

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

RILEVATI

Rilevato ferroviario da pk 1+337 a pk 1+876,19

GENERALE

Relazione Geotecnica

| GENERAL CONTRACTOR | | DIRETTORE LAVORI | | SCALA |
|---|---|--|--|-------|
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: | Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: | ing. Luca Zaccaria iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n.A1206 Data: | | |

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

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

| | | |
|--|----------------------------|------|
| | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE | |
| | Firma | Data |
| | Luca RANDOLFI | |

Progettazione:

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | IL PROGETTISTA |
|------|------------------------------------|----------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|-----------------------------------|
| A | EMISSIONE | M. Conti | Marzo 2021 | V. Pastore | Marzo 2021 | P. Ascari | Marzo 2021 | P. Ascari Data: Marzo 2021 |
| B | RECEPIMENTO ISTRUTTORIA VALIDATORE | M. Conti | Aprile 2021 | V. Pastore | Aprile 2021 | P. Ascari | Aprile 2021 | |

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

File: IN1711E12RBRI0600001B.DOCX

Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 2 di 139 |

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUZIONE | 4 |
| 2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.1 | Documentazione di progetto..... | 5 |
| 2.2 | Normativa e standard di riferimento..... | 5 |
| 2.3 | Bibliografia | 6 |
| 3 | INQUADRAMENTO DELL'OPERA | 8 |
| 3.1 | Geometria del rilevato..... | 8 |
| 4 | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 10 |
| 4.1 | Inquadramento geotecnico | 10 |
| 4.1.1 | Indagini disponibili..... | 11 |
| 4.1.2 | Livello di falda | 12 |
| 4.2 | Condizioni geotecniche del sito | 13 |
| 4.3 | Sintesi del modello geotecnico di riferimento | 21 |
| 4.3.1 | Materiale da rilevato..... | 21 |
| 5 | CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE..... | 22 |
| 5.1 | Sollecitazione sismica di progetto..... | 22 |
| 5.1.1 | Vita Nominale..... | 22 |
| 5.1.2 | Classe d'uso | 22 |
| 5.1.3 | Periodo di riferimento per l'azione sismica | 23 |
| 5.1.4 | Categorie di Sottosuolo..... | 23 |
| 5.1.5 | Condizioni topografiche | 23 |
| 5.1.6 | Accelerazione sismica di riferimento | 24 |
| 5.2 | Susceptibilità alla liquefazione..... | 24 |
| 5.2.1 | CRR da correlazione su prove CPT | 26 |
| 5.2.2 | CRR da correlazione su prove SPT..... | 28 |
| 6 | VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO | 33 |
| 6.1 | Criteri di verifica agli Stati Limite..... | 33 |
| 6.1.1 | Stati limite ultimi (SLU)..... | 33 |
| 6.1.2 | Stati limite di esercizio (SLE) | 35 |
| 6.1.3 | Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche..... | 35 |
| 6.2 | Azioni di progetto | 35 |
| 6.2.1 | Azioni permanenti | 36 |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 3 di 139</p> |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.2.2 | Azioni variabili | 36 |
| 6.2.3 | Azione sismica | 36 |
| 6.3 | Verifiche e risultati SLU | 37 |
| 6.3.1 | Premessa | 37 |
| 6.3.2 | Verifiche SLU in condizione statiche | 37 |
| 6.3.3 | Verifiche SLU in condizioni sismiche | 38 |
| 6.4 | Verifica e risultati SLE | 42 |
| 7 | RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI | 45 |
| 7.1 | Introduzione | 45 |
| 7.2 | Analisi agli stati limite | 45 |
| 7.3 | Metodologia di calcolo | 47 |
| 7.3.1 | Portata laterale | 48 |
| 7.3.1.1 | Depositi coesivi | 48 |
| 7.3.1.2 | Depositi incoerenti | 48 |
| 7.3.2 | Portata di base | 49 |
| 7.3.2.1 | Depositi coesivi | 49 |
| 7.3.2.2 | Depositi incoerenti | 49 |
| 7.3.2.3 | Terreni stratificati | 50 |
| 7.4 | Stratigrafia di calcolo e fattori parziali | 50 |
| 7.5 | Risultati | 51 |
| 8 | CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI | 60 |
| | Allegati | 61 |
| | ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO | 62 |
| | ALLEGATO 2 - SONDAGGI | 64 |
| | ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO (sezione 73) | 67 |
| | ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO- condizione di svaso rapido (sezione 73) | 75 |
| | ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO (sezione 73) | 83 |
| | ALLEGATO 6 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO (sezione 78) | 92 |
| | ALLEGATO 7 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO- condizione di svaso rapido (sezione 78) | 100 |
| | ALLEGATO 8 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO (sezione 78) | 108 |
| | ALLEGATO 9 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE | 117 |
| | ALLEGATO 10 - TABULATI DI CALCOLO PALI d=800 | 121 |
| | ALLEGATO 11 - TABULATI DI CALCOLO PALI d=1000 | 129 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 4 di 139 |

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI06, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 1+337 e il km 1+876,19.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato, sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta. Vengono quindi presentate le verifiche di SLU e SLE, condotte in base al modello geotecnico sopra definito, ed eseguite ai sensi della Normativa di riferimento (NTC2008, v. capitolo seguente).

Il documento è così organizzato:

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 5 di 139 |

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000001A Relazione Geotecnica (da 0+000 a 10+050)
- [3] IN1710EI2LZGE0000012A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 1 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2
- [7] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

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

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 6 di 139</p> |

[22] RFI DTC SICS SP IFS 001 B Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI

[23] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h

[24] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell’Unione europea)

2.3 Bibliografia

[25] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017

[26] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009

[27] Matlock, H., Reese, L.C. (1960) "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". Journal of Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE, Vol.86, No.SM5, pp.63-91

[28] Reese L.C. and O’Neill M.W. (1999), “Drilled shafts. Construction procedures and design methods” Federal Highway administration. Report FHWA-IF-99-025

[29] Fioravante, V., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B. and Pedroni, S. (1995). “Load carrying capacity of large diameter bored piles in sand and gravel”. Proc. 10th ARCSMFE, 2, 3-15.

[30] Meyerhof G.G. (1976), “Bearing capacity and settlement of pile foundations” JGED, ASCE, GT3, pp.197-228

[31] Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B., Pedroni, S. and Salgado, R. et al (1994). “Tip displacement of drilled shafts in sands”. in Vertical and Horizontal Deformations of Foundations and Embankments. Ed. A.T. Yeung and G.Y. Felio, ASCE , GSP40, New York, 2, 1039-1057.

[32] Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), “Influence of confining stress on liquefaction resistance”, Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.

[33] Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2004), “Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes”. In: Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake engineering, and 3d International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering. D. Doolin et al., eds., Stallion press, Vol. 1, pp. 32-56.

[34] Liao, S.C.C. and Whitman, R.V. (1986), “Overburden Correction Factors for SPT in sand”, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 3, 373-377.

[35] Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). “ Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test”. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.

[36] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), “Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential”, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.

[37] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 7 di 139 |

- [38] Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), "The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations", *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 111(12), pp.1425-1445.
- [39] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 127, n° 10, pp.817-833.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 10 di 139</p> |

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Inquadramento geotecnico

La tratta relativa al rilevato in esame si estende dalla pk 1+337 alla pk 1+876.

Dal punto di vista geotecnico nei primi m di profondità si nota la presenza di materiale alluvionale recente (Unità 3b), costituito prevalentemente da sabbie limose e limi sabbiosi poco addensati, con spessori massimi stimabili nell'ordine di un paio di metri. Al di sotto di questi si estende una formazione di ghiaie ben addensate (Unità 6), seguita quindi da una formazione di sabbie mediamente addensate (Unità 4).

Analizzando le quote di imposta del muro di sostegno si sottolinea che la fondazione dell'opera poggia direttamente o su ghiaie (unità 6) o su sabbie limose poco addensate (unità 3b). In particolare, per le sezioni di calcolo, poste in prossimità del sondaggio SPA2, la fondazione del muro poggia sull'Unità 3b.

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

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI04, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 1 di 11 (Doc. Rif. [3]).

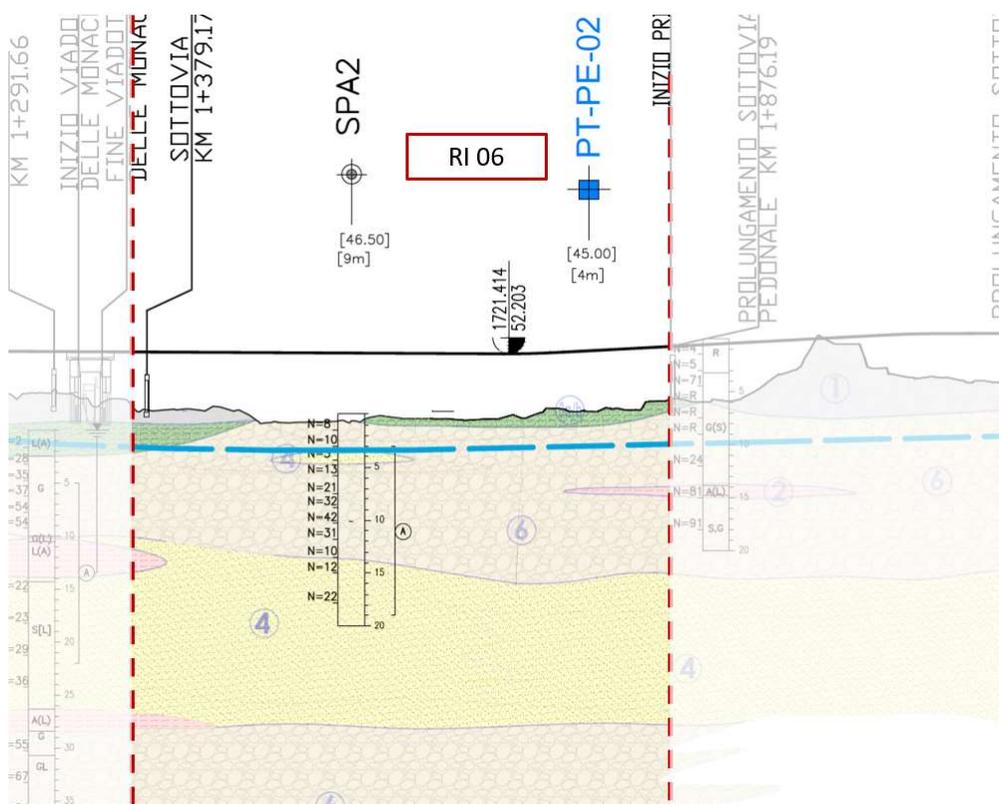


Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI04, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

4.1.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 4, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [7] - [13]). Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2 - .

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse sono riportate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini di Tabella 1 e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [2]).

