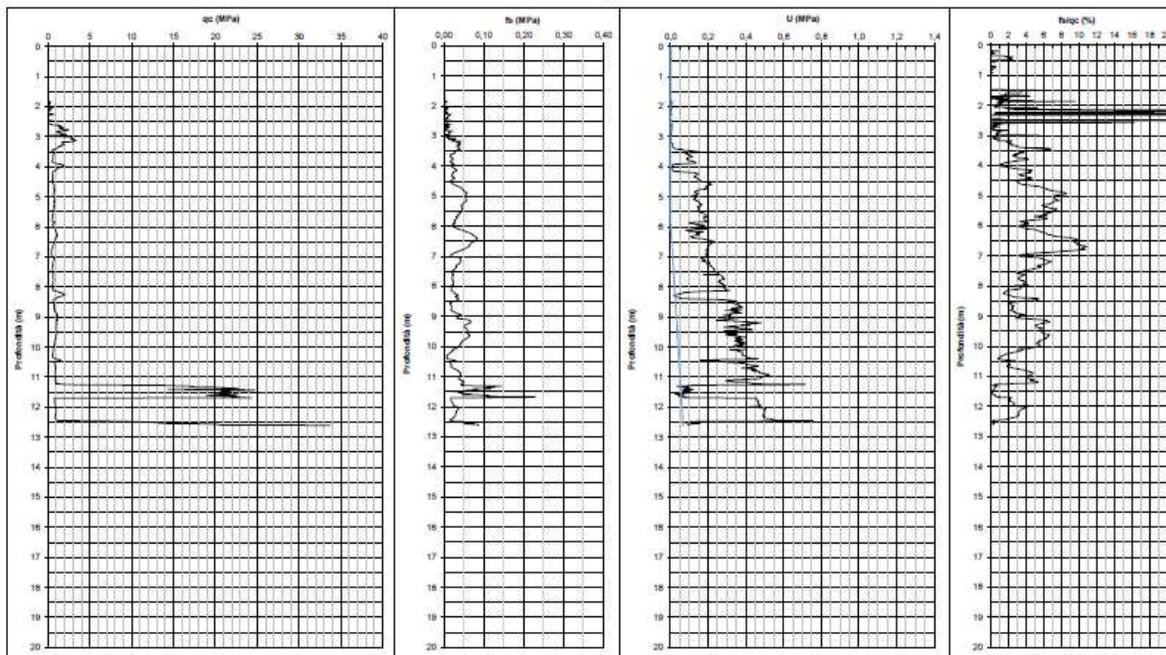
Foglio

70 di 126

**vicenzetto**  
EARTH WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

|  |   |
|--|---|
| <b>COMMITTENTE</b> Consorzio Iricav Due  | <b>Punta</b> MK497  |
| <b>CANTIERE</b> Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza        | <b>Profondità prova</b> 12,61 m da p.c. <b>Livello acqua</b> 5,80 m da p.c. |
| <b>PROVA</b> CPTU42 bis <b>DATA</b> 04/05/2021 <b>RESPONSABILE</b> Dott. Geol. Paolo Greggio | <b>Coordinate WGS84</b> X 45.460719° Y 11.411153°                           |



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-42VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001A

Foglio

71 di 126

**vicenzetto**  
EARTH WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due

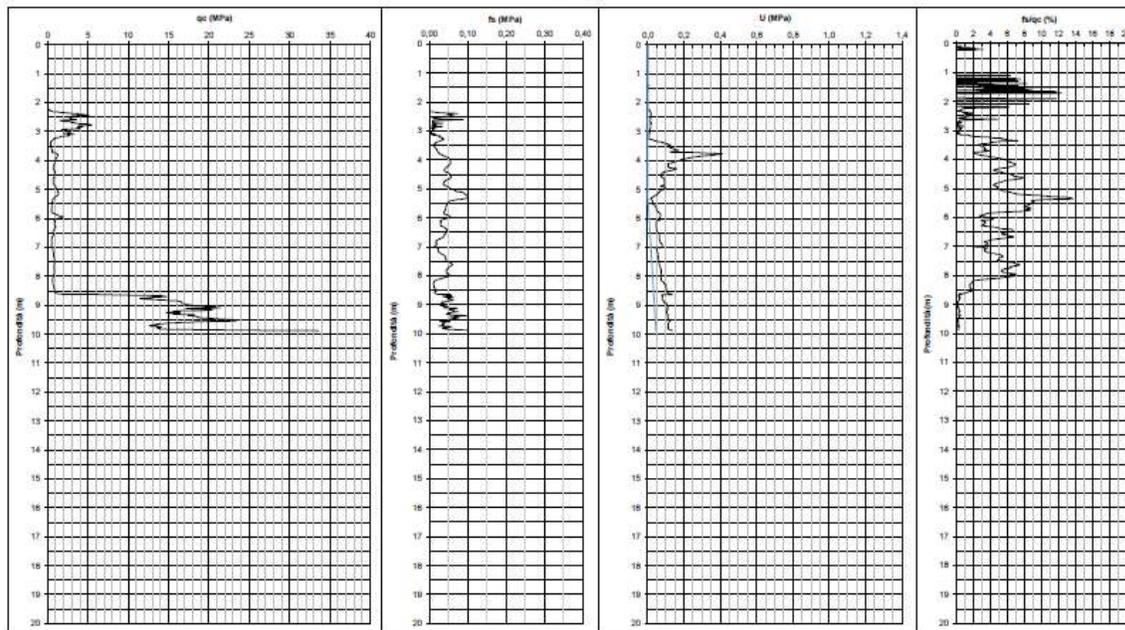
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza

PROVA CPTU43 bis DATA 03/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Punta Mk497

Profondità prova 9,88 m da p.c. Livello acqua 5,20 m da p.c.

Coordinate WGS84 X 45.451911\* Y 11.412653\*



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66B0001A

Foglio

72 di 126

**vicenzetto**

EARTH WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due

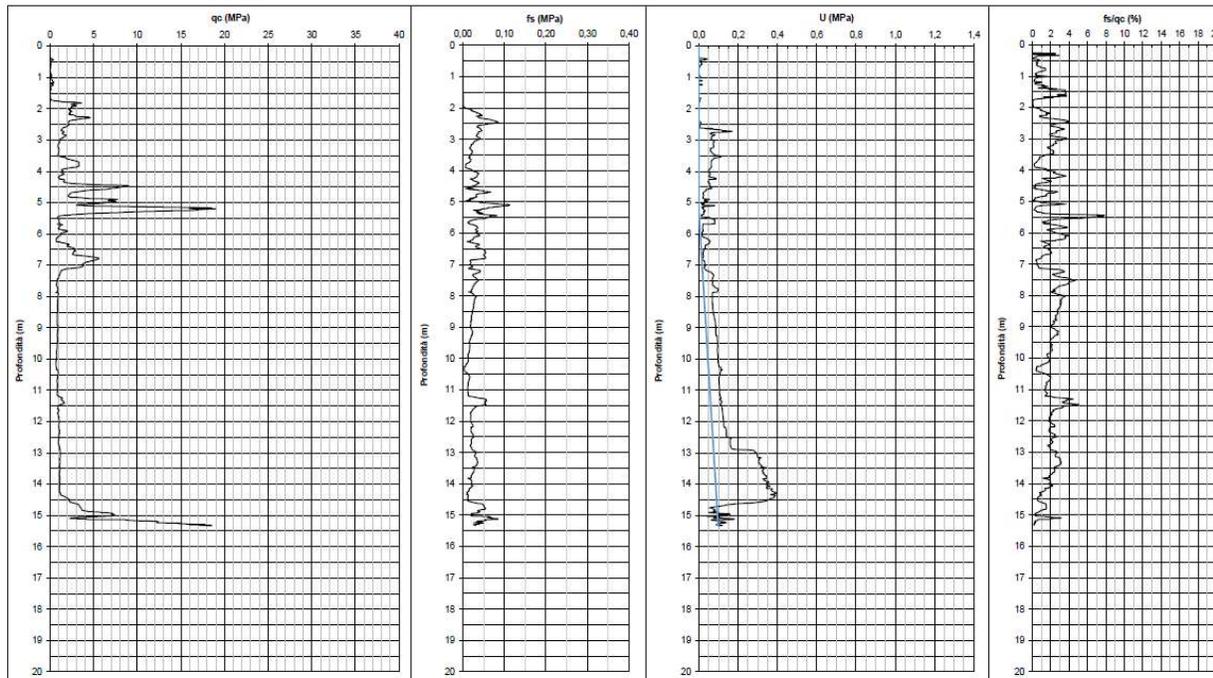
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza

PROVA CPTU43 ter DATA 03/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Punta Mik497

Profondità prova 15,33 m da p.c. Livello acqua 5,30 m da p.c.

Coordinate WGS84 X 45.463110° Y 11.414166°



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43VTER

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



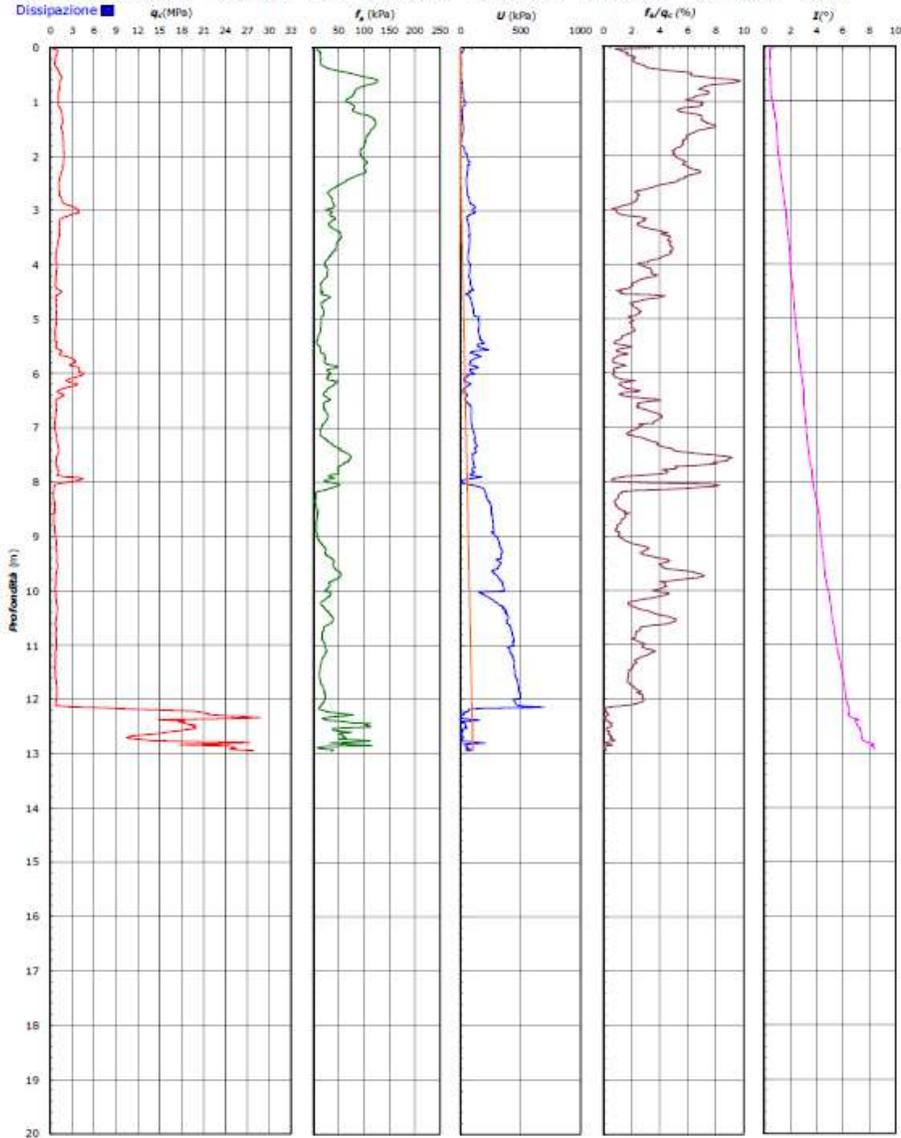
Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 73 di 126 |

FERRARA DEPARTMENT  
Via Aristide Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax: +39 0532 56119  
SOCOTEC ITALIA Srl - P. Via 01872430648  
Headquarters: Via Balilla, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**COMMITTENTE:** CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)  
**CANTIERE:** Lines Alta Velocita Verona-Vicenza  
PROVA N°: CPTU PE-41BIS PROF. FALDA (m da p.c.): 2,40 IMU PUNTA: tecnopenta G1-CPLZIN (matr. 121114) [a = 0,66]  
DATA: 26/04/21 PREFORG (m da p.c.): Lat.: 45° 27' 33,25" N Long.: 11° 24' 32,29" E  
LUMESSA: Z2U5bAV/2U C. SITO N°: ST-21044b - Z//U4/Z1 OPERAIORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 50,589



Il Direttore Tecnico SOA:  
Ing. Massimo De Iasi

SF210446\_CPTU-PE-41BIS - pag 3 di 4

Il Responsabile Prove In Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-41BIS