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

Tabella 1 - Indagini disponibili tra pk 0+766,68 e pk 1+125,00

| Progressiva pk | ID indagini - | Campagna anno |
|-------------------|------------------|------------------|
| 1+550 | SPA2 | 2014-2015 |
| 1+800 | PT-PE-02 | 2020-2021 |

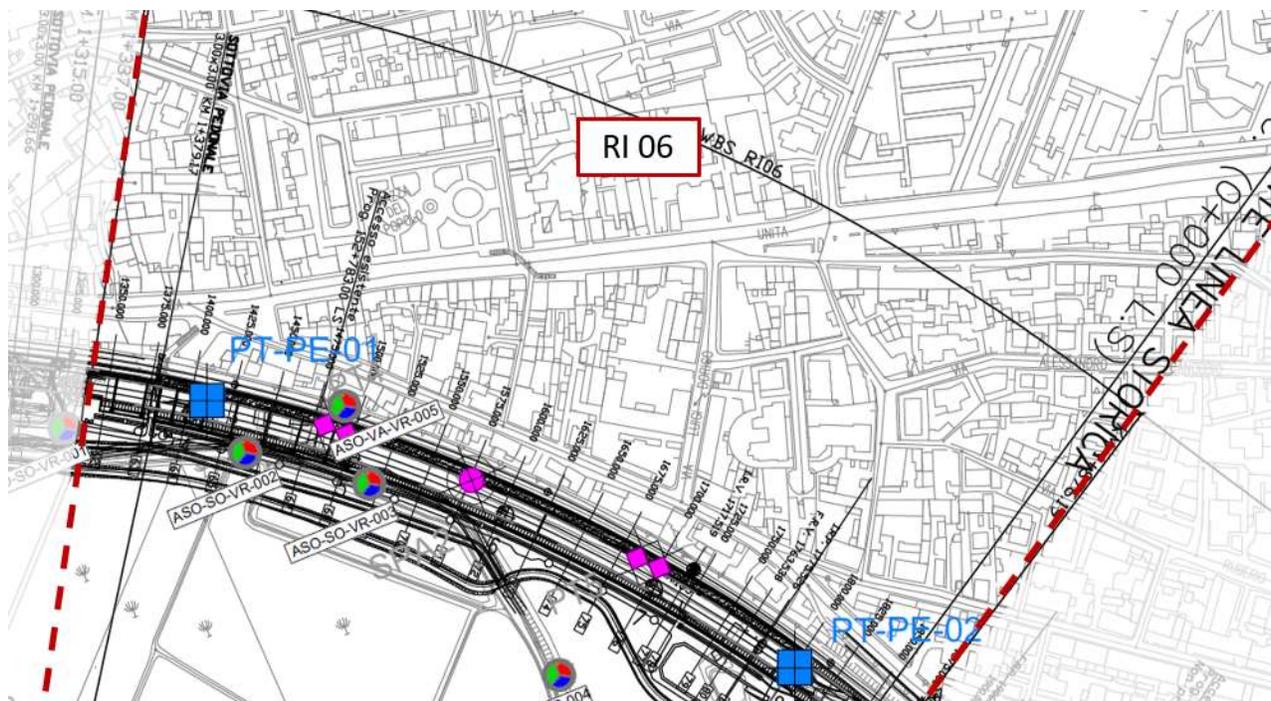


Figura 4 - Planimetria Rilevato RI04, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 12 di 139 |

4.1.2 Livello di falda

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

Ai fini progettuali si assume:

- falda di progetto a medio termine: +44.9 m slm, quota media da rilievi piezometrici;
- falda di progetto a lungo termine: +4.5 m, rispetto alla falda di medio termine (49.4 m slm). Questo livello corrisponde all'evento di massima piena del fiume Adige.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 13 di 139 |

4.2 Condizioni geotecniche del sito

La Figura 6 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame.

Come accennato, in superficie si può rinvenire la formazione dei limi sabbiosi e sabbie limose 3b, con valori di SPT attorno a 8/10 colpi/30 cm, sovrastante le ghiaie (Unità 6)

All'interno di questo deposito, in corrispondenza del sondaggio SPA2 si rinviene la presenza di una lente di sabbia limosa (unità 4).

Nelle ghiaie, si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 40 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta generalmente variabile fra il 40% e quindi il deposito risulta mediamente addensato.

Al di sotto dell'Unità 6 si individua la presenza di depositi di sabbia limosa mediamente addensati (Unità 4), per uno spessore di 10-15 m. In questo deposito le percentuali di materiale non superano il 15%, i valori medi di N_{SPT} sono pari a 30 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 70%.

Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove DH, MASW e SPT, conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Fino a 15 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di V_s crescenti e compresi tra 250 m/s e 400 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono da considerarsi pressoché costanti – variano tra 350 m/s e 450 m/s fino a 35 m pc. Sulla base dei valori di V_s si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni (G_0). Per le ghiaie e le sabbie fino a 28 m pc si ottengono valori crescenti compresi tra 120 MPa e 250 MPa, mentre per le ghiaie profonde si ottengono valori pari a 250 MPa.

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 14 di 139 |

Sulla base di questi criteri, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio:

- Distribuzione delle granulometrie da analisi di laboratorio (v. Figura 5);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 6);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 7);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 8);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 9);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 10).

AV/AC VERONA VICENZA

RI 06 da pk 1+337 a pk 1+875

Contributi granulometrici (%)