GENERAL CONTRACTOR

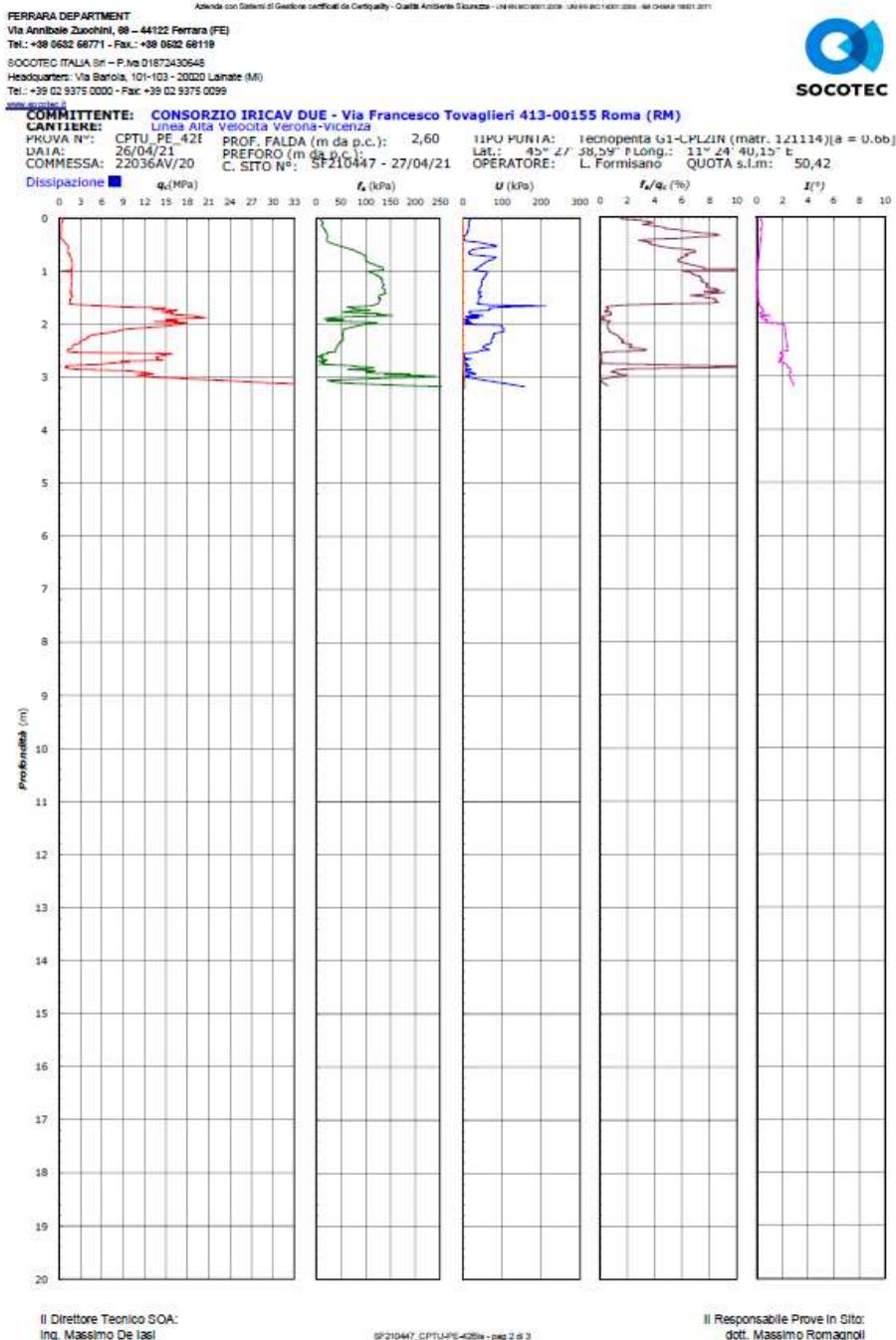


ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 74 di 126 |



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-42BIS

GENERAL CONTRACTOR

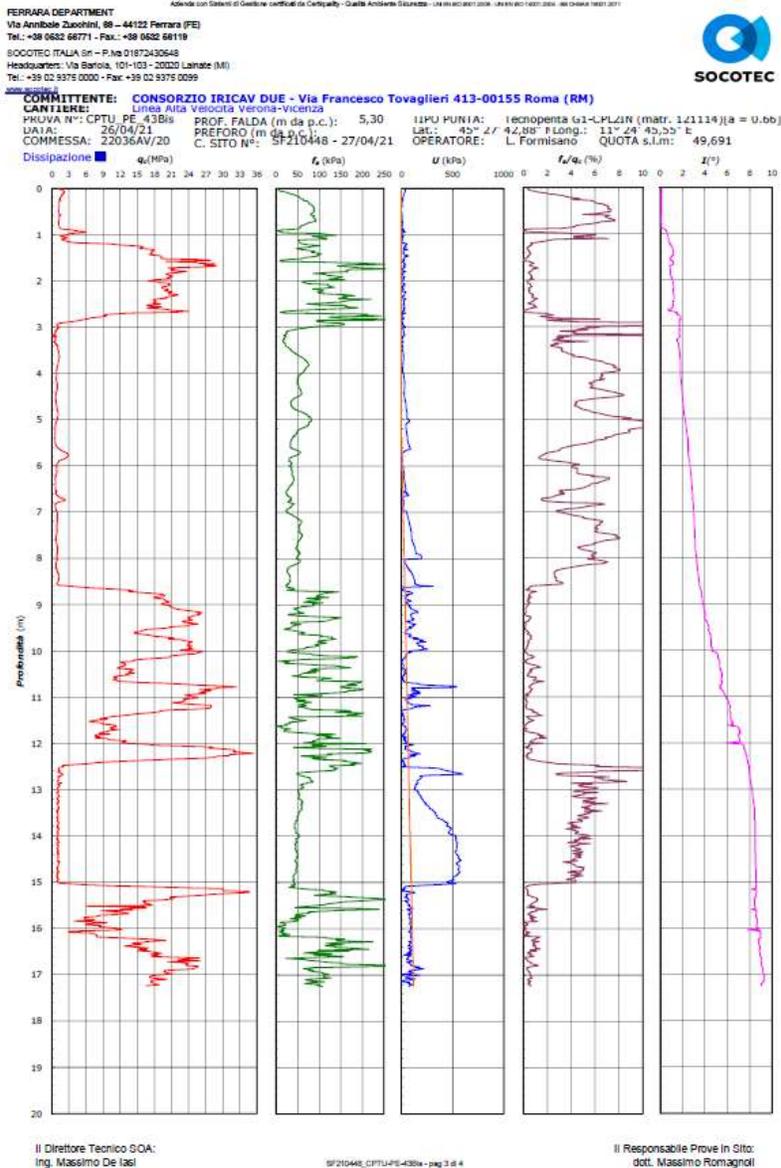


ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 75 di 126 |



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43BIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 76 di 126 |

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 66 - 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 66771 - Fax.: +39 0532 66119

SOCOTEC ITALIA SpA - P. IVA 01672430648

Headquarter: Via Sanola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

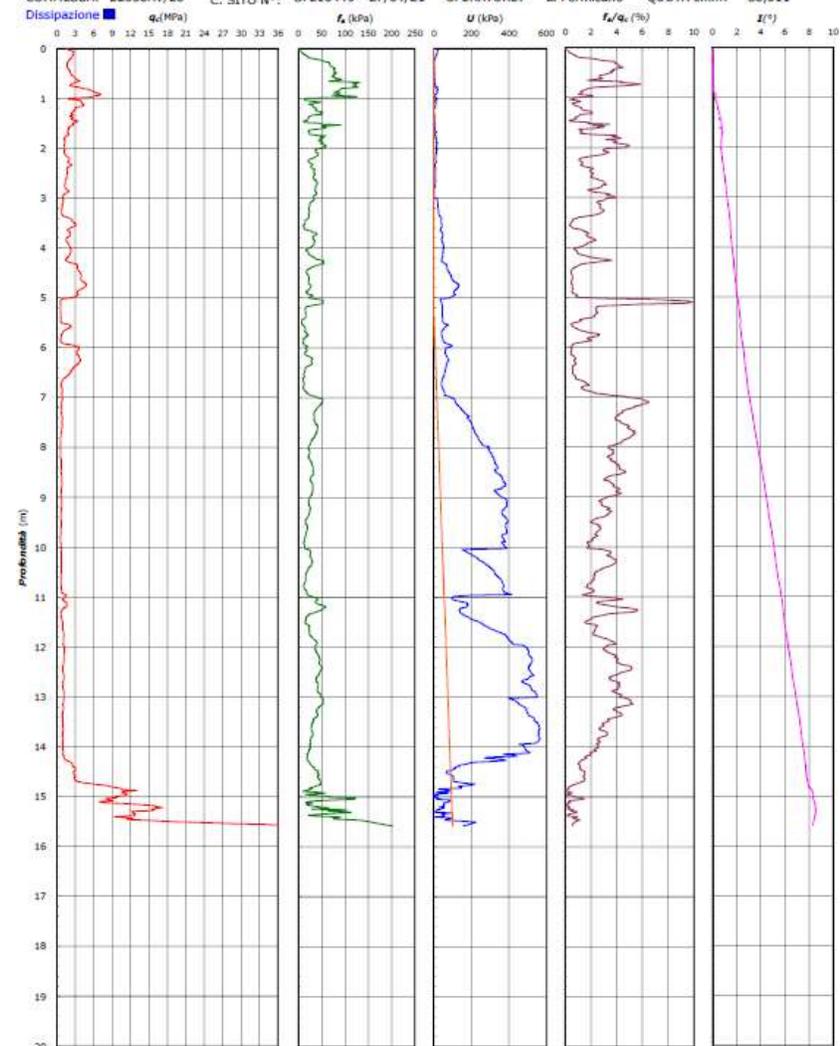
Atende con Sistemi di Gestione certificati da Certipaq - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - UNI EN ISO 45001:2018



SOCOTEC

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

CANTIERE: **LIVINE AREA VESOVIA VERONA-VICENZA**  
 PROVA N°: CPTU\_PE\_43Ter PROF. FALDA (m da p.c.): 5,30 TIPO PUNIA: Tecnopenta G1-PLZIN (matr. 121114) (a = 0,6b)  
 DATA: 26/04/21 PREFORO (m da p.c.): OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 50,011  
 COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210449 - 27/04/21



Il Direttore Tecnico SOA:  
Ing. Massimo De Iasi

SF210449\_CPTU-PE-43Ter - pag 3 di 4

Il Responsabile Prove In Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43TER

|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br/>Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66B0001A</p> | <p>Foglio<br/>77 di 126</p> |

**ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI STATICHE**

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI66a\_stat.slim  
 Slide Modeler Version: 7.038  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 19/03/2021, 16:22:11

#### General Settings

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

#### Design Standard

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

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

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 79 di 126 |

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 9

### 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: Slope Search  
Number of Surfaces: 10000  
Upper Angle: Not Defined  
Lower Angle: Not Defined  
Composite Surfaces: Disabled  
Reverse Curvature: Invalid Surfaces  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 2  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

### Seismic

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### Loading

6 Distributed Loads present

**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

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

**Distributed Load 3**

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

**Distributed Load 4**

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

**Distributed Load 5**

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

**Distributed Load 6**

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

**Material Properties**

| Property                         | Rilevato  | Argilla limosa_UD1  | Ghiaia  | Argilla limosa_UD2  | Argilla limosa_UD3  | Argilla_UD1   |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Color                            |  |  |  |  |  |  |
| Strength Type                    | Mohr-Coulomb  | Undrained   | Mohr-Coulomb  | Undrained   | Undrained   | Undrained   |
| Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ] | 20  | 19  | 19  | 19  | 19  | 19  |
| Cohesion [kPa]                   | 0   |   | 0   |   |   |   |
| Friction Angle [deg]             | 38  |   | 39  |   |   |   |
| Cohesion Type                    |   | 90  |   | 45  | 55  | 100   |
| Water Surface                    | Water Table   |
| Hu Value                         | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   |

**Global Minimums****Method: bishop simplified**

| FS                           | 1.647080               |
|------------------------------|------------------------|
| Center:                      | 61.811, 75.048         |
| Radius:                      | 36.357                 |
| Left Slip Surface Endpoint:  | 32.041, 54.178         |
| Right Slip Surface Endpoint: | 87.858, 49.682         |
| Resisting Moment:            | 92787.9 kN-m           |
| Driving Moment:              | 56334.9 kN-m           |
| Total Slice Area:            | 520.435 m <sup>2</sup> |
| Surface Horizontal Width:    | 55.8165 m              |
| Surface Average Height:      | 9.32402 m              |

**Valid / Invalid Surfaces**



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 81 di 126 |



**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces: 9609  
Number of Invalid Surfaces: 391

**Error Codes:**

Error Code -113 reported for 358 surfaces  
Error Code -115 reported for 33 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

- 113 = Surface intersects outside slope limits.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

**Slice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.64708

| 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            | 1.05479   | 15.0732     | -53.5681                      | Rilevato           | 0                   | 32.0066                       | 20.0101            | 32.9583              | 52.7309                  | 0                   | 52.7309                       | 79.8403                    | 79.8403                         |
| 2            | 1.05479   | 43.8133     | -50.8518                      | Rilevato           | 0                   | 32.0066                       | 35.1414            | 57.8807              | 92.605                   | 0                   | 92.605                        | 135.772                    | 135.772                         |
| 3            | 1.05479   | 69.9615     | -48.2861                      | Rilevato           | 0                   | 32.0066                       | 42.7368            | 70.391               | 112.62                   | 0                   | 112.62                        | 160.564                    | 160.564                         |
| 4            | 1.05479   | 93.9013     | -45.8437                      | Rilevato           | 0                   | 32.0066                       | 28.5227            | 46.9792              | 75.1636                  | 0                   | 75.1636                       | 104.539                    | 104.539                         |
| 5            | 1.02891   | 112.33      | -43.5322                      | Argilla limosa_UD1 | 64.2857             | 0                             | 39.0301            | 64.2857              | 153.929                  | 0                   | 153.929                       | 191.009                    | 191.009                         |
| 6            | 1.02891   | 130.731     | -41.334                       | Argilla limosa_UD1 | 64.2857             | 0                             | 39.0301            | 64.2857              | 186.959                  | 0                   | 186.959                       | 221.288                    | 221.288                         |
| 7            | 1.02891   | 147.782     | -39.2078                      | Argilla limosa_UD1 | 64.2857             | 0                             | 39.0301            | 64.2857              | 196.17                   | 0                   | 196.17                        | 228.011                    | 228.011                         |
| 8            | 1.02891   | 163.605     | -37.1443                      | Argilla limosa_UD1 | 64.2857             | 0                             | 39.0301            | 64.2857              | 143.852                  | 0                   | 143.852                       | 173.417                    | 173.417                         |
| 9            | 1.12818   | 196.221     | -35.0413                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 167.753                  | 0                   | 167.753                       | 181.438                    | 181.438                         |
| 10           | 1.12818   | 212.522     | -32.8967                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 175.758                  | 0                   | 175.758                       | 188.381                    | 188.381                         |
| 11           | 1.12818   | 227.552     | -30.8029                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 190.069                  | 0                   | 190.069                       | 201.703                    | 201.703                         |
| 12           | 1.12818   | 241.396     | -28.7539                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 203.266                  | 0                   | 203.266                       | 213.974                    | 213.974                         |
| 13           | 1.12818   | 254.123     | -26.7443                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 223.961                  | 0                   | 223.961                       | 233.795                    | 233.795                         |
| 14           | 1.12818   | 265.796     | -24.7698                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 263.086                  | 0                   | 263.086                       | 272.091                    | 272.091                         |
| 15           | 1.12818   | 276.464     | -22.8261                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 331.063                  | 0                   | 331.063                       | 339.277                    | 339.277                         |
| 16           | 1.12818   | 286.173     | -20.9099                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 340.427                  | 0                   | 340.427                       | 347.883                    | 347.883                         |
| 17           | 1.12818   | 294.961     | -19.0179                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 285.499                  | 0                   | 285.499                       | 292.225                    | 292.225                         |
| 18           | 1.12818   | 302.859     | -17.1473                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 321.044                  | 0                   | 321.044                       | 327.066                    | 327.066                         |
| 19           | 1.12818   | 309.896     | -15.2953                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 363.572                  | 0                   | 363.572                       | 368.909                    | 368.909                         |
| 20           | 1.12818   | 316.097     | -13.4595                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 363.985                  | 0                   | 363.985                       | 368.655                    | 368.655                         |
| 21           | 1.12818   | 321.481     | -11.6378                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 295.339                  | 0                   | 295.339                       | 299.358                    | 299.358                         |
| 22           | 1.12818   | 326.066     | -9.82788                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 294.403                  | 0                   | 294.403                       | 297.783                    | 297.783                         |
| 23           | 1.12818   | 329.86      | -8.02785                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 289.632                  | 0                   | 289.632                       | 292.385                    | 292.385                         |
| 24           | 1.12818   | 323.943     | -6.23577                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 285.007                  | 0                   | 285.007                       | 287.139                    | 287.139                         |
| 25           | 1.12818   | 309.235     | -4.4498                       | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 272.583                  | 0                   | 272.583                       | 274.102                    | 274.102                         |
| 26           | 1.12818   | 293.769     | -2.66816                      | Argilla            | 32.1429             | 0                             | 19.5151            | 32.1429              | 259.484                  | 0                   | 259.484                       | 260.393                    | 260.393                         |