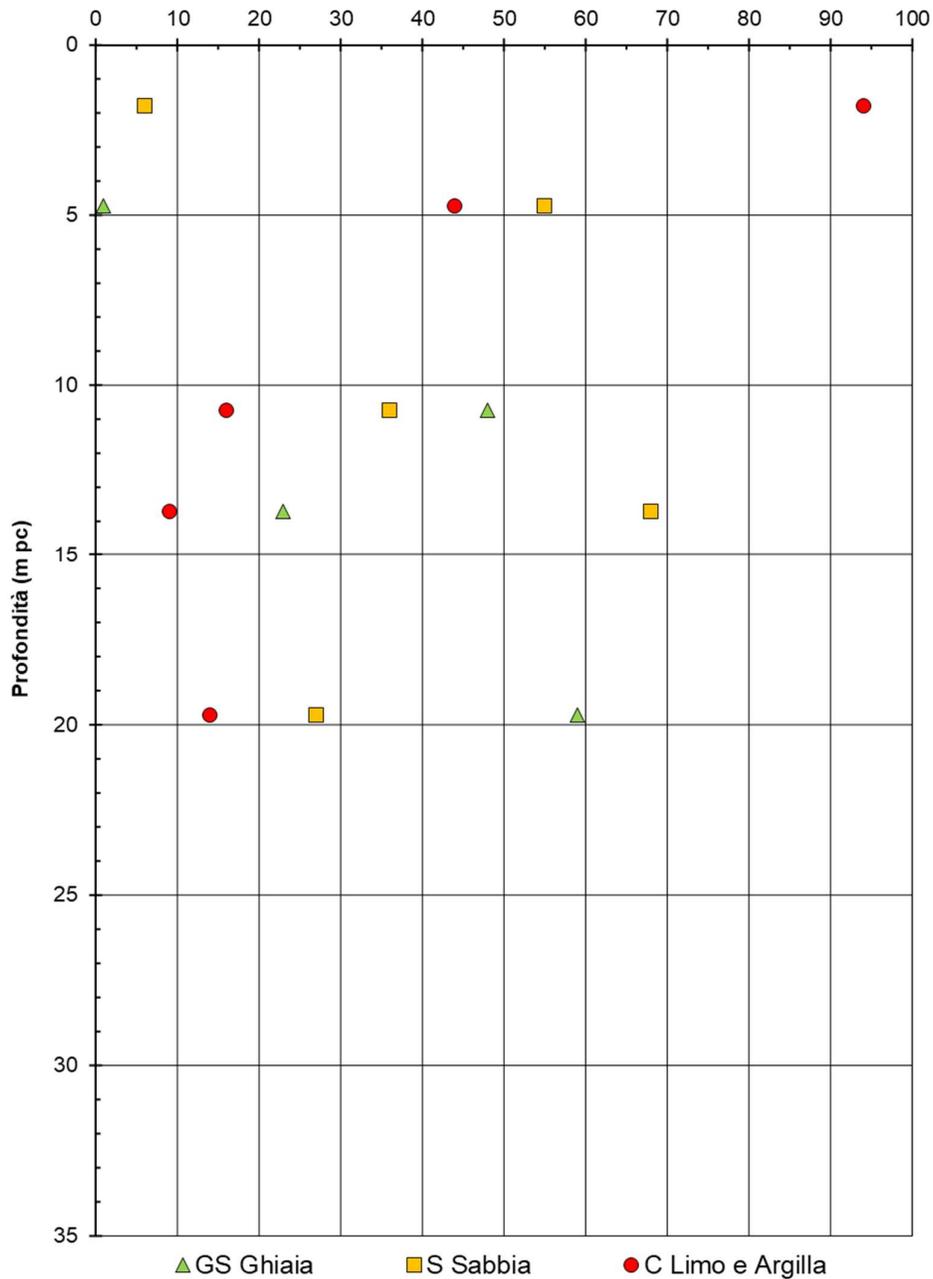


Figura 5 – Sintesi analisi granulometriche tra pk 1+337 e pk 1+875

AV/AC VERONA VICENZA

RI 06 da pk 1+337 a pk 1+875

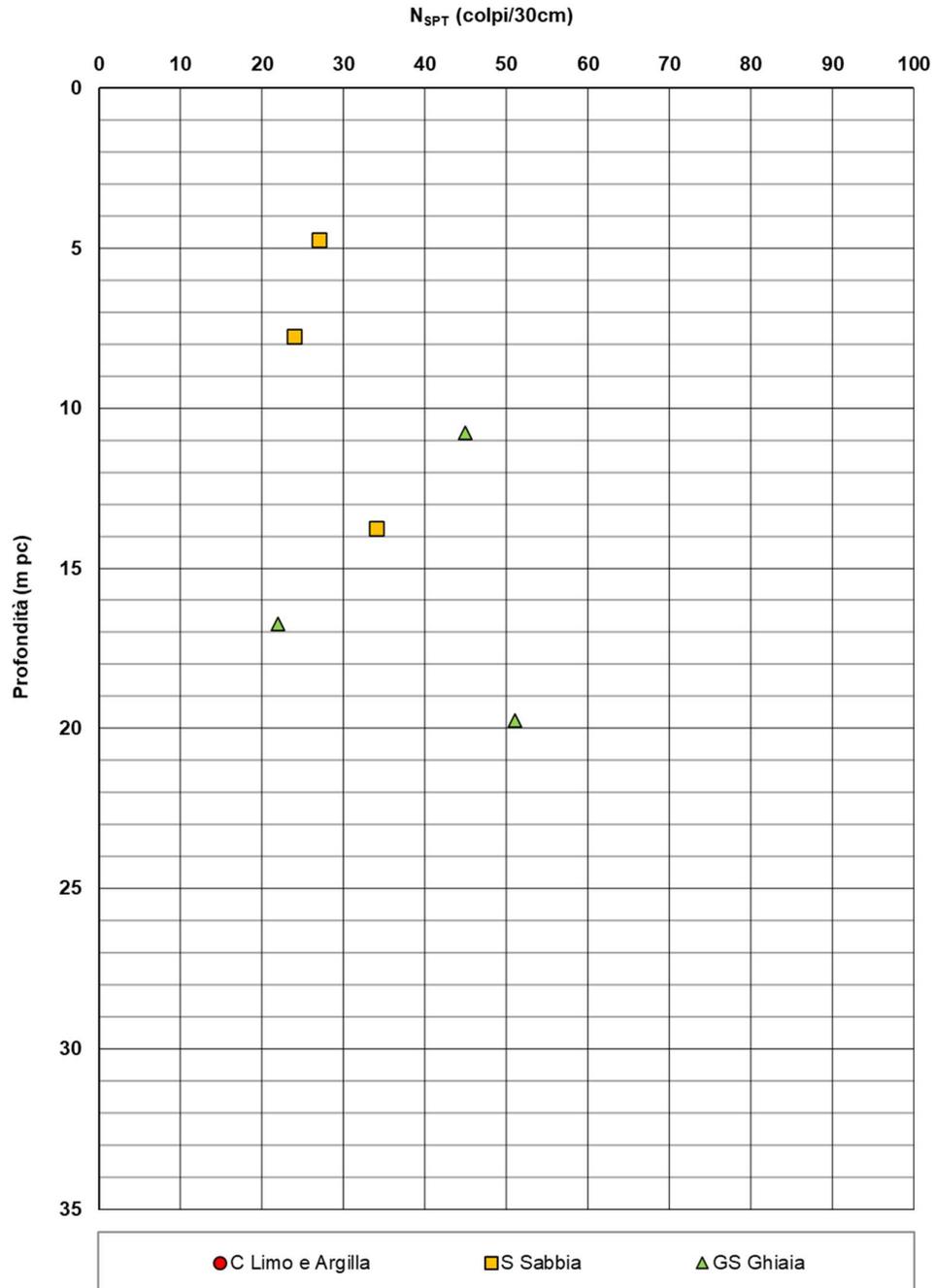


Figura 6 – Esito delle prove SPT tra pk 1+337 e pk 1+875

AV/AC VERONA VICENZA

RI 06 da pk 1+337 a pk 1+875

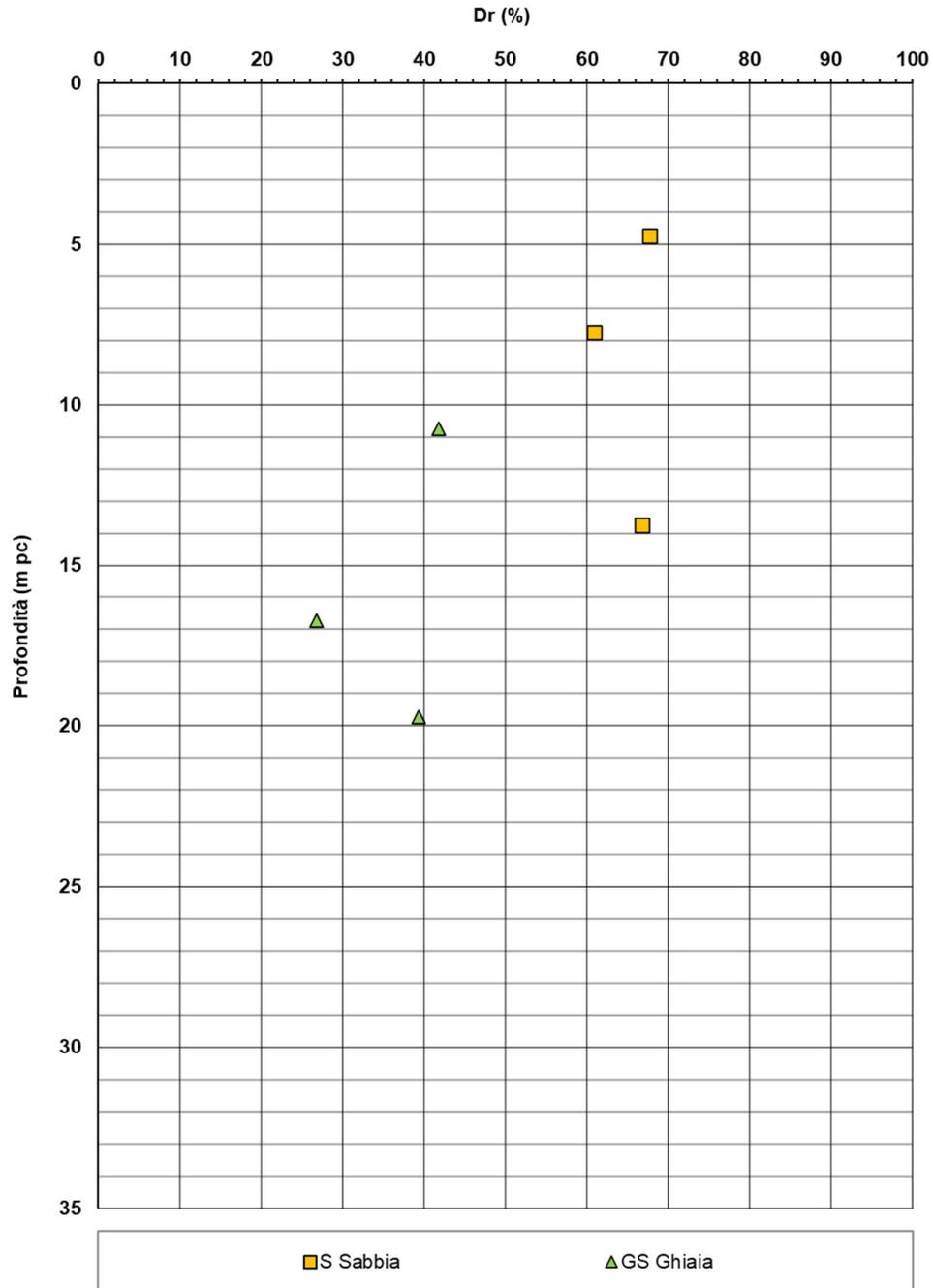


Figura 7 – Densità relativa da prove SPT tra pk 1+337 e pk 1+875

AV/AC VERONA VICENZA

RI 06 da pk 1+337 a pk 1+875

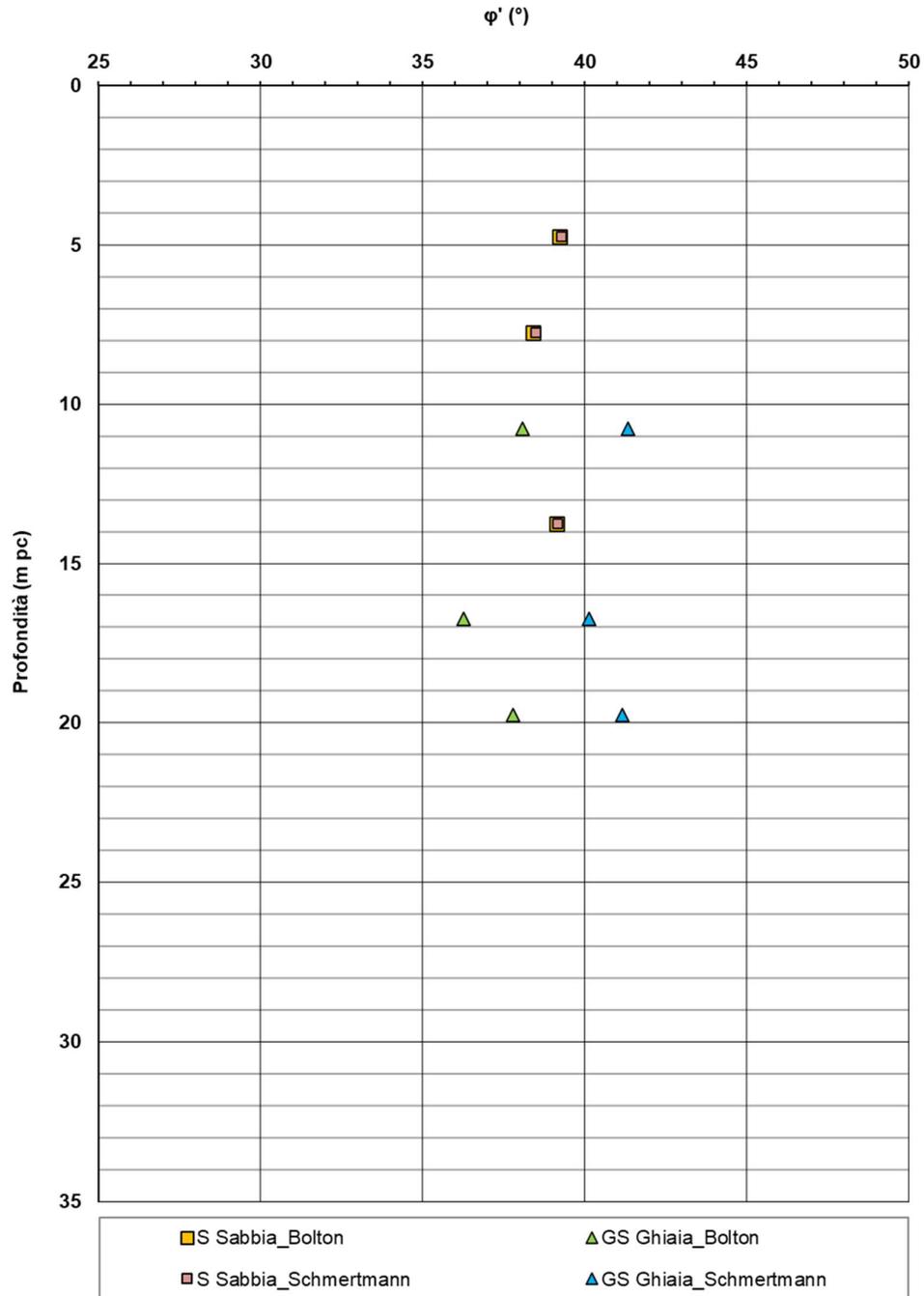


Figura 8 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 1+337 e pk 1+875

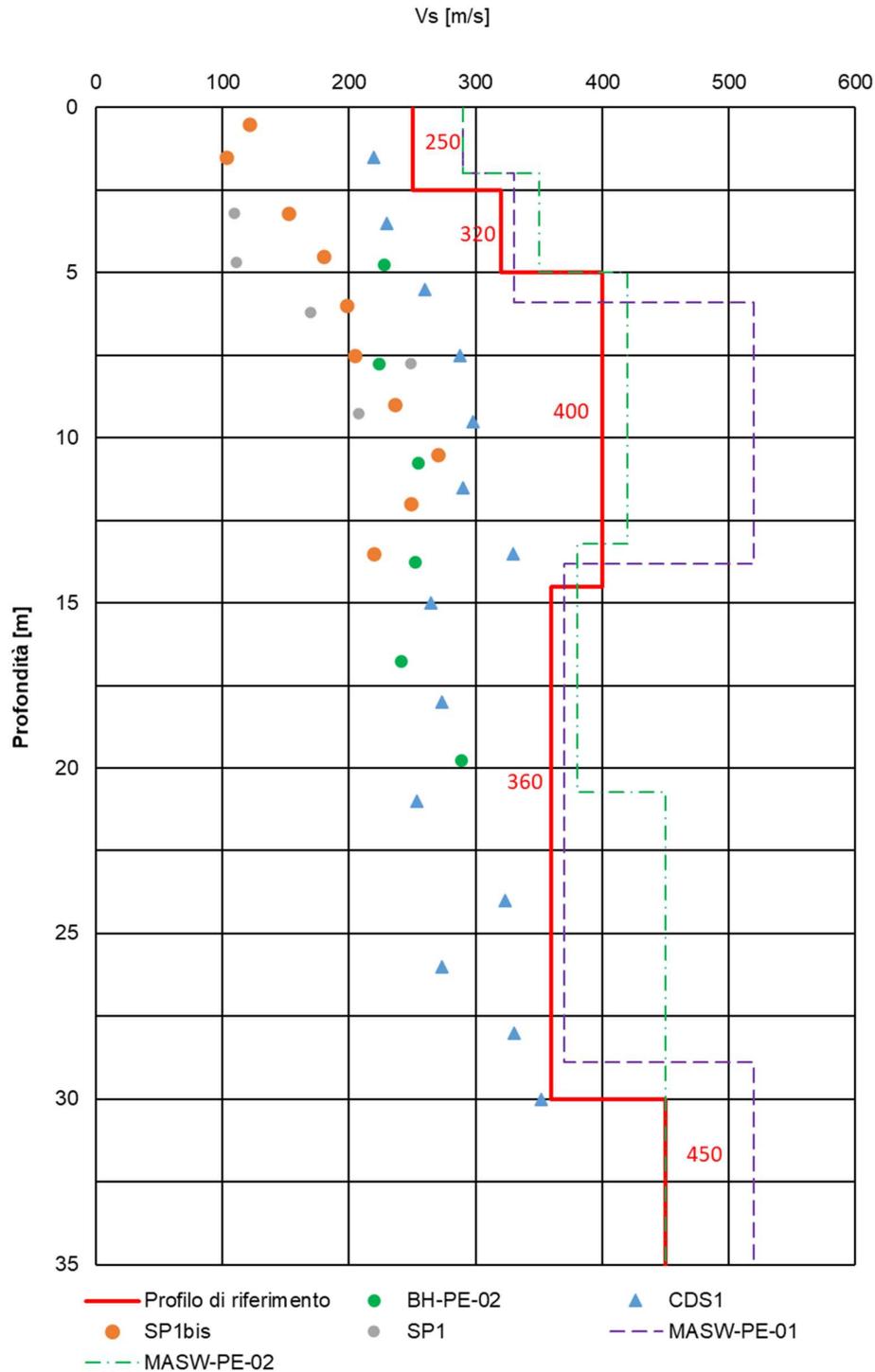


Figura 9 – Profilo di vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW tra pk 1+337 e pk 1+875