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

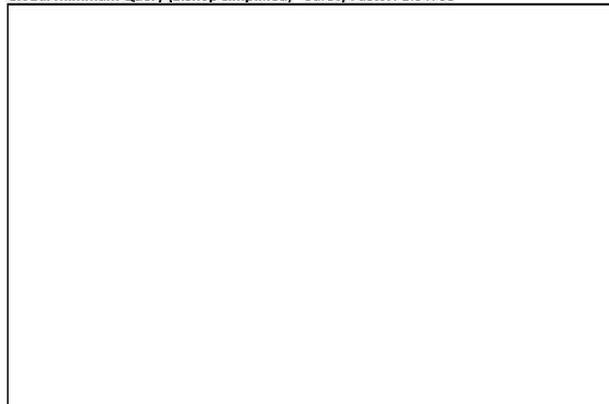
|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 82 di 126 |



|    |         |         |          |            |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
|----|---------|---------|----------|------------|---------|---|---------|---------|---------|---|---------|---------|---------|
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 27 | 1.12818 | 277.549 | 0.889101 | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 245.713 | 0 | 245.713 | 246.016 | 246.016 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 28 | 1.12818 | 260.579 | 0.889101 | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 231.276 | 0 | 231.276 | 230.974 | 230.974 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 29 | 1.12818 | 250.309 | 2.66816  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 222.779 | 0 | 222.779 | 221.87  | 221.87  |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 30 | 1.12818 | 248.771 | 4.4498   | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 222.025 | 0 | 222.025 | 220.507 | 220.507 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 31 | 1.12818 | 246.509 | 6.23577  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 220.633 | 0 | 220.633 | 218.501 | 218.501 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 32 | 1.12818 | 243.482 | 8.02785  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 218.57  | 0 | 218.57  | 215.818 | 215.818 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 33 | 1.12818 | 239.682 | 9.82788  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 215.83  | 0 | 215.83  | 212.45  | 212.45  |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 34 | 1.12818 | 235.097 | 11.6378  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 212.405 | 0 | 212.405 | 208.386 | 208.386 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 35 | 1.12818 | 229.325 | 13.4595  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 207.939 | 0 | 207.939 | 203.268 | 203.268 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 36 | 1.12818 | 212.306 | 15.2953  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 193.52  | 0 | 193.52  | 188.183 | 188.183 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 37 | 1.12818 | 201.222 | 17.1473  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 184.38  | 0 | 184.38  | 178.358 | 178.358 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 38 | 1.12818 | 192.965 | 19.0179  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 177.765 | 0 | 177.765 | 171.039 | 171.039 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 39 | 1.12818 | 184.177 | 20.9099  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 170.706 | 0 | 170.706 | 163.25  | 163.25  |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 40 | 1.12818 | 174.468 | 22.8261  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 162.857 | 0 | 162.857 | 154.643 | 154.643 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 41 | 1.12818 | 163.8   | 24.7698  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 154.192 | 0 | 154.192 | 145.187 | 145.187 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 42 | 1.12818 | 152.128 | 26.7443  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 144.674 | 0 | 144.674 | 134.84  | 134.84  |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 43 | 1.12818 | 139.4   | 28.7539  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 134.266 | 0 | 134.266 | 123.558 | 123.558 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 44 | 1.12818 | 125.556 | 30.8029  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 122.923 | 0 | 122.923 | 111.288 | 111.288 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 45 | 1.12818 | 110.526 | 32.8967  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 110.588 | 0 | 110.588 | 97.9648 | 97.9648 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 46 | 1.12818 | 94.2255 | 35.0413  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 19.5151 | 32.1429 | 97.2012 | 0 | 97.2012 | 83.5156 | 83.5156 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 47 | 1.15275 | 78.0078 | 37.2686  | Argilla    | 64.2857 | 0 | 39.0301 | 64.2857 | 97.3598 | 0 | 97.3598 | 67.6606 | 67.6606 |
|    |         |         |          | limosa_UD1 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 48 | 1.15275 | 57.9626 | 39.5888  | Argilla    | 64.2857 | 0 | 39.0301 | 64.2857 | 82.5469 | 0 | 82.5469 | 50.2712 | 50.2712 |
|    |         |         |          | limosa_UD1 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 49 | 1.15275 | 36.1607 | 41.9898  | Argilla    | 64.2857 | 0 | 39.0301 | 64.2857 | 66.4872 | 0 | 66.4872 | 31.357  | 31.357  |
|    |         |         |          | limosa_UD1 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 50 | 1.15275 | 12.3991 | 44.4852  | Argilla    | 64.2857 | 0 | 39.0301 | 64.2857 | 49.0779 | 0 | 49.0779 | 10.743  | 10.743  |
|    |         |         |          | limosa_UD1 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |

**Interslice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.64708





Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 83 di 126 |



| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1            | 32.0412          | 54.1777                   | 0                            | 0                           | 0                                |
| 2            | 33.096           | 52.7486                   | 54.2541                      | 0                           | 0                                |
| 3            | 34.1508          | 51.4529                   | 137.188                      | 0                           | 0                                |
| 4            | 35.2056          | 50.2696                   | 225.388                      | 0                           | 0                                |
| 5            | 36.2604          | 49.1833                   | 276.964                      | 0                           | 0                                |
| 6            | 37.2893          | 48.2058                   | 387.286                      | 0                           | 0                                |
| 7            | 38.3182          | 47.3008                   | 516.34                       | 0                           | 0                                |
| 8            | 39.3472          | 46.4614                   | 640.86                       | 0                           | 0                                |
| 9            | 40.3761          | 45.682                    | 712.835                      | 0                           | 0                                |
| 10           | 41.5042          | 44.8908                   | 823.547                      | 0                           | 0                                |
| 11           | 42.6324          | 44.1611                   | 929.799                      | 0                           | 0                                |
| 12           | 43.7606          | 43.4885                   | 1035.63                      | 0                           | 0                                |
| 13           | 44.8888          | 42.8694                   | 1139.45                      | 0                           | 0                                |
| 14           | 46.0169          | 42.3009                   | 1244.77                      | 0                           | 0                                |
| 15           | 47.1451          | 41.7803                   | 1359.71                      | 0                           | 0                                |
| 16           | 48.2733          | 41.3055                   | 1494.91                      | 0                           | 0                                |
| 17           | 49.4015          | 40.8745                   | 1619.63                      | 0                           | 0                                |
| 18           | 50.5297          | 40.4856                   | 1708.64                      | 0                           | 0                                |
| 19           | 51.6578          | 40.1375                   | 1798.39                      | 0                           | 0                                |
| 20           | 52.786           | 39.829                    | 1888.55                      | 0                           | 0                                |
| 21           | 53.9142          | 39.559                    | 1964.82                      | 0                           | 0                                |
| 22           | 55.0424          | 39.3266                   | 2011.44                      | 0                           | 0                                |
| 23           | 56.1705          | 39.1312                   | 2046.97                      | 0                           | 0                                |
| 24           | 57.2987          | 38.9721                   | 2071.04                      | 0                           | 0                                |
| 25           | 58.4269          | 38.8488                   | 2084.17                      | 0                           | 0                                |
| 26           | 59.5551          | 38.761                    | 2086.09                      | 0                           | 0                                |
| 27           | 60.6832          | 38.7084                   | 2077.72                      | 0                           | 0                                |
| 28           | 61.8114          | 38.6909                   | 2060.01                      | 0                           | 0                                |
| 29           | 62.9396          | 38.7084                   | 2033.96                      | 0                           | 0                                |
| 30           | 64.0678          | 38.761                    | 2000.24                      | 0                           | 0                                |
| 31           | 65.1959          | 38.8488                   | 1958.73                      | 0                           | 0                                |
| 32           | 66.3241          | 38.9721                   | 1909.53                      | 0                           | 0                                |
| 33           | 67.4523          | 39.1312                   | 1852.74                      | 0                           | 0                                |
| 34           | 68.5805          | 39.3266                   | 1788.55                      | 0                           | 0                                |
| 35           | 69.7087          | 39.559                    | 1717.19                      | 0                           | 0                                |
| 36           | 70.8368          | 39.829                    | 1639.03                      | 0                           | 0                                |
| 37           | 71.965           | 40.1375                   | 1557.32                      | 0                           | 0                                |
| 38           | 73.0932          | 40.4856                   | 1471.13                      | 0                           | 0                                |
| 39           | 74.2214          | 40.8745                   | 1379.99                      | 0                           | 0                                |
| 40           | 75.3495          | 41.3055                   | 1284.4                       | 0                           | 0                                |
| 41           | 76.4777          | 41.7803                   | 1185.06                      | 0                           | 0                                |
| 42           | 77.6059          | 42.3009                   | 1082.79                      | 0                           | 0                                |
| 43           | 78.7341          | 42.8694                   | 978.53                       | 0                           | 0                                |
| 44           | 79.8622          | 43.4885                   | 873.405                      | 0                           | 0                                |
| 45           | 80.9904          | 44.1611                   | 768.718                      | 0                           | 0                                |
| 46           | 82.1186          | 44.8908                   | 666.007                      | 0                           | 0                                |
| 47           | 83.2468          | 45.682                    | 567.095                      | 0                           | 0                                |
| 48           | 84.3995          | 46.5592                   | 436.718                      | 0                           | 0                                |
| 49           | 85.5523          | 47.5124                   | 313.053                      | 0                           | 0                                |
| 50           | 86.705           | 48.55                     | 199.091                      | 0                           | 0                                |
| 51           | 87.8578          | 49.6822                   | 0                            | 0                           | 0                                |

List Of Coordinates

Water Table

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 45.682 |
| 114.127 | 45.682 |

Distributed Load

|  |
|--|
|  |
|--|



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 84 di 126 |

SLIDEINTERPRET 7.038



| X       | Y       |
|---------|---------|
| 40.9641 | 54.1777 |
| 39.2202 | 54.1777 |
| 36.4202 | 54.1777 |
| 35.2202 | 54.1777 |
| 32.4202 | 54.1777 |
| 30.8663 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 55.7288 | 54.1777 |
| 53.8329 | 54.1777 |
| 51.0329 | 54.1777 |
| 49.6329 | 54.1777 |
| 46.8329 | 54.1777 |
| 45.3479 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 35.2202 | 54.1777 |
| 32.4202 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 39.2202 | 54.1777 |
| 36.4202 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 49.6329 | 54.1777 |
| 46.8329 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 53.8329 | 54.1777 |
| 51.0329 | 54.1777 |

**External Boundary**

|  |
|--|
|  |
|--|

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 85 di 126 |

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 8 of 9

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 53.8329 | 54.1777 |
| 51.0329 | 54.1777 |
| 49.6329 | 54.1777 |
| 46.8329 | 54.1777 |
| 45.3479 | 54.1777 |
| 40.9641 | 54.1777 |
| 39.2202 | 54.1777 |
| 36.4202 | 54.1777 |
| 35.2202 | 54.1777 |
| 32.4202 | 54.1777 |
| 30.8663 | 54.1777 |
| 28.8922 | 54.1777 |
| 27.8371 | 53.4742 |
| 23.4964 | 50.5804 |
| 17.4339 | 50.5804 |
| 16.0865 | 49.6822 |
| 14.5922 | 49.6822 |
| 0       | 49.6822 |
| 0       | 45.682  |
| 0       | 38.682  |
| 0       | 37.182  |
| 0       | 29.682  |
| 0       | 24.682  |
| 0       | 10      |
| 114.127 | 10      |
| 114.127 | 24.682  |
| 114.127 | 29.682  |
| 114.127 | 37.182  |
| 114.127 | 38.682  |
| 114.127 | 45.682  |
| 114.127 | 49.6822 |
| 73.0587 | 49.6822 |
| 71.596  | 49.6822 |
| 70.5955 | 50.3492 |
| 63.0106 | 50.3492 |
| 57.2678 | 54.1777 |
| 55.7288 | 54.1777 |

**Material Boundary**

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 45.682 |
| 114.127 | 45.682 |

**Material Boundary**

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 24.682 |
| 114.127 | 24.682 |

**Material Boundary**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 14.5922 | 49.6822 |
| 15.3405 | 49.1833 |
| 72.3104 | 49.1833 |
| 73.0587 | 49.6822 |

**Material Boundary**

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 38.682 |
| 114.127 | 38.682 |

**Material Boundary**

| X | Y |
|---|---|
|   |   |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 86 di 126 |

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 9 of 9

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 37.182 |
| 114.127 | 37.182 |

**Material Boundary**

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 29.682 |
| 114.127 | 29.682 |

|   |   |                     |                                     |                             |
|---|---|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                     |                                     |                             |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br/>Relazione Geotecnica</p>                             | <p>Progetto<br/>IN17</p>  | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66B0001A</p> | <p>Foglio<br/>87 di 126</p> |

**ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE**

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI66a\_sis.slim  
 Slide Modeler Version: 7.038  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 19/03/2021, 16:22:11

#### 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     | 0.2            |
| 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  $\tan \alpha < 0.2$ : Yes  
 Create interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes  
 Initial trial value of FS: 1  
 Steffensen Iteration: Yes

### Groundwater Analysis

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

### Random Numbers

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

### Surface Options

Surface Type: Circular  
 Search Method: Slope Search  
 Number of Surfaces: 10000  
 Upper Angle: Not Defined  
 Lower Angle: Not Defined  
 Composite Surfaces: Disabled  
 Reverse Curvature: Invalid Surfaces  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth [m]: 2  
 Minimum Area: Not Defined  
 Minimum Weight: Not Defined

### Seismic

Advanced seismic analysis: No  
 Staged pseudostatic analysis: No

### Loading

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

6 Distributed Loads present

**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

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

**Distributed Load 3**

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

**Distributed Load 4**

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

**Distributed Load 5**

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

**Distributed Load 6**

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

**Material Properties**

| Property                         | Rilevato  | Argilla limosa_UD1  | Ghiaia  | Argilla limosa_UD2  | Argilla limosa_UD3  | Argilla_UD1   |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Color                            |  |  |  |  |  |  |
| Strength Type                    | Mohr-Coulomb  | Undrained   | Mohr-Coulomb  | Undrained   | Undrained   | Undrained   |
| Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ] | 20  | 19  | 19  | 19  | 19  | 19  |
| Cohesion [kPa]                   | 0   |   | 0   |   |   |   |
| Friction Angle [deg]             | 38  |   | 39  |   |   |   |
| Cohesion Type                    |   | 90  |   | 45  | 55  | 100   |
| Water Surface                    | Water Table   | Water Table   |
| Hu Value                         | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   |

**Global Minimums****Method: bishop simplified**

| FS                           | 1.362700               |
|------------------------------|------------------------|
| Center:                      | 60.796, 75.522         |
| Radius:                      | 36.792                 |
| Left Slip Surface Endpoint:  | 30.827, 54.178         |
| Right Slip Surface Endpoint: | 86.987, 49.682         |
| Resisting Moment:            | 88889.8 kN-m           |
| Driving Moment:              | 65230.7 kN-m           |
| Total Slice Area:            | 526.357 m <sup>2</sup> |
| Surface Horizontal Width:    | 56.16 m                |
| Surface Average Height:      | 9.37245 m              |

**Valid / Invalid Surfaces**

**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces: 9609

Number of Invalid Surfaces: 391

**Error Codes:**

Error Code -113 reported for 358 surfaces

Error Code -115 reported for 33 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-113 = Surface intersects outside slope limits.

-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

**Slice Data****Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.3627**

| 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            | 1.06965   | 15.2677     | -53.1521                      | Rilevato           | 0                   | 32.0066                       | 7.83841            | 10.6814              | 17.0894                  | 0                   | 17.0894                       | 27.549                     | 27.549                          |
| 2            | 1.06965   | 44.3928     | -50.4549                      | Rilevato           | 0                   | 32.0066                       | 17.8195            | 24.2826              | 38.8503                  | 0                   | 38.8503                       | 60.4325                    | 60.4325                         |
| 3            | 1.06965   | 70.9148     | -47.9041                      | Rilevato           | 0                   | 32.0066                       | 27.4388            | 37.3908              | 59.8226                  | 0                   | 59.8226                       | 90.1941                    | 90.1941                         |
| 4            | 1.06965   | 95.2117     | -45.4738                      | Rilevato           | 0                   | 32.0066                       | 35.0199            | 47.7216              | 76.3512                  | 0                   | 76.3512                       | 111.955                    | 111.955                         |
| 5            | 1.04152   | 113.703     | -43.1739                      | Argilla limosa_UD1 | 64.2857             | 0                             | 47.1752            | 64.2857              | 76.0751                  | 0                   | 76.0751                       | 120.335                    | 120.335                         |
| 6            | 1.04152   | 132.326     | -40.9874                      | Argilla limosa_UD1 | 64.2857             | 0                             | 47.1752            | 64.2857              | 104.189                  | 0                   | 104.189                       | 145.18                     | 145.18                          |
| 7            | 1.04152   | 149.587     | -38.8713                      | Argilla limosa_UD1 | 64.2857             | 0                             | 47.1752            | 64.2857              | 126.246                  | 0                   | 126.246                       | 164.273                    | 164.273                         |
| 8            | 1.04152   | 165.608     | -36.8166                      | Argilla limosa_UD1 | 64.2857             | 0                             | 47.1752            | 64.2857              | 143.086                  | 0                   | 143.086                       | 178.398                    | 178.398                         |
| 9            | 1.13283   | 196.967     | -34.7302                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 164.619                  | 0                   | 164.619                       | 180.97                     | 180.97                          |
| 10           | 1.13283   | 213.218     | -32.6096                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 172.332                  | 0                   | 172.332                       | 187.423                    | 187.423                         |
| 11           | 1.13283   | 228.209     | -30.5383                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 179.075                  | 0                   | 179.075                       | 192.991                    | 192.991                         |
| 12           | 1.13283   | 242.024     | -28.5103                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 191.861                  | 0                   | 191.861                       | 204.674                    | 204.674                         |
| 13           | 1.13283   | 254.73      | -26.5206                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 203.648                  | 0                   | 203.648                       | 215.419                    | 215.419                         |
| 14           | 1.13283   | 266.386     | -24.5648                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 223.66                   | 0                   | 223.66                        | 234.442                    | 234.442                         |
| 15           | 1.13283   | 277.043     | -22.6392                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 242.85                   | 0                   | 242.85                        | 252.687                    | 252.687                         |
| 16           | 1.13283   | 286.744     | -20.7402                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 260.24                   | 0                   | 260.24                        | 269.172                    | 269.172                         |
| 17           | 1.13283   | 295.527     | -18.8648                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 268.539                  | 0                   | 268.539                       | 276.599                    | 276.599                         |
| 18           | 1.13283   | 303.422     | -17.0102                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 265.573                  | 0                   | 265.573                       | 272.789                    | 272.789                         |
| 19           | 1.13283   | 310.458     | -15.1738                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 278.139                  | 0                   | 278.139                       | 284.536                    | 284.536                         |
| 20           | 1.13283   | 316.658     | -13.3532                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 288.87                   | 0                   | 288.87                        | 294.469                    | 294.469                         |
| 21           | 1.13283   | 322.042     | -11.5462                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 292.406                  | 0                   | 292.406                       | 297.225                    | 297.225                         |
| 22           | 1.13283   | 326.628     | -9.7509                       | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 286.567                  | 0                   | 286.567                       | 290.62                     | 290.62                          |
| 23           | 1.13283   | 330.429     | -7.96517                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 283.726                  | 0                   | 283.726                       | 287.026                    | 287.026                         |
| 24           | 1.13283   | 333.345     | -6.18721                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 279.344                  | 0                   | 279.344                       | 281.901                    | 281.901                         |
| 25           | 1.13283   | 325.21      | -4.41522                      | Argilla limosa_UD2 | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 273.2                    | 0                   | 273.2                         | 275.021                    | 275.021                         |
| 26           | 1.13283   | 309.604     | -2.64745                      | Argilla            | 32.1429             | 0                             | 23.5877            | 32.1429              | 260.733                  | 0                   | 260.733                       | 261.824                    | 261.824                         |



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

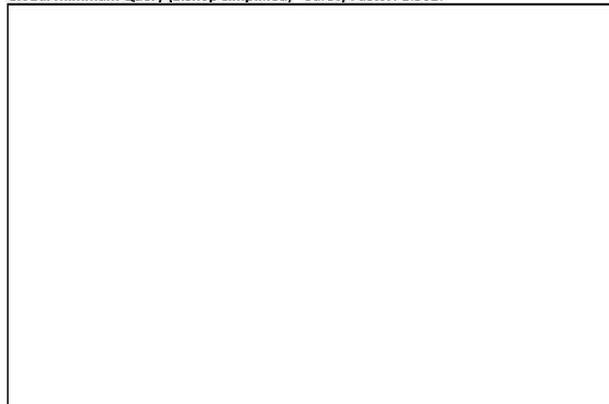
|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 92 di 126 |



|    |         |         |          |            |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
|----|---------|---------|----------|------------|---------|---|---------|---------|---------|---|---------|---------|---------|
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 27 | 1.13283 | 293.245 | -        | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 247.626 | 0 | 247.626 | 247.99  | 247.99  |
|    |         |         | 0.882204 | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 28 | 1.13283 | 276.135 | 0.882204 | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 233.883 | 0 | 233.883 | 233.519 | 233.519 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 29 | 1.13283 | 258.29  | 2.64745  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 219.519 | 0 | 219.519 | 218.429 | 218.429 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 30 | 1.13283 | 248.979 | 4.41522  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 212.376 | 0 | 212.376 | 210.554 | 210.554 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 31 | 1.13283 | 246.716 | 6.18721  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 211.197 | 0 | 211.197 | 208.64  | 208.64  |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 32 | 1.13283 | 243.689 | 7.96517  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 209.381 | 0 | 209.381 | 206.081 | 206.081 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 33 | 1.13283 | 239.888 | 9.7509   | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 206.92  | 0 | 206.92  | 202.866 | 202.866 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 34 | 1.13283 | 235.302 | 11.5462  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 203.807 | 0 | 203.807 | 198.988 | 198.988 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 35 | 1.13283 | 229.918 | 13.3532  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 200.034 | 0 | 200.034 | 194.435 | 194.435 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 36 | 1.13283 | 222.674 | 15.1738  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 194.706 | 0 | 194.706 | 188.309 | 188.309 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 37 | 1.13283 | 204.01  | 17.0102  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 179.741 | 0 | 179.741 | 172.525 | 172.525 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 38 | 1.13283 | 193.39  | 18.8648  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 171.603 | 0 | 171.603 | 163.544 | 163.544 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 39 | 1.13283 | 184.328 | 20.7402  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 164.813 | 0 | 164.813 | 155.881 | 155.881 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 40 | 1.13283 | 174.627 | 22.6392  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 157.514 | 0 | 157.514 | 147.676 | 147.676 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 41 | 1.13283 | 163.97  | 24.5648  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 149.446 | 0 | 149.446 | 138.664 | 138.664 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 42 | 1.13283 | 152.314 | 26.5206  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 140.578 | 0 | 140.578 | 128.807 | 128.807 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 43 | 1.13283 | 139.608 | 28.5103  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 130.874 | 0 | 130.874 | 118.062 | 118.062 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 44 | 1.13283 | 125.793 | 30.5383  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 120.294 | 0 | 120.294 | 106.379 | 106.379 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 45 | 1.13283 | 110.801 | 32.6096  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 108.791 | 0 | 108.791 | 93.7008 | 93.7008 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 46 | 1.13283 | 94.5506 | 34.7302  | Argilla    | 32.1429 | 0 | 23.5877 | 32.1429 | 96.309  | 0 | 96.309  | 79.9578 | 79.9578 |
|    |         |         |          | limosa_UD2 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 47 | 1.16696 | 78.9659 | 36.9404  | Argilla    | 64.2857 | 0 | 47.1752 | 64.2857 | 100.297 | 0 | 100.297 | 64.8244 | 64.8244 |
|    |         |         |          | limosa_UD1 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 48 | 1.16696 | 58.6679 | 39.2508  | Argilla    | 64.2857 | 0 | 47.1752 | 64.2857 | 86.7055 | 0 | 86.7055 | 48.1605 | 48.1605 |
|    |         |         |          | limosa_UD1 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 49 | 1.16696 | 36.5953 | 41.6402  | Argilla    | 64.2857 | 0 | 47.1752 | 64.2857 | 71.984  | 0 | 71.984  | 30.0406 | 30.0406 |
|    |         |         |          | limosa_UD1 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |
| 50 | 1.16696 | 12.5465 | 44.122   | Argilla    | 64.2857 | 0 | 47.1752 | 64.2857 | 56.0487 | 0 | 56.0487 | 10.2975 | 10.2975 |
|    |         |         |          | limosa_UD1 |         |   |         |         |         |   |         |         |         |