AV/AC VERONA VICENZA

RI 06 da pk 1+337 a pk 1+875

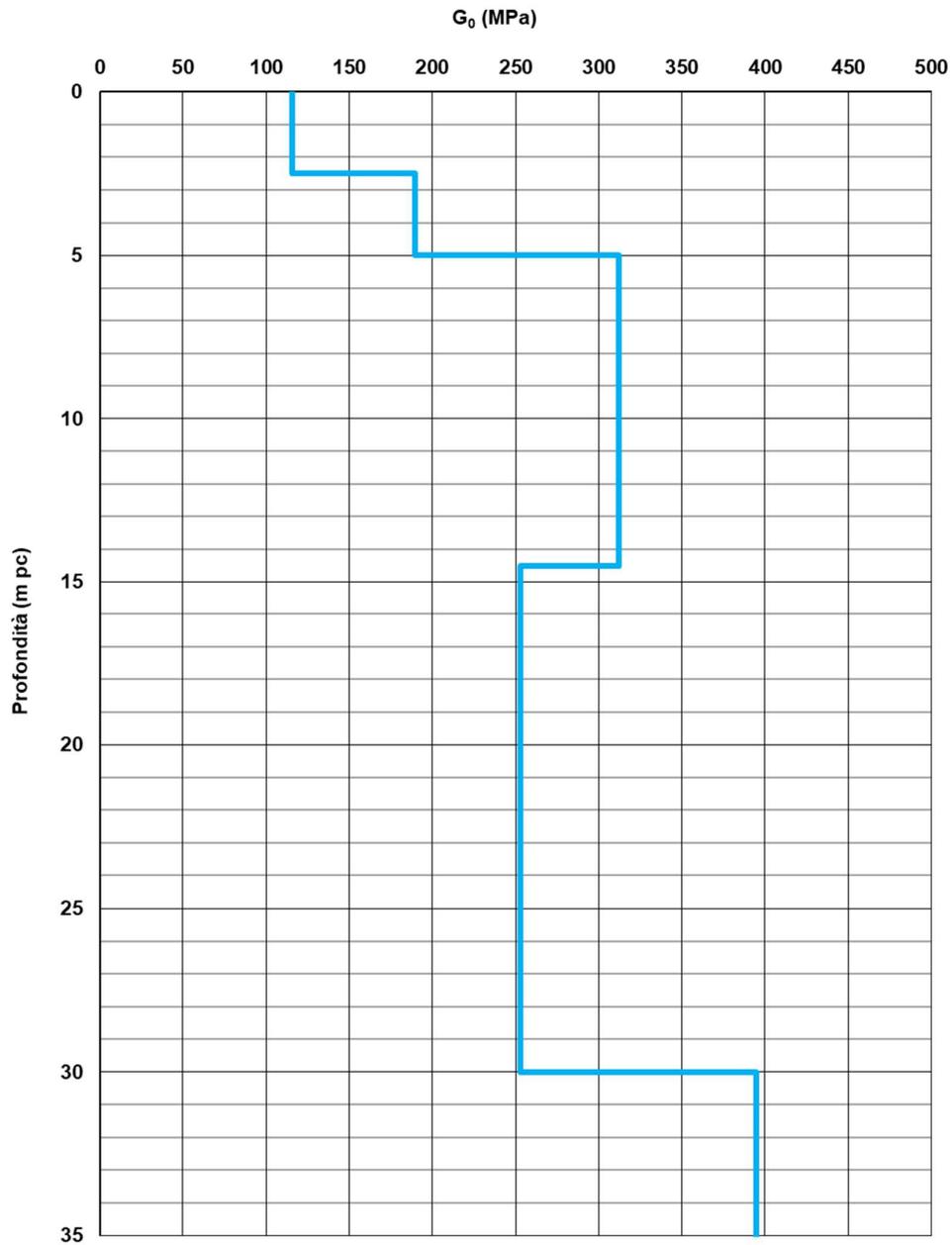


Figura 10 – Modulo di taglio G_0 tra pk 1+337 e pk 1+875

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 21 di 139 |

4.3 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

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

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento

| Unità | da m bof* | a m bof* | γ kN/m ³ | ϕ_k ° | c_k' kPa | $c_{u,k}$ kPa | G_0 MPa | E'_{op} MPa |
|-------|--------------|-------------|-------------------------------|---------------|---------------|------------------|--------------|------------------|
| 3b | 0 | 2 | 19 | 30 | - | - | - | 10 |
| 6 | 2 | 10 | 19 | 37-40** | - | - | 120-250** | 50-80** |
| 4 | 10 | 28 | 19 | 37 | - | - | 250 | 120 |
| 6 | 28 | - | 19 | 40 | - | - | >250 | >200 |

** valori crescenti con la profondità.

Per tenere conto della possibile presenza di sabbie limose prossime alla superficie, per le ghiaie dell'unità 6 si è cautelativamente adottato un modulo di Young e un valore di ϕ_k prossimi al limite inferiore.

Per la falda si fa riferimento a quanto riportato in 4.1.2. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

4.3.1 Materiale da rilevato

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

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 22 di 139 |

5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

5.1 Sollecitazione sismica di progetto

5.1.1 Vita Nominale

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

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

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

5.1.2 Classe d'uso

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

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

Il coefficiente d'uso è pari a 1.50, coerentemente a quanto indicato nella Tab. 2.4.11 delle NTC.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 23 di 139 |

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. [4]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [5]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

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

5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 24 di 139</p> |

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

| | |
|--|-------|
| a_g (g) (SLV) | 0.233 |
| Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s | 1.360 |
| Coefficiente di amplificazione topografica S_t | 1.0 |
| Accelerazione massima attesa al suolo a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$) | 0.317 |

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. [4]).

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

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  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 25 di 139 |

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

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

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

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

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

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

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 26 di 139 |

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 11: 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 11, la resistenza alla punta q_c è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ($p_a = 100 \text{ kPa}$) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

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

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

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

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

dove:

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

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 27 di 139 |

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:

$$q_{c1N_{cs}} = q_{c1N} \cdot k_c$$

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

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

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

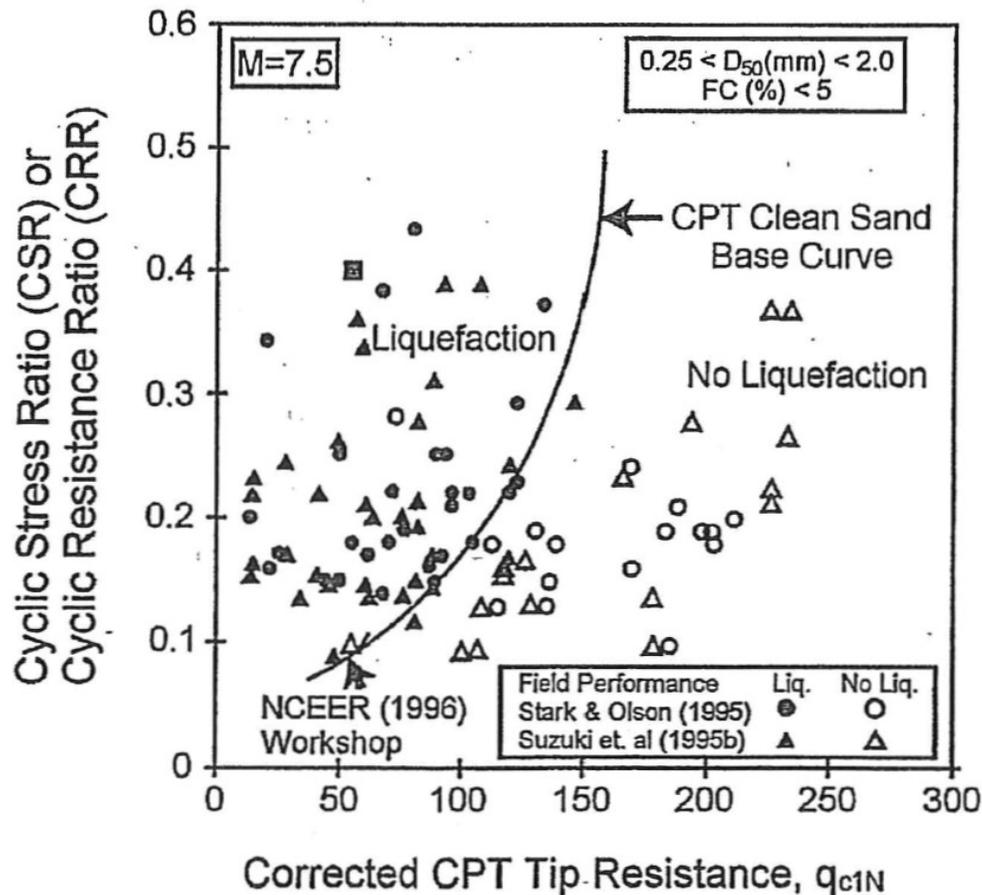


Figura 11: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

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

In Figura 12, 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  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 29 di 139 |

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 σ'_{v0} è la tensione verticale in sito, in termini di sforzi efficaci.

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

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

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

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

Sempre in Figura 12, 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 12 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  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 30 di 139 |

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:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

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

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

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

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

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

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

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

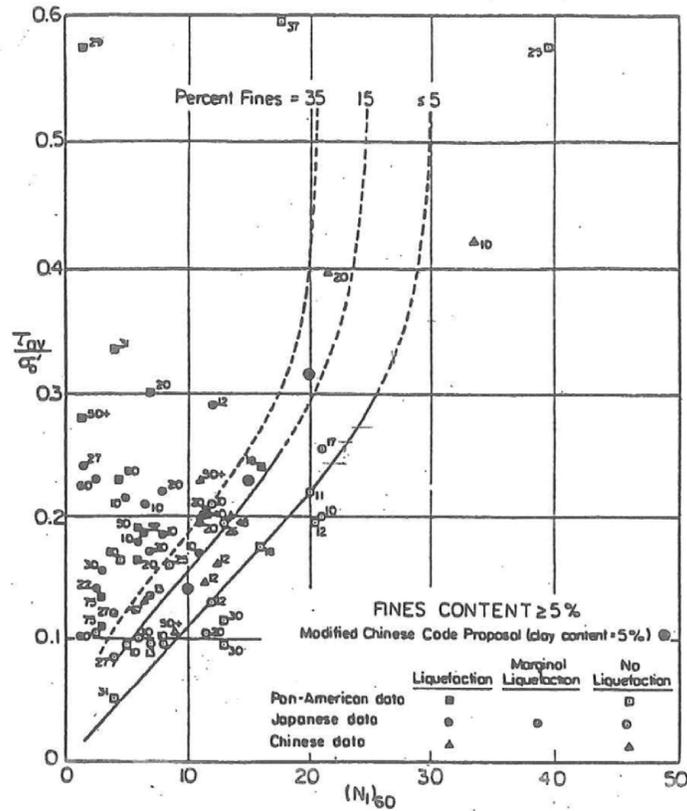


Figura 12: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati (cfr. Figura 13) indicano come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI06, in linea agli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

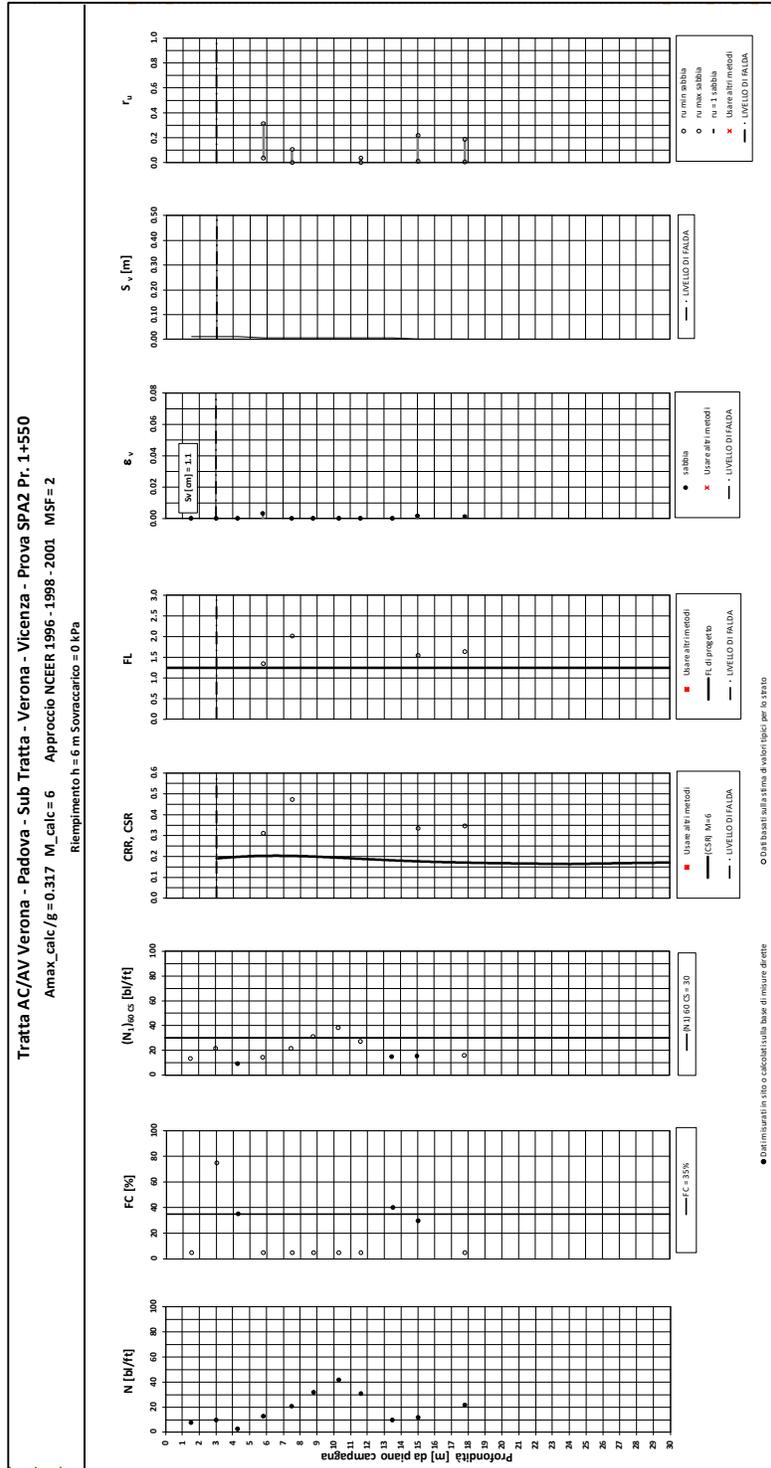


Figura 13 – Verifica Liquefazione da risultati SPT SPA2

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 33 di 139 |

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

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

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

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

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

dove:

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

R_d valore di progetto della resistenza.

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

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

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

dove:

E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione;

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

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

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

6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

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

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

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

| | | | | |
|--|---|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 34 di 139 |

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

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

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

Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni

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

dove:

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

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

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

Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

| Coefficiente | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1.1 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 35 di 139 |

6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

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

In particolare, successivamente al completamento del piano di posa del ballast, i cedimenti residui non devono superare il 10% dei cedimenti teorici totali ed essere inferiori a 5 cm.

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

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

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

6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche

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

6.2 Azioni di progetto

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 36 di 139 |

6.2.1 Azioni permanenti

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

Peso massicciata e armamento 18 kN/m³

Peso elementi in cls 25 kN/m³

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

6.2.2 Azioni variabili

Le azioni variabili sono rappresentate dai carichi da traffico ferroviario, 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 prodotto tra il peso W del volume di terreno potenzialmente instabile ed i coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v):

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

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

dove

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

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

g accelerazione di gravità.

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[14])

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 37 di 139 |

6.3 Verifiche e risultati SLU

6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [25]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2) per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali (M2) per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 7 della presente relazione.

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

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 2. La verifica è stata condotta facendo ricorso al metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2. Di seguito si riportano i parametri di progetto utilizzati:

- Rilevato: $\phi_d = 32^\circ$ e $c_d = 0$ kPa
- Ghiaie (unità 6): $\phi_d = 33^\circ$ e $c_d = 0$ kPa

6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

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

Per quanto riguarda la falda, è stata considerata sia una la condizione di massima piena (Figura 14), come riportato nel paragrafo 4.1.2 sia il caso più gravoso di svaso rapido (Figura 15). In tale condizione, particolarmente cautelativa, si immagina che la falda dietro al muro rimanga alla quota della piena massima, e che contemporaneamente l'acqua a valle sia ritornata ai livelli di esercizio. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In Figura 14, Figura 15, Figura 17, Figura 18, sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2; i fattori di sicurezza FS relativi sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 11 – Verifiche SLU statiche

| Condizione | FSMIN (DA1C2) |
|------------------------------|---------------|
| Muro su pali, massima piena | 1.483 |
| Muro su pali, svaso rapido | 1.174 |
| Fond. diretta, massima piena | 1.371 |
| Fond. diretta, svaso rapido | 1.112 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 38 di 139 |

Essendo soddisfatta per tutti i casi la relazione:

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

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

$$K_H = + 0.089 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

$$K_V = \pm 0.045 \quad (\text{verificando la più cautelativa tra negativo e positivo})$$

Il carico ferroviario (q), assunto pari a 61.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è stato inserito nei calcoli col proprio valore caratteristico in accordo a quanto specificato dalle NTC 2008 (vedasi Par.7.11.1 del Doc. Rif. [14]). Seguendo le prescrizioni desunte dal MdP (Doc. rif. [19]), in condizioni sismiche si applica il coefficiente di combinazione ψ per il carico variabile da traffico ferroviario pari a 0,2.

Per quanto riguarda la falda è stata considerata la condizione a medio termine, a quota 44.9 m slm, come riportato nel paragrafo 4.1.2. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In Figura 16 e in Figura 19 sono riportate le superfici di rottura critica per la sezione su pali e per quella su fondazione diretta rispettivamente. Per semplicità di calcolo, nella sezione su pali non si è tenuto conto della loro presenza.

Il fattore di sicurezza FS per queste due configurazioni è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.538 \quad (\text{sezione su pali})$$

$$FS_{MIN} = 1.617 \quad (\text{fondazione diretta})$$

Essendo soddisfatta la relazione:

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

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

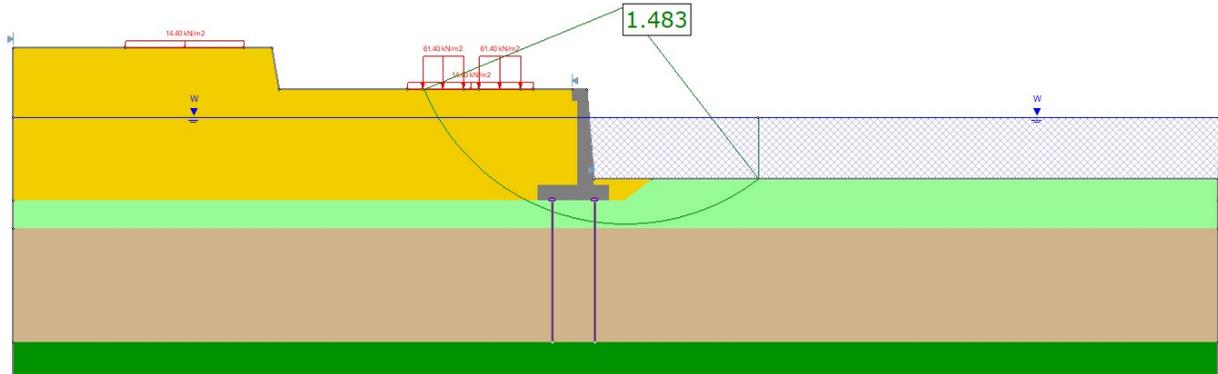


Figura 14 - Rilevato su pali (da pk 1+337 a pk 1+625) - Analisi SLU in campo statico DA1C2

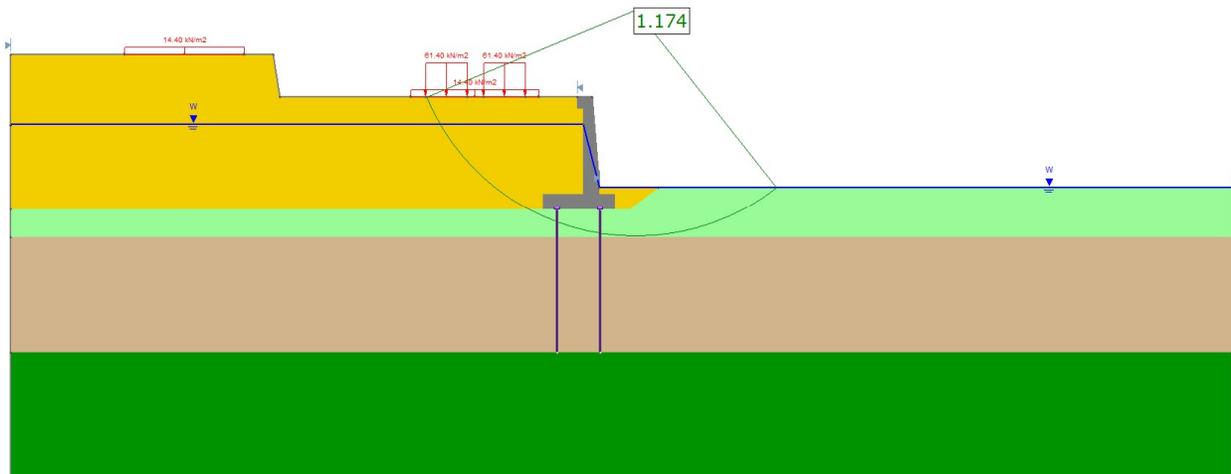


Figura 15 - Rilevato su pali (da pk 1+337 a pk 1+625) - Analisi SLU svasso rapido in campo statico DA1C2

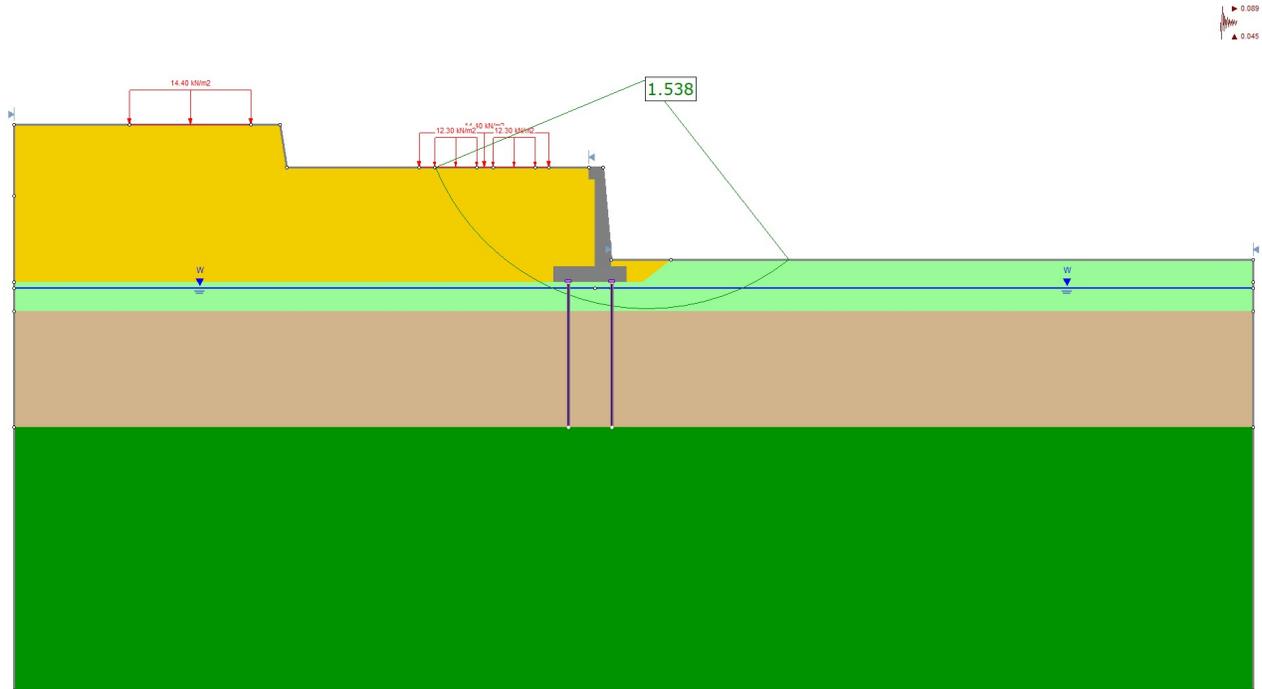


Figura 16 - Rilevato su pali (da pk 1+337 a pk 1+625) - Analisi SLU in campo sismico