**Interslice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.3627





Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 93 di 126 |



| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1            | 30.8273          | 54.1777                   | 0                            | 0                           | 0                                |
| 2            | 31.8969          | 52.7503                   | 17.2758                      | 0                           | 0                                |
| 3            | 32.9666          | 51.4548                   | 52.2319                      | 0                           | 0                                |
| 4            | 34.0362          | 50.2708                   | 99.5981                      | 0                           | 0                                |
| 5            | 35.1059          | 49.1833                   | 153.075                      | 0                           | 0                                |
| 6            | 36.1474          | 48.2062                   | 187.718                      | 0                           | 0                                |
| 7            | 37.1889          | 47.3012                   | 243.859                      | 0                           | 0                                |
| 8            | 38.2304          | 46.4616                   | 313.132                      | 0                           | 0                                |
| 9            | 39.272           | 45.682                    | 389.3                        | 0                           | 0                                |
| 10           | 40.4048          | 44.8967                   | 508.202                      | 0                           | 0                                |
| 11           | 41.5376          | 44.172                    | 624.076                      | 0                           | 0                                |
| 12           | 42.6705          | 43.5037                   | 735.976                      | 0                           | 0                                |
| 13           | 43.8033          | 42.8883                   | 847.403                      | 0                           | 0                                |
| 14           | 44.9361          | 42.323                    | 956.952                      | 0                           | 0                                |
| 15           | 46.0689          | 41.8052                   | 1068.16                      | 0                           | 0                                |
| 16           | 47.2018          | 41.3327                   | 1179.17                      | 0                           | 0                                |
| 17           | 48.3346          | 40.9038                   | 1287.88                      | 0                           | 0                                |
| 18           | 49.4674          | 40.5167                   | 1389.64                      | 0                           | 0                                |
| 19           | 50.6002          | 40.1701                   | 1480.14                      | 0                           | 0                                |
| 20           | 51.7331          | 39.8629                   | 1564.64                      | 0                           | 0                                |
| 21           | 52.8659          | 39.594                    | 1641.88                      | 0                           | 0                                |
| 22           | 53.9987          | 39.3626                   | 1709.56                      | 0                           | 0                                |
| 23           | 55.1316          | 39.1679                   | 1765.74                      | 0                           | 0                                |
| 24           | 56.2644          | 39.0094                   | 1811.42                      | 0                           | 0                                |
| 25           | 57.3972          | 38.8866                   | 1846.67                      | 0                           | 0                                |
| 26           | 58.53            | 38.7991                   | 1870.84                      | 0                           | 0                                |
| 27           | 59.6629          | 38.7467                   | 1883.48                      | 0                           | 0                                |
| 28           | 60.7957          | 38.7293                   | 1885.42                      | 0                           | 0                                |
| 29           | 61.9285          | 38.7467                   | 1877.54                      | 0                           | 0                                |
| 30           | 63.0613          | 38.7991                   | 1860.76                      | 0                           | 0                                |
| 31           | 64.1942          | 38.8866                   | 1836.13                      | 0                           | 0                                |
| 32           | 65.327           | 39.0094                   | 1803.95                      | 0                           | 0                                |
| 33           | 66.4598          | 39.1679                   | 1764.26                      | 0                           | 0                                |
| 34           | 67.5926          | 39.3626                   | 1717.17                      | 0                           | 0                                |
| 35           | 68.7255          | 39.594                    | 1662.82                      | 0                           | 0                                |
| 36           | 69.8583          | 39.8629                   | 1601.39                      | 0                           | 0                                |
| 37           | 70.9911          | 40.1701                   | 1533.34                      | 0                           | 0                                |
| 38           | 72.124           | 40.5167                   | 1461.26                      | 0                           | 0                                |
| 39           | 73.2568          | 40.9038                   | 1384.17                      | 0                           | 0                                |
| 40           | 74.3896          | 41.3327                   | 1302.05                      | 0                           | 0                                |
| 41           | 75.5224          | 41.8052                   | 1215.4                       | 0                           | 0                                |
| 42           | 76.6553          | 42.323                    | 1124.91                      | 0                           | 0                                |
| 43           | 77.7881          | 42.8883                   | 1031.36                      | 0                           | 0                                |
| 44           | 78.9209          | 43.5037                   | 935.698                      | 0                           | 0                                |
| 45           | 80.0537          | 44.172                    | 839.026                      | 0                           | 0                                |
| 46           | 81.1866          | 44.8967                   | 742.658                      | 0                           | 0                                |
| 47           | 82.3194          | 45.682                    | 648.156                      | 0                           | 0                                |
| 48           | 83.4864          | 46.5595                   | 511.654                      | 0                           | 0                                |
| 49           | 84.6533          | 47.5129                   | 378.803                      | 0                           | 0                                |
| 50           | 85.8203          | 48.5505                   | 252.106                      | 0                           | 0                                |
| 51           | 86.9872          | 49.6822                   | 0                            | 0                           | 0                                |

List Of Coordinates

Water Table

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 45.682 |
| 114.127 | 45.682 |

Distributed Load

|  |
|--|
|  |
|--|



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 94 di 126 |

SLIDEINTERPRET 7.038



| X       | Y       |
|---------|---------|
| 40.9641 | 54.1777 |
| 39.2202 | 54.1777 |
| 36.4202 | 54.1777 |
| 35.2202 | 54.1777 |
| 32.4202 | 54.1777 |
| 30.8663 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 55.7288 | 54.1777 |
| 53.8329 | 54.1777 |
| 51.0329 | 54.1777 |
| 49.6329 | 54.1777 |
| 46.8329 | 54.1777 |
| 45.3479 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 35.2202 | 54.1777 |
| 32.4202 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 39.2202 | 54.1777 |
| 36.4202 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 49.6329 | 54.1777 |
| 46.8329 | 54.1777 |

**Distributed Load**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 53.8329 | 54.1777 |
| 51.0329 | 54.1777 |

**External Boundary**

|  |
|--|
|  |
|--|

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

|          |       |                 |           |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 95 di 126 |

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 8 of 9

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 53.8329 | 54.1777 |
| 51.0329 | 54.1777 |
| 49.6329 | 54.1777 |
| 46.8329 | 54.1777 |
| 45.3479 | 54.1777 |
| 40.9641 | 54.1777 |
| 39.2202 | 54.1777 |
| 36.4202 | 54.1777 |
| 35.2202 | 54.1777 |
| 32.4202 | 54.1777 |
| 30.8663 | 54.1777 |
| 28.8922 | 54.1777 |
| 27.8371 | 53.4742 |
| 23.4964 | 50.5804 |
| 17.4339 | 50.5804 |
| 16.0865 | 49.6822 |
| 14.5922 | 49.6822 |
| 0       | 49.6822 |
| 0       | 45.682  |
| 0       | 38.682  |
| 0       | 37.182  |
| 0       | 29.682  |
| 0       | 24.682  |
| 0       | 10      |
| 114.127 | 10      |
| 114.127 | 24.682  |
| 114.127 | 29.682  |
| 114.127 | 37.182  |
| 114.127 | 38.682  |
| 114.127 | 45.682  |
| 114.127 | 49.6822 |
| 73.0587 | 49.6822 |
| 71.596  | 49.6822 |
| 70.5955 | 50.3492 |
| 63.0106 | 50.3492 |
| 57.2678 | 54.1777 |
| 55.7288 | 54.1777 |

**Material Boundary**

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 45.682 |
| 114.127 | 45.682 |

**Material Boundary**

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 24.682 |
| 114.127 | 24.682 |

**Material Boundary**

| X       | Y       |
|---------|---------|
| 14.5922 | 49.6822 |
| 15.3405 | 49.1833 |
| 72.3104 | 49.1833 |
| 73.0587 | 49.6822 |

**Material Boundary**

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 38.682 |
| 114.127 | 38.682 |

**Material Boundary**

| X | Y |
|---|---|
|   |   |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29  
Relazione Geotecnica

| Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
|----------|-------|-----------------|-----------|
| IN17     | 12    | EI2RBRI66B0001A | 96 di 126 |

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 9 of 9

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 37.182 |
| 114.127 | 37.182 |

**Material Boundary**

| X       | Y      |
|---------|--------|
| 0       | 29.682 |
| 114.127 | 29.682 |

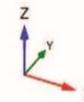
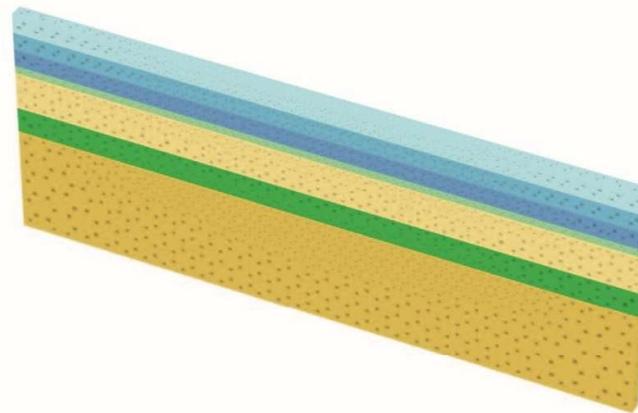
|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939,61 a pk 185+337,29<br/>Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66B0001A</p> | <p>Foglio<br/>97 di 126</p> |

## ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS

|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>98 di 126</p> |

R166

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

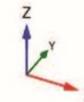
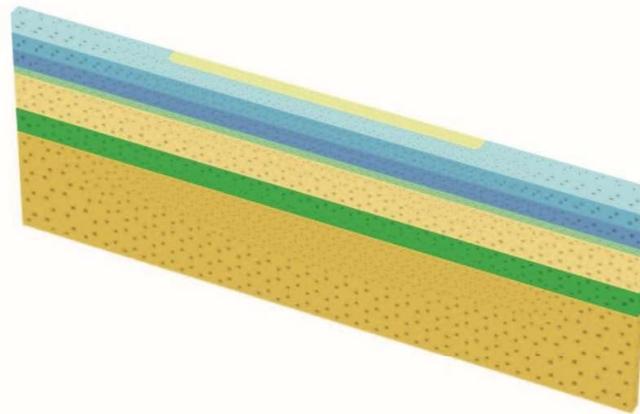


**Connectivity plot**

|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>99 di 126</p> |

R166

### 1.1.1.2 Calculation results, Bonifica [Phase\_7] (7/6), Connectivity plot

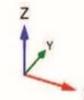
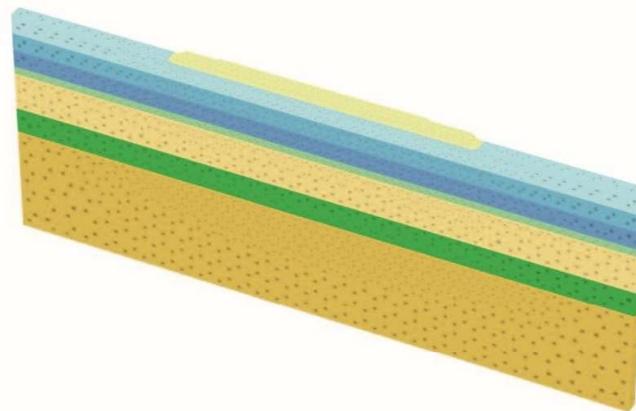


**Connectivity plot**

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>100 di 126</p> |

R166

### 1.1.1.3 Calculation results, Rilevato1\_DR [Phase\_2] (2/8), Connectivity plot

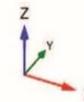
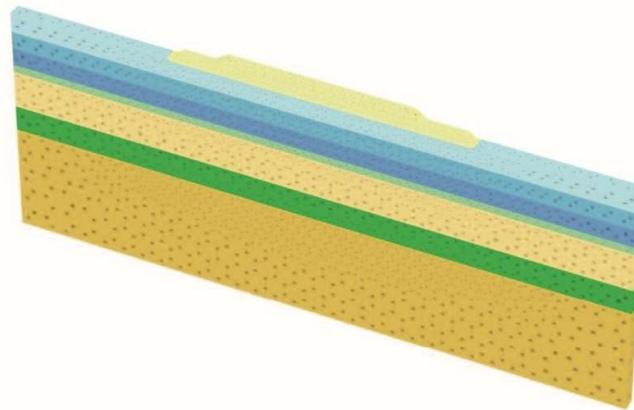


**Connectivity plot**

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>101 di 126</p> |

R166

### 1.1.1.4 Calculation results, Rilevato2\_DR [Phase\_3] (3/10), Connectivity plot

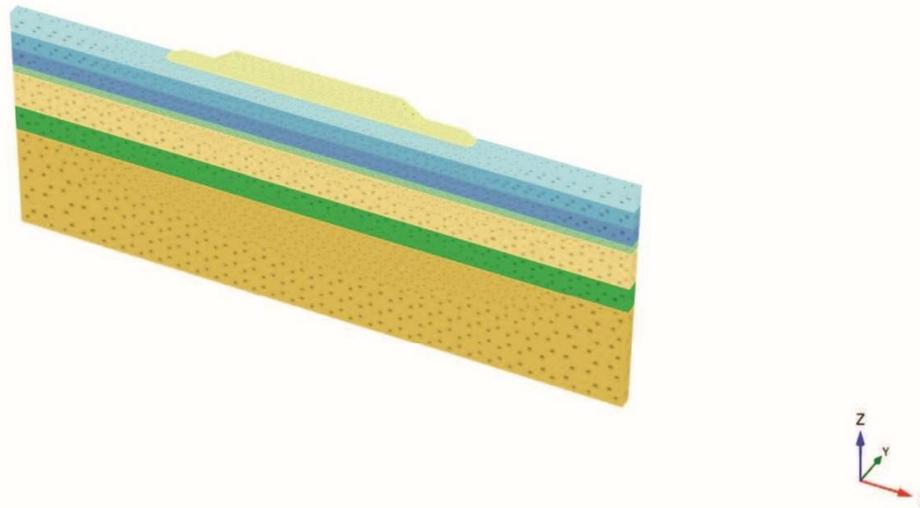


**Connectivity plot**

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>102 di 126</p> |

R166

### 1.1.1.5 Calculation results, Rilevato3\_DR [Phase\_4] (4/12), Connectivity plot

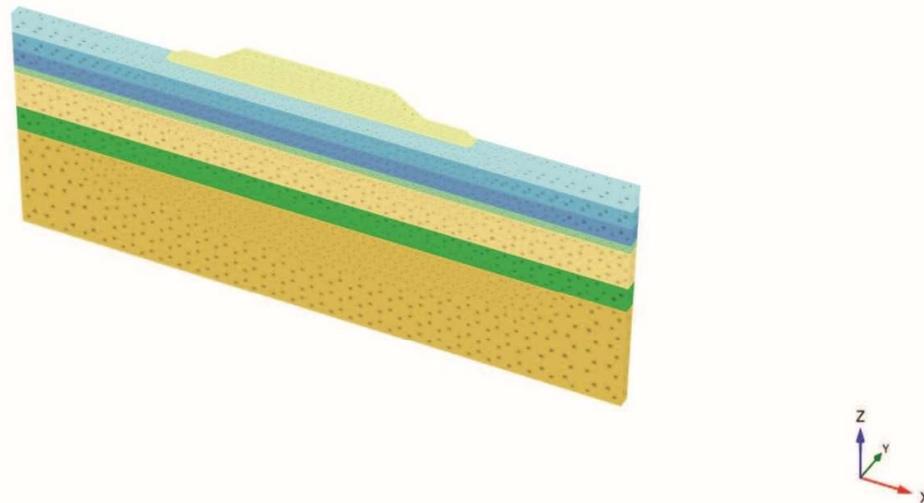


**Connectivity plot**

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>103 di 126</p> |

R166

**1.1.1.6 Calculation results, Rilevato4\_DR [Phase\_5] (5/14), Connectivity plot**

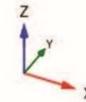
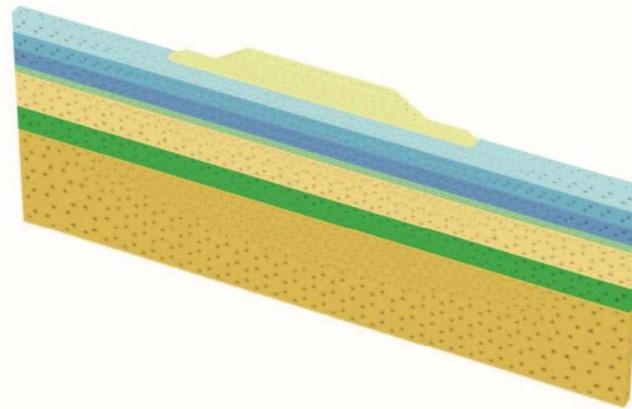


**Connectivity plot**

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>104 di 126</p> |

R166

### 1.1.1.7 Calculation results, Nil [Phase\_8] (8/16), Connectivity plot

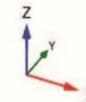
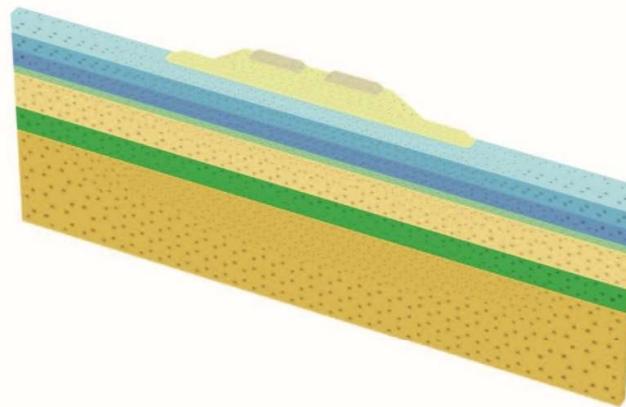


**Connectivity plot**

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>105 di 126</p> |

R166

### 1.1.1.8 Calculation results, Ballast [Phase\_6] (6/18), Connectivity plot

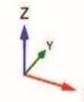
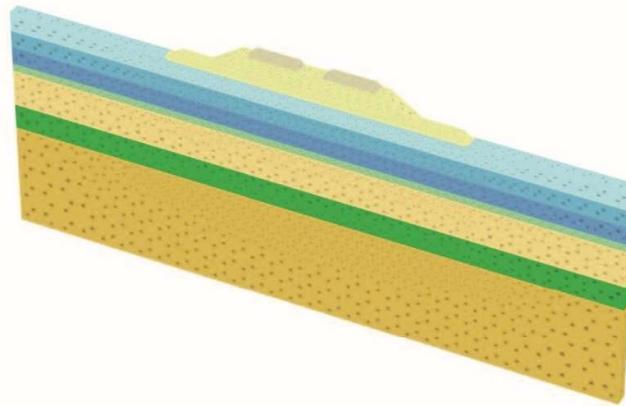


**Connectivity plot**

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>106 di 126</p> |

R166

### 1.1.1.9 Calculation results, Consolidazione [Phase\_1] (1/21), Connectivity plot



|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                 | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>107 di 126 |

### 1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

| Identification        |                   | Rilevato  | U6_1  | U6_2  | Inerbimento   | U6_0  |
|-----------------------|-------------------|---|---|---|---|---|
| Identification number |                   | 1   | 3   | 4   | 7   | 9   |
| Drainage type         |                   | Drained   | Drained   | Drained   | Drained   | Drained   |
| Colour                |                   |  |  |  |  |  |
| Comments              |                   |   |   |   |   |   |
| $\gamma_{unsat}$      | kN/m <sup>3</sup> | 20,00   | 19,00   | 19,00   | 20,00   | 19,00   |
| $\gamma_{sat}$        | kN/m <sup>3</sup> | 20,00   | 19,00   | 19,00   | 20,00   | 19,00   |
| Dilatancy cut-off     |                   | No  | No  | No  | No  | No  |
| $e_{init}$            |                   | 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 $\alpha$     |                   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| Rayleigh $\beta$      |                   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| E                     | kN/m <sup>2</sup> | 60,00E3   | 80,00E3   | 120,0E3   | 60,00E3   | 30,00E3   |
| $\nu$ (nu)            |                   | 0,3000  | 0,3000  | 0,3000  | 0,3000  | 0,3000  |
| G                     | kN/m <sup>2</sup> | 23,08E3   | 30,77E3   | 46,15E3   | 23,08E3   | 11,54E3   |
| $E_{ced}$             | kN/m <sup>2</sup> | 80,77E3   | 107,7E3   | 161,5E3   | 80,77E3   | 40,38E3   |
| $c_{ref}$             | kN/m <sup>2</sup> | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 10,00   | 0,000   |
| $\phi$ (phi)          | °                 | 38,00   | 39,00   | 39,00   | 38,00   | 39,00   |

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                     | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>108 di 126 |

| <b>Identification</b>                 |                       | <b>Rilevato</b> | <b>U6_1</b> | <b>U6_2</b> | <b>Inerbimento</b> | <b>U6_0</b> |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|
| $\psi$ (psi)                          | °                     | 0,000           | 0,000       | 0,000       | 0,000              | 0,000       |
| $V_s$                                 | m/s                   | 106,4           | 126,0       | 154,4       | 106,4              | 77,18       |
| $V_p$                                 | m/s                   | 199,0           | 235,8       | 288,8       | 199,0              | 144,4       |
| Set to default values                 |                       | Yes             | No          | No          | Yes                | No          |
| $E_{inc}$                             | kN/m <sup>2</sup> /m  | 0,000           | 5333        | 8000        | 0,000              | 5000        |
| $Z_{ref}$                             | m                     | 0,000           | 37,76       | 0,000       | 0,000              | 38,26       |
| $C_{inc}$                             | kN/m <sup>2</sup> /m  | 0,000           | 0,000       | 0,000       | 0,000              | 0,000       |
| $Z_{ref}$                             | m                     | 0,000           | 37,76       | 0,000       | 0,000              | 38,26       |
| Tension cut-off                       |                       | Yes             | Yes         | Yes         | Yes                | Yes         |
| Tensile strength                      | kN/m <sup>2</sup>     | 0,000           | 0,000       | 0,000       | 0,000              | 0,000       |
| Undrained behaviour                   |                       | Standard        | Standard    | Standard    | Standard           | Standard    |
| Skempton-B                            |                       | 0,9783          | 0,9783      | 0,9783      | 0,9783             | 0,9783      |
| $V_u$                                 |                       | 0,4950          | 0,4950      | 0,4950      | 0,4950             | 0,4950      |
| $K_{wref} / n$                        | kN/m <sup>2</sup>     | 2,250E6         | 3,000E6     | 4,500E6     | 2,250E6            | 1,125E6     |
| Strength                              |                       | Manual          | Manual      | Manual      | Manual             | Manual      |
| $R_{inter}$                           |                       | 0,6670          | 0,6670      | 0,6670      | 0,6670             | 0,6670      |
| Consider gap closure                  |                       | Yes             | Yes         | Yes         | Yes                | Yes         |
| $\delta_{inter}$                      |                       | 0,000           | 0,000       | 0,000       | 0,000              | 0,000       |
| Cross permeability                    |                       | Impermeable     | Impermeable | Impermeable | Impermeable        | Impermeable |
| Drainage conductivity $\lambda_1, dk$ | m <sup>3</sup> /day/m | 0,000           | 0,000       | 0,000       | 0,000              | 0,000       |
| Drainage conductivity $\lambda_2, dk$ | m <sup>3</sup> /day/m | 0,000           | 0,000       | 0,000       | 0,000              | 0,000       |

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                     | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>109 di 126 |

| <b>Identification</b>   |       | <b>Rilevato</b> | <b>U6_1</b> | <b>U6_2</b> | <b>Inerbimento</b> | <b>U6_0</b> |
|-------------------------|-------|-----------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|
| $K_{0,x}$ determination |       | Automatic       | Automatic   | Automatic   | Automatic          | Automatic   |
| $K_{0,x} = K_{0,y}$     |       | Yes             | Yes         | Yes         | Yes                | Yes         |
| $K_{0,x}$               |       | 0,3843          | 0,3707      | 0,3707      | 0,3843             | 0,3707      |
| $K_{0,y}$               |       | 0,3843          | 0,3707      | 0,3707      | 0,3843             | 0,3707      |
| $k_x$                   | m/day | 0,6000          | 0,6000      | 0,6000      | 0,6000             | 0,6000      |
| $k_y$                   | m/day | 0,6000          | 0,6000      | 0,6000      | 0,6000             | 0,6000      |
| $k_z$                   | m/day | 0,6000          | 0,6000      | 0,6000      | 0,6000             | 0,6000      |
| $e_{int}$               |       | 0,5000          | 0,5000      | 0,5000      | 0,5000             | 0,5000      |
| $S_s$                   | 1/m   | 0,000           | 0,000       | 0,000       | 0,000              | 0,000       |
| $c_k$                   |       | 1000E12         | 1000E12     | 1000E12     | 1000E12            | 1000E12     |

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                 | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>110 di 126 |

### 1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil

| Identification        |                   | U2_sup  | U2_prof  | U2_med1   | U2_med2   | U2_fondo  |
|-----------------------|-------------------|---|--|---|---|---|
| Identification number |                   | 2   | 5  | 8   | 10  | 11  |
| Drainage type         |                   | Undrained (A)   | Undrained (A)  | Undrained (A)   | Undrained (A)   | Undrained (A)   |
| Colour                |                   |  |  |  |  |  |
| Comments              |                   |   |  |   |   |   |
| $\gamma_{unsat}$      | kN/m <sup>3</sup> | 19,00   | 19,00  | 19,00   | 19,00   | 19,00   |
| $\gamma_{sat}$        | kN/m <sup>3</sup> | 19,00   | 19,00  | 19,00   | 19,00   | 19,00   |
| Dilatancy cut-off     |                   | No  | No   | No  | No  | No  |
| $e_{init}$            |                   | 0,9000  | 0,9000   | 0,9000  | 0,9000  | 0,9000  |
| $e_{min}$             |                   | 0,000   | 0,000  | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| $e_{max}$             |                   | 999,0   | 999,0  | 999,0   | 999,0   | 999,0   |
| Rayleigh $\alpha$     |                   | 0,000   | 0,000  | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| Rayleigh $\beta$      |                   | 0,000   | 0,000  | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| $E_{ed}^{ref}$        | kN/m <sup>2</sup> | 1597  | 1597   | 1597  | 1597  | 1597  |
| $E_{ced}^{ref}$       | kN/m <sup>2</sup> | 1278  | 1278   | 1278  | 1278  | 1278  |
| $E_{ur}^{ref}$        | kN/m <sup>2</sup> | 13,56E3   | 13,56E3  | 13,56E3   | 13,56E3   | 13,56E3   |
| power (m)             |                   | 1,000   | 1,000  | 1,000   | 1,000   | 1,000   |
| Use alternatives      |                   | No  | No   | No  | No  | No  |
| $C_c$                 |                   | 0,3420  | 0,3420   | 0,3420  | 0,3420  | 0,3420  |

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                 | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>111 di 126 |

| Identification               |                      | U2_sup   | U2_prof  | U2_med1  | U2_med2  | U2_fondo |
|------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| C <sub>z</sub>               |                      | 0,02900  | 0,02900  | 0,02900  | 0,02900  | 0,02900  |
| e <sub>int</sub>             |                      | 0,9000   | 0,9000   | 0,9000   | 0,9000   | 0,9000   |
| c <sub>ref</sub>             | kN/m <sup>2</sup>    | 5,000    | 5,000    | 5,000    | 5,000    | 5,000    |
| φ (phi)                      | °                    | 24,00    | 24,00    | 24,00    | 24,00    | 24,00    |
| ψ (psi)                      | °                    | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 0,000    |
| Set to default values        |                      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      |
| V <sub>ur</sub>              |                      | 0,2000   | 0,2000   | 0,2000   | 0,2000   | 0,2000   |
| p <sub>ref</sub>             | kN/m <sup>2</sup>    | 100,0    | 100,0    | 100,0    | 100,0    | 100,0    |
| K <sub>0</sub> <sup>nc</sup> |                      | 0,5933   | 0,5933   | 0,5933   | 0,5933   | 0,5933   |
| c <sub>inc</sub>             | kN/m <sup>2</sup> /m | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 0,000    |
| Z <sub>ref</sub>             | m                    | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 0,000    |
| R <sub>r</sub>               |                      | 0,9000   | 0,9000   | 0,9000   | 0,9000   | 0,9000   |
| Tension cut-off              |                      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      |
| Tensile strength             | kN/m <sup>2</sup>    | 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 <sub>u</sub>               |                      | 0,4950   | 0,4950   | 0,4950   | 0,4950   | 0,4950   |
| K <sub>wyef</sub> / n        | kN/m <sup>2</sup>    | 555,7E3  | 555,7E3  | 555,7E3  | 555,7E3  | 555,7E3  |
| Strength                     |                      | Manual   | Manual   | Manual   | Manual   | Manual   |
| R <sub>inter</sub>           |                      | 0,6670   | 0,6670   | 0,6670   | 0,6670   | 0,6670   |
| Consider gap closure         |                      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      |