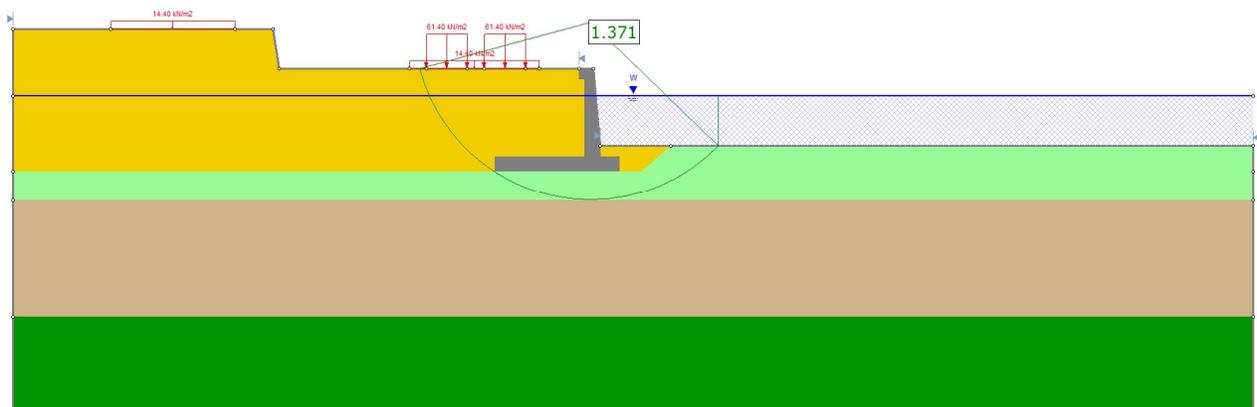


Figura 17 - Rilevato su fondazione diretta (da pk 1+625 a pk 1+876) - Analisi SLU in campo statico DA1C2

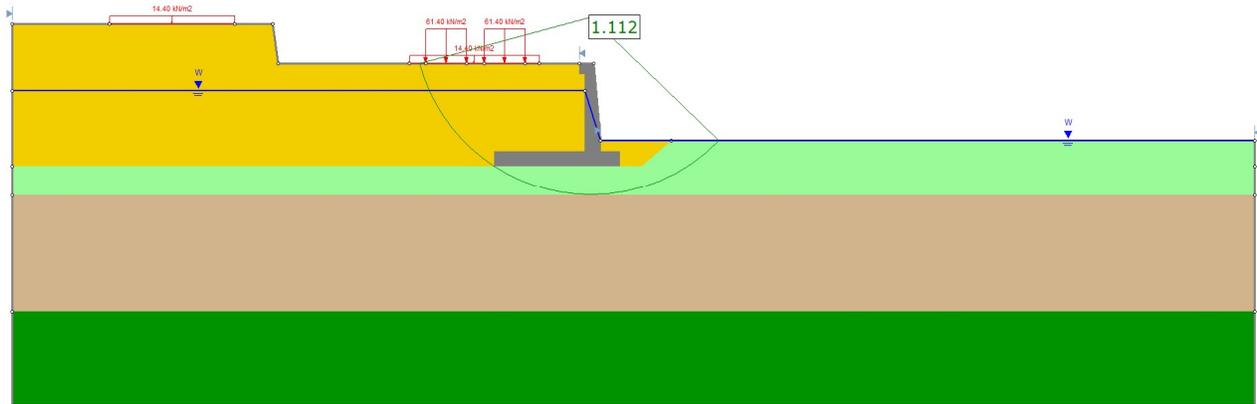


Figura 18 - Rilevato su fondazione diretta (da pk 1+625 a pk 1+876) - Analisi SLU svaso rapido in campo statico DA1C2

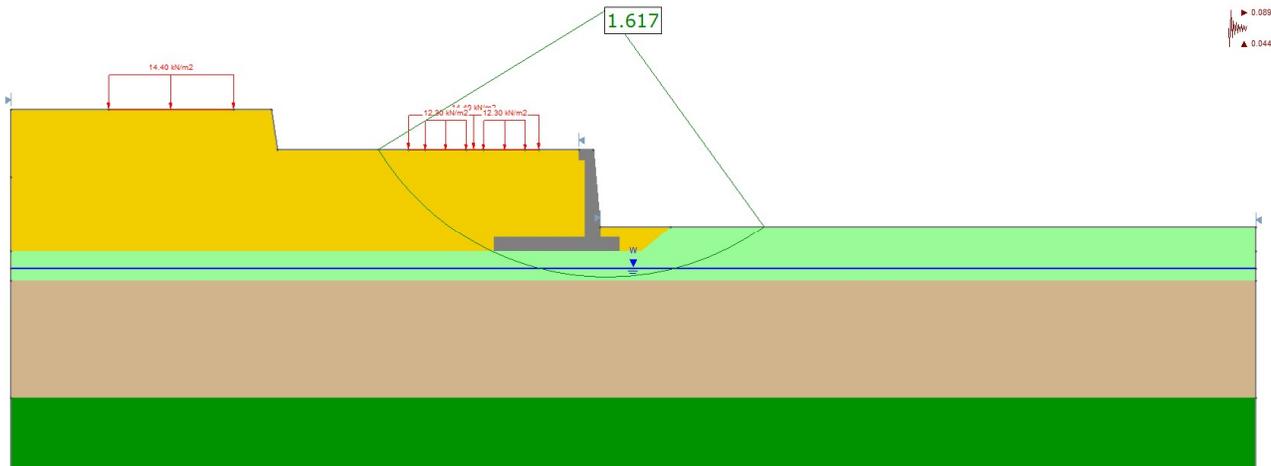


Figura 19 - Rilevato su fondazione diretta (da pk 1+625 a pk 1+876) - Analisi SLU in campo sismico

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 42 di 139 |

6.4 Verifica e risultati SLE

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo del codice di calcolo SETTLE 3D (Doc. Rif. [26]), che permette di valutare i cedimenti nel tempo sotto diverse ipotesi di carico. Il programma discretizza l'area analizzata in un numero finito di aree di carico e valuta gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti. A partire dagli incrementi tensionali vengono poi calcolati i cedimenti.

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

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

dove

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

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

Il modello di calcolo è implementato per il rilevato con altezza massima (7.3 m), il cui carico è stato cautelativamente considerato applicato come infinitamente esteso in senso longitudinale. Il modello di calcolo è quindi valido per tutta la tratta in esame, da pk 1+337 a pk 1+875. Nel calcolo non si è tenuto conto della presenza dei pali.

I rilevati sono modellati nel programma di calcolo come dei carichi di superficie, la cui geometria riprende la configurazione, come riportato in Figura 20. Il rilevato esistente è largo 30 m e alto 9.8 m, il rilevato in affiancamento è alto 7.3 m e largo 22 m con scarpata verticale per simulare la presenza del muro. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 2.

Il carico della posa in opera del ballast, assunto pari a 14.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza dell'impronta del rilevato ferroviario.

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

- Rilevato esistente (linea storica), vedi Figura 20 a)
- Affiancamento e completamento rilevato nuova linea, vedi Figura 20 b)

I cedimenti sono stati calcolati al centro del nuovo rilevato, ed in corrispondenza dei due binari della linea storica adiacente, in modo da determinarne il cedimento differenziale dovuto alla costruzione del nuovo rilevato.

I valori calcolati sono riportati nella Figura 21, dove sono anche indicate le posizioni delle rotaie della linea storica e l'asse dei binari della linea AV.

Risulta quanto segue:

- Il cedimento differenziale per ciascuna delle rotaie esistenti risulta circa pari a 1 mm e quindi inferiore del limite definito al punto 6.1.2.

- Il cedimento totale calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è di circa 5 cm. Considerata la natura granulare dei terreni, tali cedimenti si esauriranno per la maggior parte all'atto della applicazione dei carichi..

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

I cedimenti di lungo termine, e più in particolare quelli a far data dal termine dell'applicazione del carico del ballast e fino alla fine di vite utile dell'opera, sono da considerare trascurabili.

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

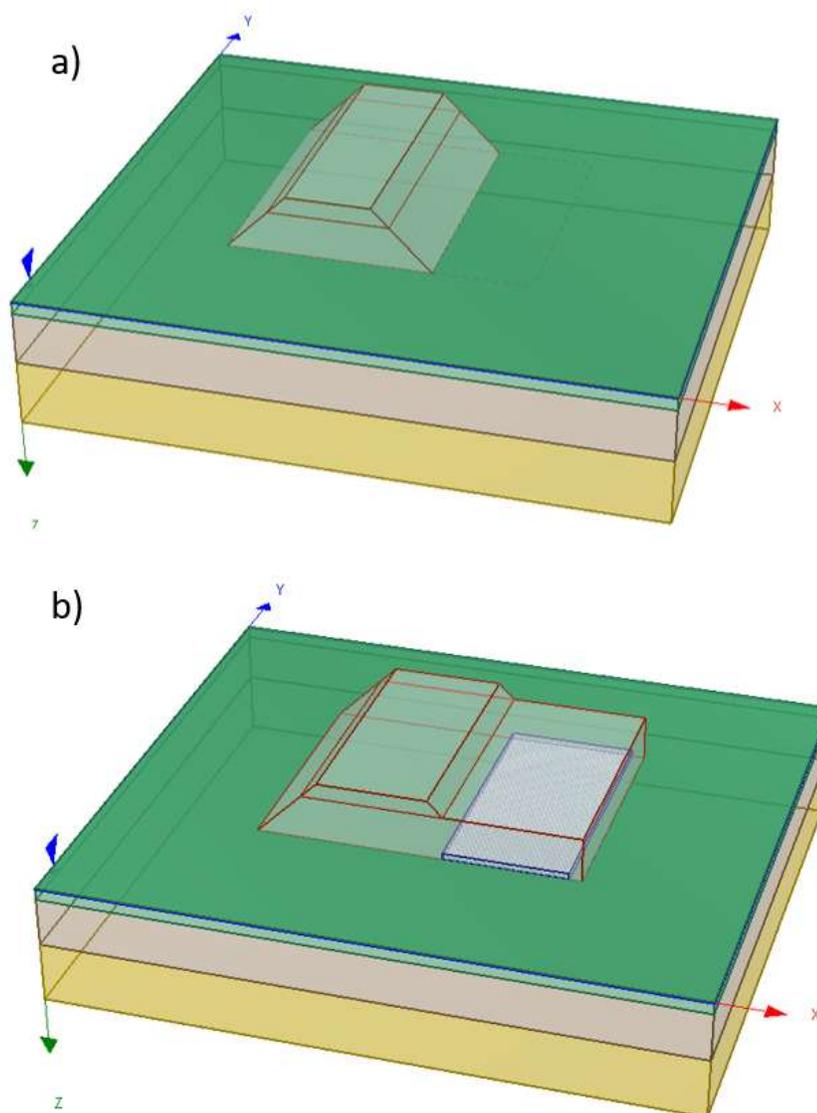


Figura 20 - Rilevato $H = 7.3$ m (da pk 1+337 a pk 1+875) - Analisi SLE – Modello di calcolo

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
 Relazione Geotecnica

Progetto
 IN17

Lotto
 11

Codifica
 EI2RBRI0600001B

Foglio
 44 di 139

Ri06 : Cedimento dopo costruzione nuova linea AV

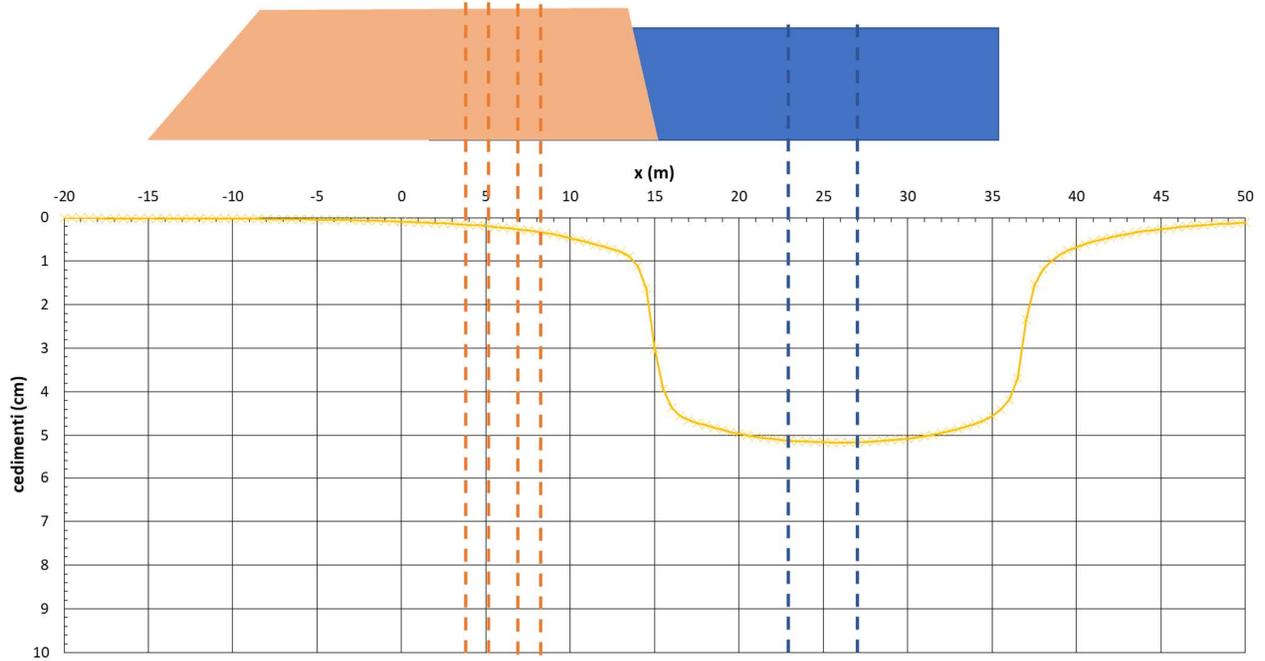


Figura 21 - Rilevato $H=7.3$ m (da pk 1+337 a pk 1+875) - Analisi SLE – Risultato Cedimenti

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 45 di 139 |

7 RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

7.1 Introduzione

Il muro di sostegno del rilevato, sul versante a Sud, sarà fondato, per alcune sezioni, su pali in calcestruzzo gettati in opera.

Il calcolo del muro e le relative verifiche sono contenuti nel documento di progetto del muro di sostegno.

Di seguito si riportano i calcoli di dimensionamento dei pali sotto carico assiale, condotti sia per il diametro D=800 che per il D=1000 mm.

I calcoli sono stati svolti in accordo alle NTC 2008, seguendo i dettami validi per i pali trivellati. I calcoli sono anche da ritenere validi nel caso di impiego di pali CFA.

Per quanto concerne il comportamento dei pali sotto carichi orizzontali, i calcoli di verifica e dimensionamento sono contenuti nel documento relativo al calcolo del muro.

Il calcolo è stato condotto in accordo all'approccio elastico di Matlock e Reese (1960) [27] utilizzando i seguenti valori di molle orizzontali:

$E = k_h \cdot z$, con z profondità da p.c.

$k_h = 10.000 \text{ kN/m}^3$ da testa a pali a 2 m

$k_h = 15000 \text{ kN/m}^3$ per sabbie e ghiaie inferiori

7.2 Analisi agli stati limite

Le verifiche di capacità portante dei pali sono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 2008). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo:

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

F_{cd} carico assiale di compressione di progetto;

R_{cd} capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

R_k valore caratteristico della capacità portante limite del palo;

γ_R coefficiente di sicurezza sulle resistenze

In particolare, le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) sono condotte con riferimento ad almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 46 di 139</p> |

Combinazione 1: A1 + M1 + R1

Combinazione 2: A2 + M1 + R2

Approccio 2:

Combinazione 1: A1 + M1 + R3,

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tab. 5.2.V (ponti ferroviari), e Tab. 6.4.II delle NTC 2008 (Doc.Rif. [14]) e riportati nelle seguenti Tabella 12 e Tabella 13.

Il peso del palo, in accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3 delle NTC2008, deve essere incluso tra le azioni permanenti di cui alla Tabella 12.

La resistenza di progetto a compressione $R_{c,d}$ è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ i coefficienti parziali γ_R riportati in tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati.

Il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ a compressione ed a trazione $R_{t,k}$ è ottenuto applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 (Tabella 14) alle resistenze di calcolo R_{cal} ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \min \left\{ \frac{(R_{t;cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

I valori di ξ_3 e ξ_4 da utilizzare nelle analisi sono funzione dal numero di sondaggi che sono stati considerati per valutare la resistenza del palo per ogni area omogenea o struttura/opera.

Tabella 12 – Tab. 5.2.V, NTC 2008

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 STR | A2 GEO | Combinazione eccezionale | Combinazione Sismica |
|---|-------------|---------------|---------------------|---------------------|--------|--------------------------|----------------------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 1,00 |
| Ballast ⁽³⁾ | favorevoli | γ_B | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 1,00 |
| Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾ | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,45 | 1,45 | 1,25 | 0,20 ⁽⁵⁾ | 0,20 ⁽⁵⁾ |
| Carichi variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 0,00 |
| Precompressione | favorevole | γ_P | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevole | | 1,00 ⁽⁶⁾ | 1,00 ⁽⁷⁾ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | | | | |
|--|---|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 47 di 139 |

Tabella 13 – Tab. 6.4.II, NTC 2008

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

| Resistenza | Simbolo | Pali infissi | | | Pali trivellati | | | Pali ad elica continua | | |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
| | | (R1) | (R2) | (R3) | (R1) | (R2) | (R3) | (R1) | (R2) | (R3) |
| Base | γ_b | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,7 | 1,35 | 1,0 | 1,6 | 1,3 |
| Laterale in compressione | γ_s | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,45 | 1,15 |
| Totale (*) | γ_t | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,6 | 1,30 | 1,0 | 1,55 | 1,25 |
| Laterale in trazione | γ_{st} | 1,0 | 1,6 | 1,25 | 1,0 | 1,6 | 1,25 | 1,0 | 1,6 | 1,25 |

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 14 – Tab. 6.4.IV NTC 2008 - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

| Numero di verticali indagate | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥ 10 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| ξ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| ξ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 |

In conclusione, sulla base di quanto prescritto dalle NTC al paragrafo 7.11.5.3, in condizioni sismiche le curve di capacità portante sono da calcolarsi con riferimento all'Approccio 2. Risultano, quindi, pressoché coincidenti con quelle calcolate agli SLU, utilizzando il medesimo approccio: le differenze si riducono ad un diverso fattore parziale applicato ad una frazione del peso del palo. Pertanto, nel caso in esame la stima è eseguita cautelativamente assumendo la combinazione A1+M1+R3, sia per le combinazioni statiche che per quelle sismiche. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti delle azioni A1 sono assunti unitari, come da §7.11.5.3-NTC2008.

7.3 Metodologia di calcolo

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) " $Q_{tot,c,d}$ " in compressione è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{tot,c,d} = Q_{ll} / F_{SL,C} + Q_{bl} / F_{SB} - W'_{p-s} = Q_{l,c,d} + Q_{b,d} - W_{p-s,d}$$

dove:

- Q_{ll} valore di calcolo della portata laterale,
- Q_{bl} valore di calcolo della portata di base,
- $Q_{l,c,d}$ valore di progetto della portata laterale,
- $F_{SL,C}$ fattore di sicurezza per la portata laterale in compressione ($= \xi \cdot \gamma_s$),
- F_{SB} fattore di sicurezza per la portata di base ($= \xi \cdot \gamma_b$),
- $Q_{b,d}$ valore di progetto della portata di base,
- W_{p-s} valore di progetto del peso del palo, al netto del peso del terreno asportato.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 48 di 139</p> |

Diversamente, la portata di progetto a trazione “ $Q_{tot_tr,d}$ ” è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{tot_tr,d} = Q_{LL,Tr} / F_{SL} + W'_P = Q_{l_tr,d} + W'_p$$

dove:

- Q_{LL} valore di calcolo della portata laterale,
- W'_P peso efficace del palo, alleggerito se sotto falda,
- $F_{SL,Tr}$ fattore di sicurezza per la portata laterale in trazione ($= \gamma_{st} \cdot \xi$).

7.3.1 Portata laterale

La portata laterale limite è valutata con la seguente relazione:

$$Q_{ll} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

- D diametro palo,
- τ_i tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,
- h_i altezza dello strato i-esimo.

7.3.1.1 Depositi coesivi

Per i terreni coesivi la tensione di adesione laterale limite è valutata con la seguente espressione:

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \alpha \cdot c_u \leq \tau_{us,max}$$

dove:

- c_u resistenza al taglio non drenata.
- α coefficiente empirico, determinato in accordo a quanto indicato nel manuale FHWA 2010:
 $\alpha = 0.55$ per $(c_u/p_a) \leq 1.5$;
 $\alpha = 0.55 - 0.1 \cdot (c_u/p_a - 1.5)$ per $1.5 \leq (c_u/p_a) \leq 2.5$

Inoltre, per la resistenza laterale si impongono anche le seguenti condizioni:

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} \geq 0.23 \cdot \sigma'_{v0}$$

$$\tau_{us,max} = 100 \text{ kPa (resistenza laterale massima in terreno coesivo),}$$

dove:

- σ'_{v0} tensione verticale efficace alla quota di riferimento.

7.3.1.2 Depositi incoerenti

Per i terreni incoerenti la tensione di aderenza laterale limite è valutata mediante metodo β con la seguente espressione (Reese & O'Neill, 1999, recepito nel manuale FHWA del 2010):

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 49 di 139 |

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \beta \cdot \sigma'_{v0} \leq \tau_{us,max}$$

dove:

$$\beta = 1.5 - 0.245 \cdot z^{0.50} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.20) \text{ per sabbie;}$$

$$\beta = 2.0 - 0.147 \cdot z^{0.75} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.80) \text{ per sabbie ghiaiose;}$$

σ'_{v0} tensione verticale efficace alla quota di riferimento.

$$\tau_{us,max} = 150 \text{ kPa (resistenza laterale massima in terreno incoerente)}$$

7.3.2 Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite si utilizzano le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

A_p area della base del palo,

q_{bl} portata limite specifica di base.

7.3.2.1 Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi è valutata con la seguente relazione:

$$q_{b,ult} \text{ (kPa)} = 9 \cdot c_{u,k}$$

dove:

$c_{u,k}$ valore caratteristico della resistenza a taglio non drenata.

7.3.2.2 Depositi incoerenti

Il valore della portata di base allo stato critico (q_{bcr}) è stato valutato, considerando un rapporto fra il cedimento della base del palo ed il diametro del palo pari al 10%.

Generalmente sono disponibili dati di prove SPT, da cui si possono utilizzare le indicazioni di Reese e O'Neill, 1999, Fioravante et al., 1995: ([28][29][30])

$$q_{bcr, 0.1} = 75 N_{SPT} < 4000 \text{ kPa.}$$

Quando sono disponibili dati penetrometrici, si può considerare la seguente espressione (Salgado 2006, Ghionna et al., 1994):[31]

$$q_{bcr, 0.1} \cong 0.10 \div 0.16 q_c,$$

dove l'estremo inferiore può essere assunto per sabbie molto addensate e l'estremo superiore per sabbie mediamente addensate.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 50 di 139</p> |

7.3.2.3 Terreni stratificati

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite sono analoghi a quelli descritti precedentemente. Tuttavia, in accordo a quanto discusso in Meyerhof (1976),[30] la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi si riduce rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo (v. figura seguente). Pertanto, nel caso di terreno stratificato, la mobilitazione dell'intera resistenza di base disponibile è subordinata alla condizione che il palo penetri nello strato portante per almeno 3 diametri. Viceversa, con l'avvicinarsi della base del palo ad uno strato inferiore di minore resistenza, la portata si riduce linearmente fino all'interfaccia tra gli strati, laddove eguaglia il valore di rottura dell'unità più debole (vedasi Figura 22).