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                     | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>112 di 126 |

| <b>Identification</b>          |                       | <b>U2_sup</b> | <b>U2_prof</b> | <b>U2_med1</b> | <b>U2_med2</b> | <b>U2_fondo</b> |
|--------------------------------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| $\bar{\sigma}_{inter}$         |                       | 0,000         | 0,000          | 0,000          | 0,000          | 0,000           |
| Cross permeability             |                       | Impermeable   | Impermeable    | Impermeable    | Impermeable    | Impermeable     |
| Drainage conductivity $_1, dk$ | m <sup>3</sup> /day/m | 0,000         | 0,000          | 0,000          | 0,000          | 0,000           |
| Drainage conductivity $_2, dk$ | m <sup>3</sup> /day/m | 0,000         | 0,000          | 0,000          | 0,000          | 0,000           |
| $K_{0x}$ determination         |                       | Automatic     | Automatic      | Automatic      | Automatic      | Automatic       |
| $K_{0x} = K_{0y}$              |                       | Yes           | Yes            | Yes            | Yes            | Yes             |
| $K_{0x}$                       |                       | 10,00E9       | 0,7203         | 10,00E9        | 0,8061         | 0,9365          |
| $K_{0y}$                       |                       | 10,00E9       | 0,7203         | 10,00E9        | 0,8061         | 0,9365          |
| OCR                            |                       | 1,000         | 1,370          | 1,000          | 1,620          | 2,000           |
| POP                            | kN/m <sup>2</sup>     | 400,0         | 0,000          | 108,0          | 0,000          | 0,000           |
| $k_x$                          | m/day                 | 0,02160E-3    | 0,02160E-3     | 0,02160E-3     | 0,02160E-3     | 0,02160E-3      |
| $k_y$                          | m/day                 | 0,02160E-3    | 0,02160E-3     | 0,02160E-3     | 0,02160E-3     | 0,02160E-3      |
| $k_z$                          | m/day                 | 0,02160E-3    | 0,02160E-3     | 0,02160E-3     | 0,02160E-3     | 0,02160E-3      |
| $e_{int}$                      |                       | 0,9000        | 0,9000         | 0,9000         | 0,9000         | 0,9000          |
| $S_e$                          | 1/m                   | 0,000         | 0,000          | 0,000          | 0,000          | 0,000           |
| $c_k$                          |                       | 1000E12       | 1000E12        | 1000E12        | 1000E12        | 1000E12         |

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                 | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>113 di 126 |

### 1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

#### Identification

Identification number

Drainage type

Colour

Comments

$\gamma_{unsat}$

$\gamma_{sat}$

Dilatancy cut-off

$e_{nit}$

$e_{min}$

$e_{max}$

Rayleigh  $\alpha$

Rayleigh  $\beta$

E

$\nu$  (nu)

G

$E_{oed}$

$V_s$

$V_p$

#### Ballast

6

Drained



18,00

18,00

No

0,5000

0,000

999,0

0,000

0,000

100,0E3

0,3000

38,46E3

134,6E3

144,8

270,9

kN/m<sup>3</sup>

kN/m<sup>3</sup>

kN/m<sup>2</sup>

kN/m<sup>2</sup>

kN/m<sup>2</sup>

m/s

m/s

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                     | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>114 di 126 |

**Identification**

Set to default values

 $E_{inc}$  kN/m<sup>2</sup>/m

 $z_{ref}$  m

Undrained behaviour

Skempton-B

 $V_u$  0,4950

 $K_{wysf} / n$  kN/m<sup>2</sup> 3,750E6

Strength

 $R_{inter}$  1,000

Consider gap closure Yes

 $\delta_{inter}$  0,000

Cross permeability Impermeable

Drainage conductivity <sub>1</sub>, dk m<sup>3</sup>/day/m 0,000

Drainage conductivity <sub>2</sub>, dk m<sup>3</sup>/day/m 0,000

 $K_0$  determination Automatic

 $K_{0,x} = K_{0,y}$  Yes

 $K_{0,x}$  0,3843

 $K_{0,y}$  0,3843

 $k_x$  m/day 0,6000

 $k_y$  m/day 0,6000

 $k_z$  m/day 0,6000

**Ballast**

Yes

0,000

0,000

Standard

0,9783

0,4950

3,750E6

Rigid

1,000

Yes

0,000

Impermeable

0,000

0,000

Automatic

Yes

0,3843

0,3843

0,6000

0,6000

0,6000

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>115 di 126</p> |

**Identification**

$e_{init}$

$S_e$

$c_K$

1/m

**Ballast**

0,5000

0,000

1000E12

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                     | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>116 di 126 |

### 1.1.2.2 Materials - Plates -

| <b>Identification</b> |                   | <b>Dado</b>   |
|-----------------------|-------------------|---|
| Identification number |                   | 1   |
| Comments              |                   |   |
| Colour                |                   |  |
| Material type         |                   | Elastic   |
| d                     | m                 | 0,5000  |
| Y                     | kN/m <sup>3</sup> | 6,000   |
| Isotropic             |                   | Yes   |
| E <sub>1</sub>        | kN/m <sup>2</sup> | 33,00E6   |
| E <sub>2</sub>        | kN/m <sup>2</sup> | 33,00E6   |
| ν <sub>12</sub>       |                   | 0,2000  |
| G <sub>12</sub>       | kN/m <sup>2</sup> | 13,75E6   |
| G <sub>13</sub>       | kN/m <sup>2</sup> | 13,75E6   |
| G <sub>23</sub>       | kN/m <sup>2</sup> | 13,75E6   |
| Rayleigh α            |                   | 0,000   |
| Rayleigh β            |                   | 0,000   |
| Prevent punching      |                   | No  |
| Identification number |                   | 1   |

|  |   |             |                             |                      |
|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br> |             |                             |                      |
| Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br>Relazione Geotecnica                                 | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2RBRI66A0001A | Foglio<br>117 di 126 |

### 1.1.2.3 Materials - Embedded beams -

#### Identification

Identification number

Comments

Colour

Material type

E kN/m<sup>2</sup>

Y kN/m<sup>3</sup>

Beam type

Predefined beam type

Diameter m

A m<sup>2</sup>

I<sub>2</sub> m<sup>4</sup>

I<sub>3</sub> m<sup>4</sup>

Rayleigh  $\alpha$

Rayleigh  $\beta$

Axial skin resistance

Multi-linear axial resistance

F<sub>max</sub> kN

Identification number

#### Inclusione

1

L=12m



Elastic

33,00E6

6,000

Predefined

Massive circular beam

0,6000

0,2827

6,362E-3

6,362E-3

0,000

0,000

Multi-linear

Axial skin resistance table

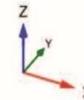
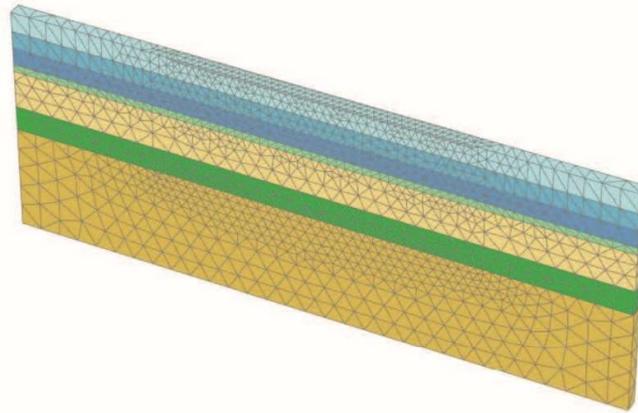
9000

1

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>118 di 126</p> |

RI6I

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

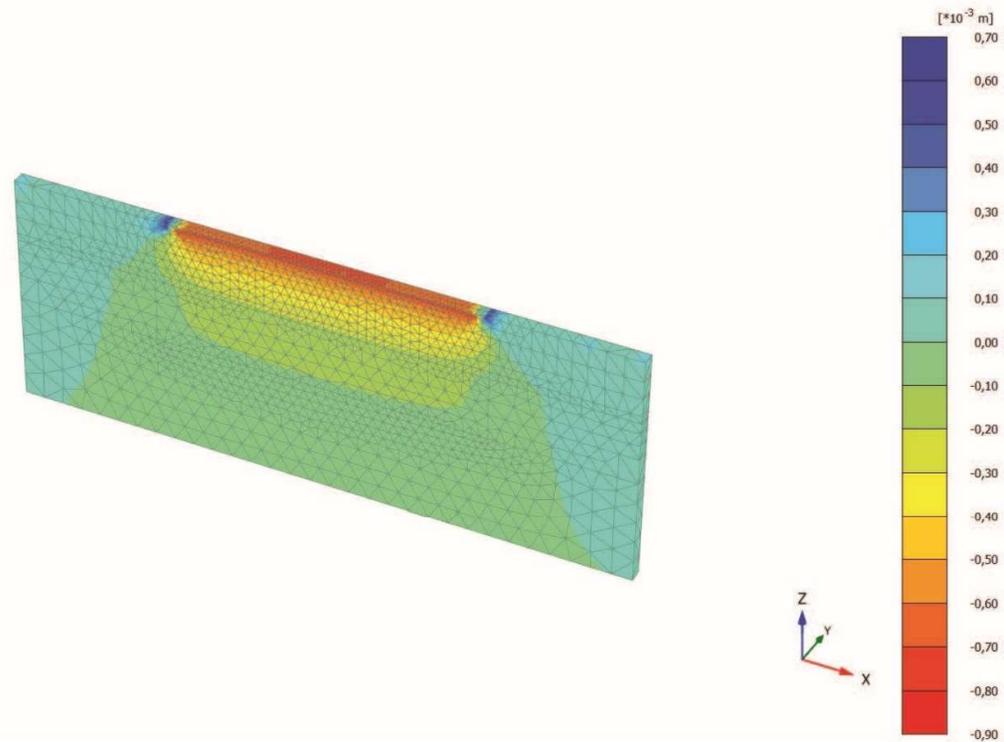


|   |
|---|
| <p><b>Total displacements <math>u_z</math></b><br/>Uniform value of 0,000 m</p> |
|---|

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>119 di 126</p> |

RI6I

**2.1.1.1.2 Calculation results, Bonifica [Phase\_7] (7/6), Total displacements  $u_z$**

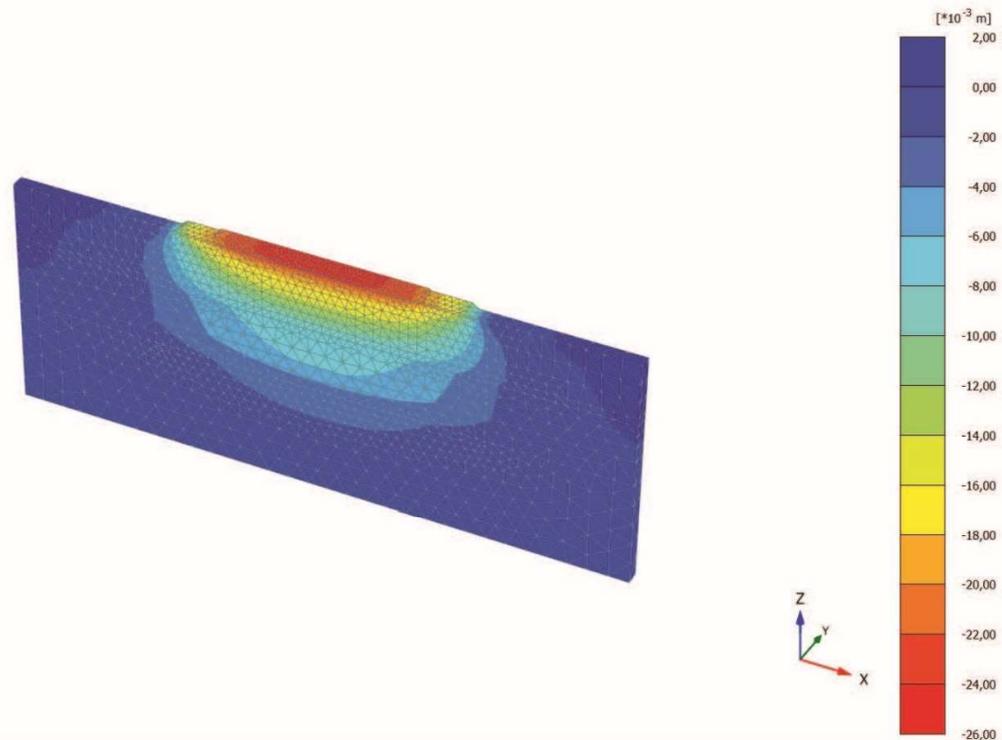


**Total displacements  $u_z$  (Time 10,00 day)**  
Maximum value =  $0,6049 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2086 at Node 4914)  
Minimum value =  $-0,8216 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1696 at Node 4604)

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>120 di 126</p> |

RI6I

### 2.1.1.1.3 Calculation results, Rilevato1\_DR [Phase\_2] (2/8), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$  (Time 40,00 day)**

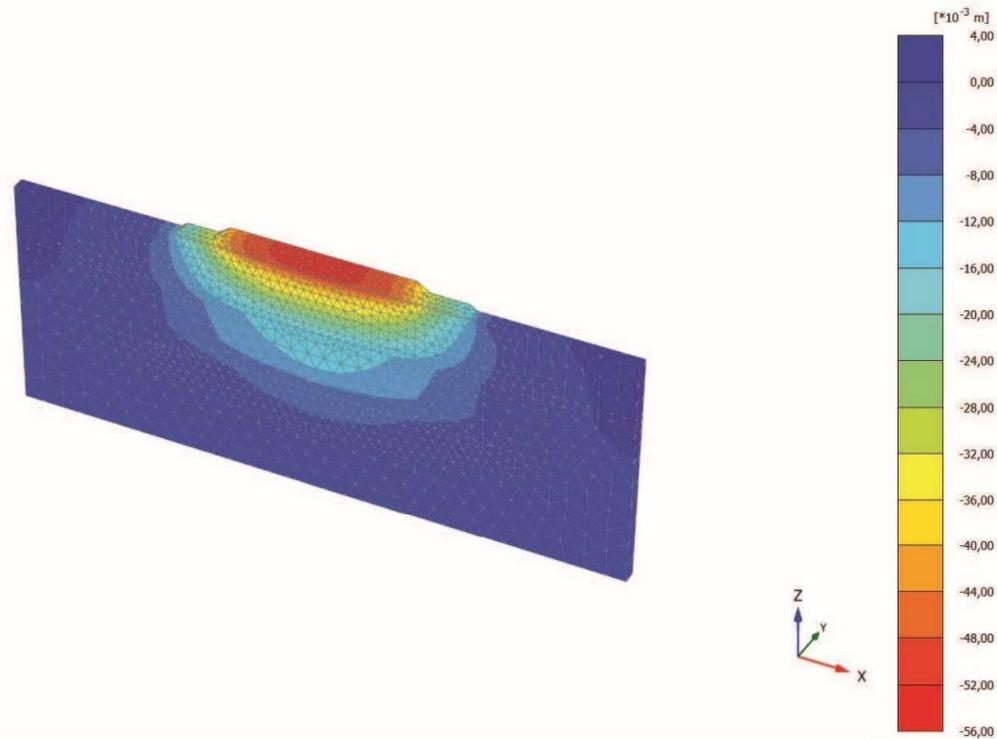
Maximum value =  $0,4768 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1919 at Node 12028)

Minimum value =  $-0,02461$  m (Element 870 at Node 1633)

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>121 di 126</p> |

RI6I

**2.1.1.1.4 Calculation results, Rilevato2\_DR [Phase\_3] (3/10), Total displacements  $u_z$**

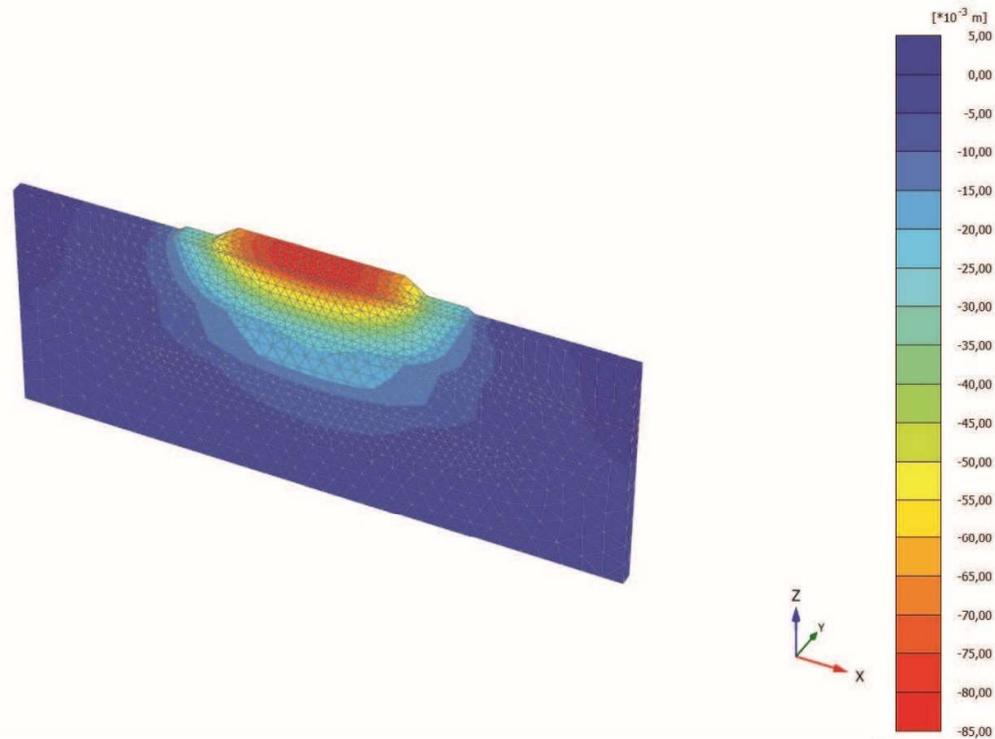


**Total displacements  $u_z$  (Time 70,00 day)**  
Maximum value =  $0,5534 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1919 at Node 12028)  
Minimum value =  $-0,05342$  m (Element 539 at Node 855)

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>122 di 126</p> |

RI6I

**2.1.1.1.5 Calculation results, Rilevato3\_DR [Phase\_4] (4/12), Total displacements  $u_z$**

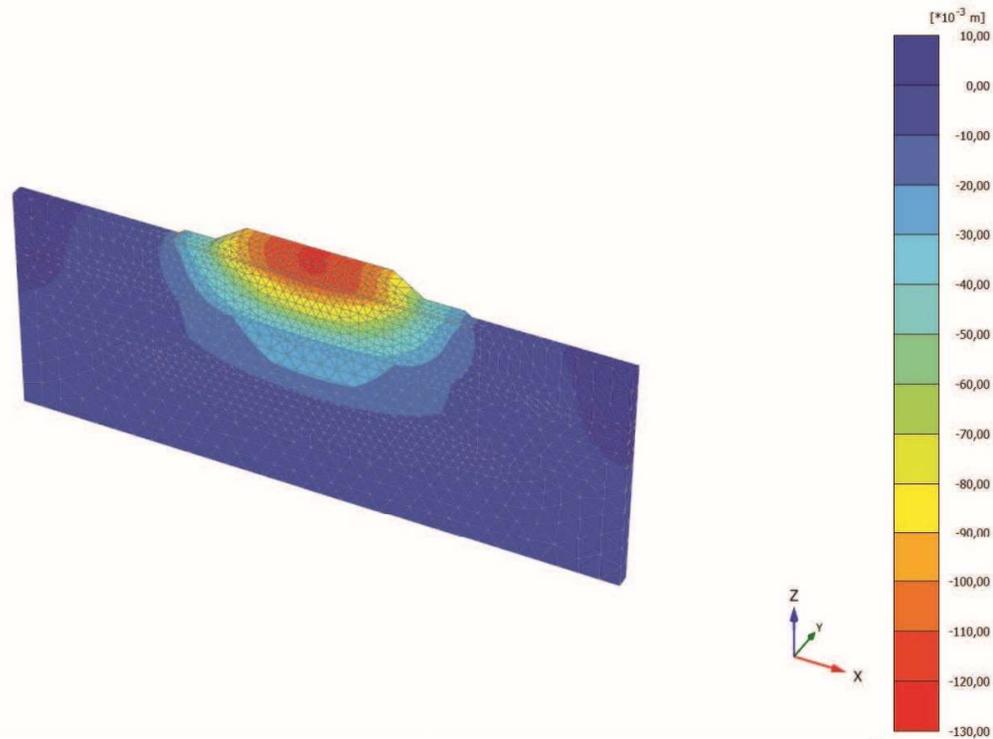


**Total displacements  $u_z$  (Time 100,0 day)**  
Maximum value =  $0,7241 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1919 at Node 12028)  
Minimum value =  $-0,08420$  m (Element 316 at Node 682)

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>123 di 126</p> |

RI6I

**2.1.1.1.6 Calculation results, Rilevato4\_DR [Phase\_5] (5/14), Total displacements  $u_z$**

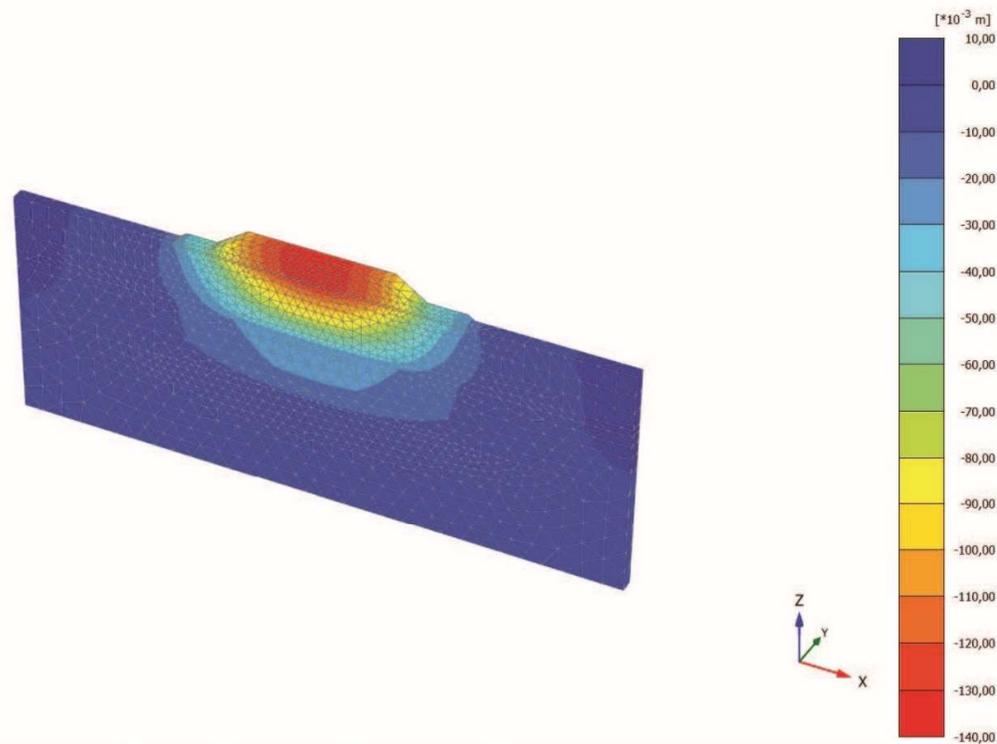


**Total displacements  $u_z$  (Time 130,0 day)**  
Maximum value =  $0,9658 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1917 at Node 11241)  
Minimum value =  $-0,1210$  m (Element 114 at Node 499)

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>124 di 126</p> |

R166

### 2.1.1.1.7 Calculation results, Nil [Phase\_8] (8/16), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$  (Time 190,0 day)**

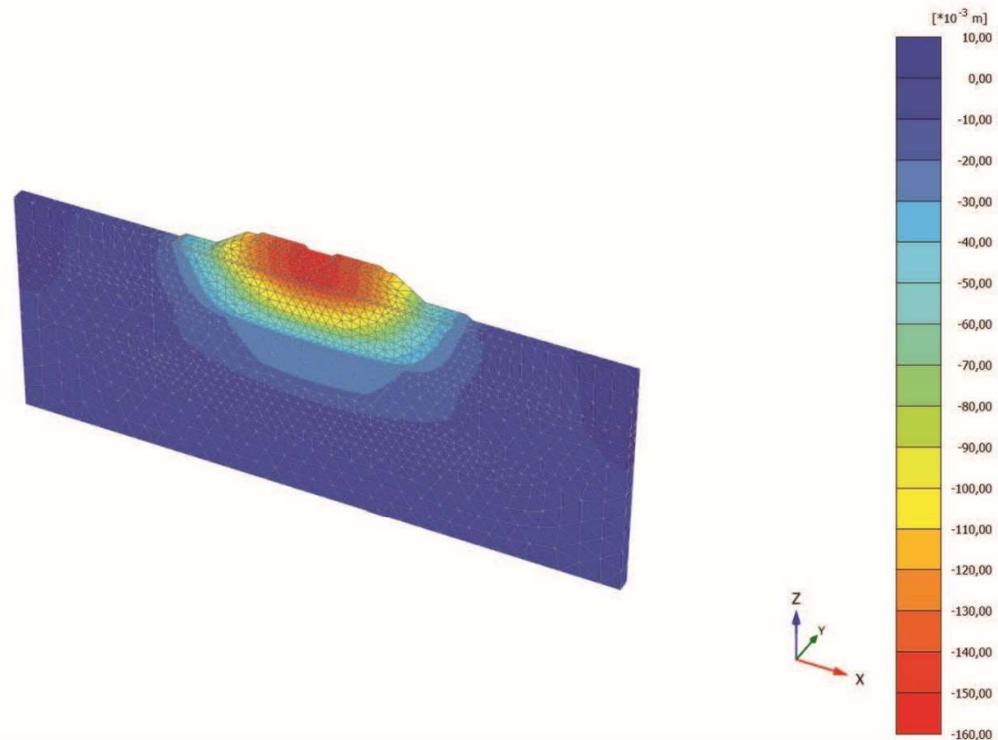
Maximum value =  $0,8123 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1917 at Node 11241)

Minimum value =  $-0,1374$  m (Element 115 at Node 680)

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>125 di 126</p> |

RI6I

**2.1.1.1.8 Calculation results, Ballast [Phase\_6] (6/18), Total displacements  $u_z$**

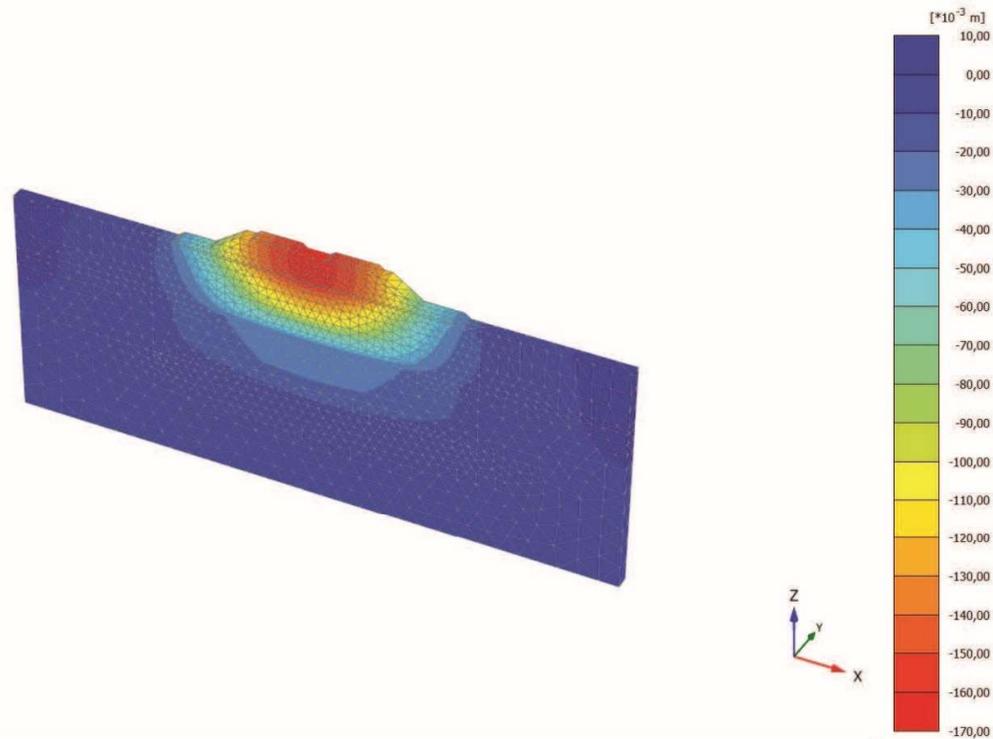


**Total displacements  $u_z$  (Time 250,0 day)**  
Maximum value =  $0,9162 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1917 at Node 11241)  
Minimum value =  $-0,1547$  m (Element 316 at Node 682)

|   |  |                     |                                     |                              |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                              |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00<br/>Relazione Geotecnica</p>                      | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBRI66A0001A</p> | <p>Foglio<br/>126 di 126</p> |

RI6I

### 2.1.1.1.9 Calculation results, Consolidazione [Phase\_1] (1/21), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$  (Time 528,8 day)**

Maximum value =  $0,8744 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1917 at Node 11241)

Minimum value =  $-0,1653$  m (Element 316 at Node 682)