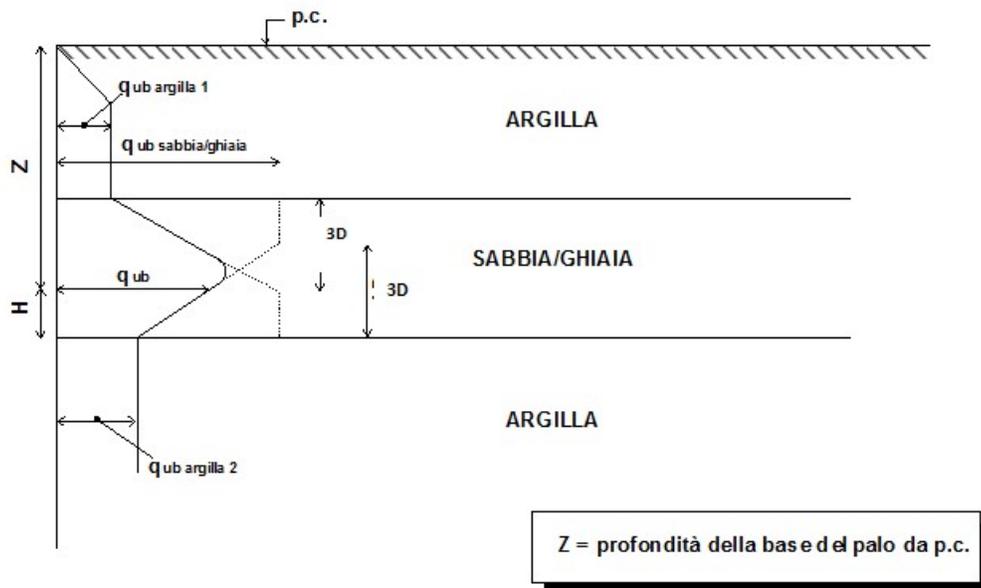


Figura 22 - Criterio di valutazione della pressione ultima di base (q_{ub}) in terreni stratificati

7.4 Stratigrafia di calcolo e fattori parziali

I calcoli sono stati eseguiti con riferimento alla stratigrafia riportata al punto 4.3.

La testa pali è stata considerata a 1.5 dal p.c.

La falda è stata considerata coincidente con il p.c.

Tenuto conto delle indagini a disposizione, e del fatto che la stratigrafia è da considerarsi come ragionevolmente cautelativa rispetto alle condizioni medie del sito, si è considerato un valore di $\xi_4 = 1.55$.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 51 di 139 |

7.5 Risultati

Si riportano di seguito le curve di capacità portante del palo singolo, calcolate sulla base della metodologia di calcolo discussa nei capitoli precedenti, sia per pali D=1000 che per pali D=800. Coerentemente a quanto dichiarato nel Capitolo 6, per quanto riguarda le condizioni sismiche, si faccia riferimento alle curve agli SLU.

I tabulati di calcolo sono riportati in ALLEGATO 10 - ALLEGATO 11 -

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 52 di 139</p> |

| Lpalo m | CURVE SLE | | | CURVE SLU | | | | |
|------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Q _i kN | Q _b kN | Q _{TOT} kN | Q _{L,c,d} kN | Q _{L,tr,d} kN | Q _{b,d} kN | Q _{TOT,c,d} kN | Q _{TOT,tr,d} kN |
| 0.00 | 0 | 302 | 302 | 0 | 0 | 144 | 144 | 0 |
| 0.50 | 23 | 302 | 323 | 13 | 12 | 144 | 155 | 13 |
| 1.00 | 52 | 302 | 351 | 29 | 27 | 144 | 169 | 30 |
| 1.50 | 86 | 302 | 383 | 48 | 44 | 144 | 186 | 49 |
| 2.00 | 131 | 302 | 426 | 73 | 68 | 144 | 210 | 74 |
| 2.50 | 193 | 493 | 678 | 108 | 100 | 236 | 334 | 107 |
| 3.00 | 268 | 684 | 943 | 150 | 138 | 327 | 465 | 147 |
| 3.50 | 350 | 875 | 1214 | 196 | 181 | 418 | 600 | 191 |
| 4.00 | 438 | 1066 | 1492 | 246 | 226 | 509 | 739 | 238 |
| 4.50 | 533 | 1257 | 1776 | 299 | 275 | 601 | 881 | 289 |
| 5.00 | 633 | 1257 | 1875 | 355 | 327 | 601 | 935 | 342 |
| 5.50 | 739 | 1257 | 1979 | 415 | 381 | 601 | 993 | 398 |
| 6.00 | 850 | 1257 | 2088 | 477 | 439 | 601 | 1053 | 457 |
| 6.50 | 965 | 1257 | 2202 | 541 | 498 | 601 | 1116 | 518 |
| 7.00 | 1085 | 1257 | 2320 | 609 | 560 | 601 | 1181 | 581 |
| 7.50 | 1209 | 1257 | 2443 | 678 | 624 | 601 | 1248 | 647 |
| 8.00 | 1336 | 1257 | 2569 | 750 | 690 | 601 | 1318 | 714 |
| 8.50 | 1467 | 1257 | 2698 | 823 | 757 | 601 | 1389 | 783 |
| 9.00 | 1601 | 1257 | 2831 | 898 | 826 | 601 | 1462 | 853 |
| 9.50 | 1739 | 1257 | 2966 | 976 | 898 | 601 | 1538 | 926 |
| 10.00 | 1865 | 1257 | 3091 | 1046 | 963 | 601 | 1606 | 993 |
| 10.50 | 1966 | 1257 | 3191 | 1103 | 1015 | 601 | 1661 | 1046 |
| 11.00 | 2055 | 1257 | 3278 | 1153 | 1061 | 601 | 1709 | 1094 |
| 11.50 | 2145 | 1257 | 3367 | 1203 | 1107 | 601 | 1757 | 1142 |
| 12.00 | 2236 | 1257 | 3456 | 1254 | 1154 | 601 | 1806 | 1190 |
| 12.50 | 2328 | 1257 | 3547 | 1306 | 1202 | 601 | 1856 | 1239 |
| 13.00 | 2421 | 1257 | 3638 | 1358 | 1250 | 601 | 1906 | 1289 |
| 13.50 | 2514 | 1257 | 3730 | 1410 | 1298 | 601 | 1956 | 1338 |
| 14.00 | 2608 | 1257 | 3822 | 1463 | 1346 | 601 | 2007 | 1388 |
| 14.50 | 2702 | 1257 | 3914 | 1516 | 1395 | 601 | 2058 | 1438 |
| 15.00 | 2796 | 1257 | 4007 | 1569 | 1443 | 601 | 2108 | 1488 |
| 15.50 | 2890 | 1257 | 4100 | 1621 | 1492 | 601 | 2159 | 1538 |
| 16.00 | 2984 | 1257 | 4192 | 1674 | 1540 | 601 | 2210 | 1588 |
| 16.50 | 3078 | 1257 | 4285 | 1727 | 1589 | 601 | 2260 | 1638 |
| 17.00 | 3171 | 1257 | 4377 | 1779 | 1637 | 601 | 2310 | 1688 |
| 17.50 | 3265 | 1257 | 4468 | 1832 | 1685 | 601 | 2361 | 1738 |
| 18.00 | 3357 | 1257 | 4559 | 1883 | 1733 | 601 | 2411 | 1787 |
| 18.50 | 3449 | 1257 | 4650 | 1935 | 1780 | 601 | 2460 | 1836 |
| 19.00 | 3540 | 1257 | 4739 | 1986 | 1827 | 601 | 2509 | 1884 |
| 19.50 | 3630 | 1257 | 4828 | 2036 | 1874 | 601 | 2558 | 1932 |
| 20.00 | 3719 | 1257 | 4915 | 2086 | 1919 | 601 | 2606 | 1980 |
| 20.50 | 3807 | 1257 | 5002 | 2136 | 1965 | 601 | 2653 | 2027 |
| 21.00 | 3894 | 1257 | 5087 | 2185 | 2010 | 601 | 2700 | 2073 |
| 21.50 | 3979 | 1257 | 5171 | 2232 | 2054 | 601 | 2745 | 2119 |
| 22.00 | 4063 | 1257 | 5253 | 2279 | 2097 | 601 | 2791 | 2163 |
| 22.50 | 4145 | 1257 | 5334 | 2325 | 2139 | 601 | 2834 | 2207 |
| 23.00 | 4225 | 1257 | 5413 | 2370 | 2181 | 601 | 2877 | 2250 |
| 23.50 | 4304 | 1257 | 5490 | 2415 | 2221 | 601 | 2920 | 2292 |
| 24.00 | 4381 | 1257 | 5565 | 2458 | 2261 | 601 | 2961 | 2334 |
| 24.50 | 4456 | 1257 | 5638 | 2500 | 2300 | 601 | 3001 | 2374 |
| 25.00 | 4530 | 1257 | 5711 | 2541 | 2338 | 601 | 3040 | 2413 |

Figura 23 – Riassunto curve di capacità portante SLU/SLE per pali D=800 mm

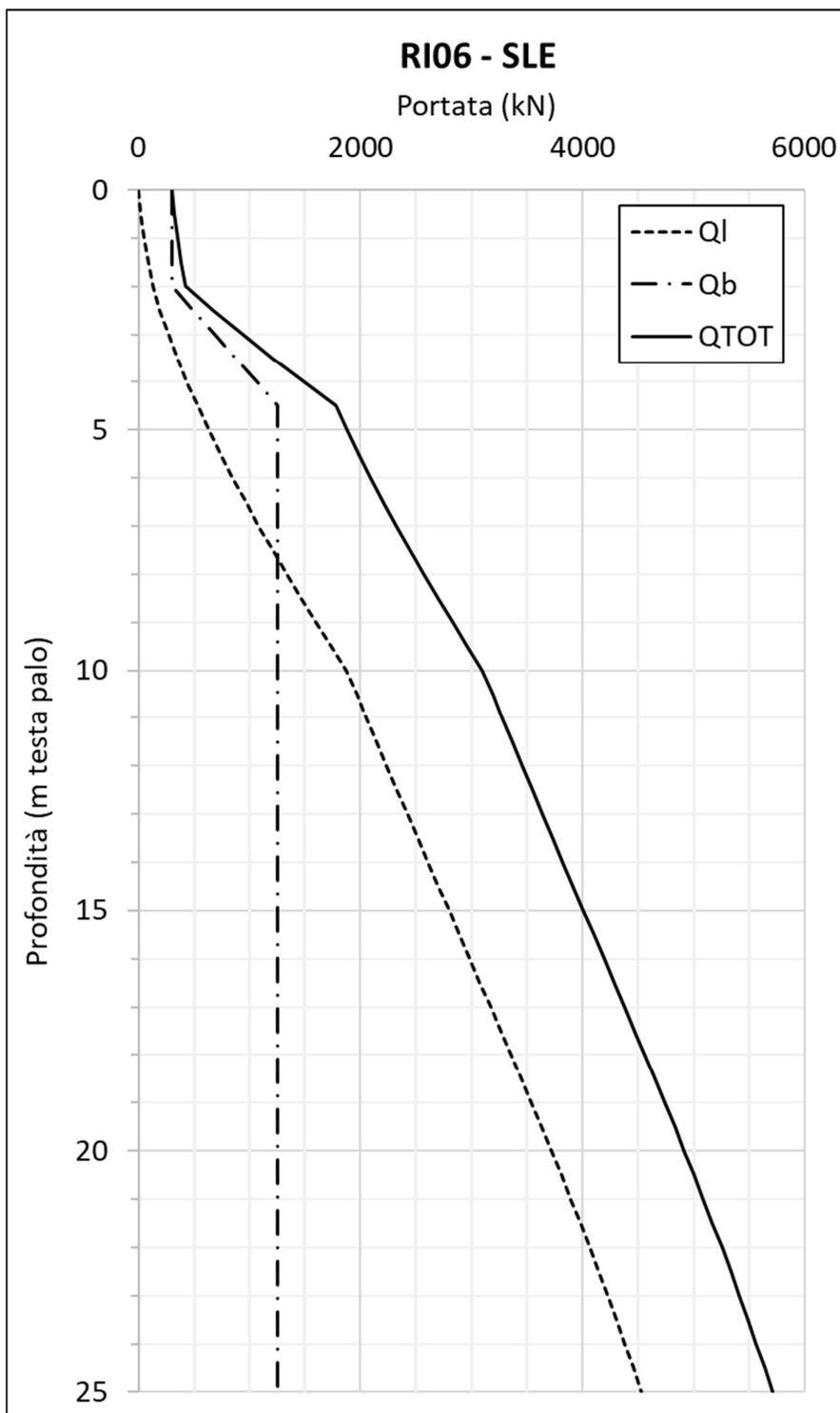


Figura 24 – Curve di carico limite ultimo (SLE) per pali D=800 mm

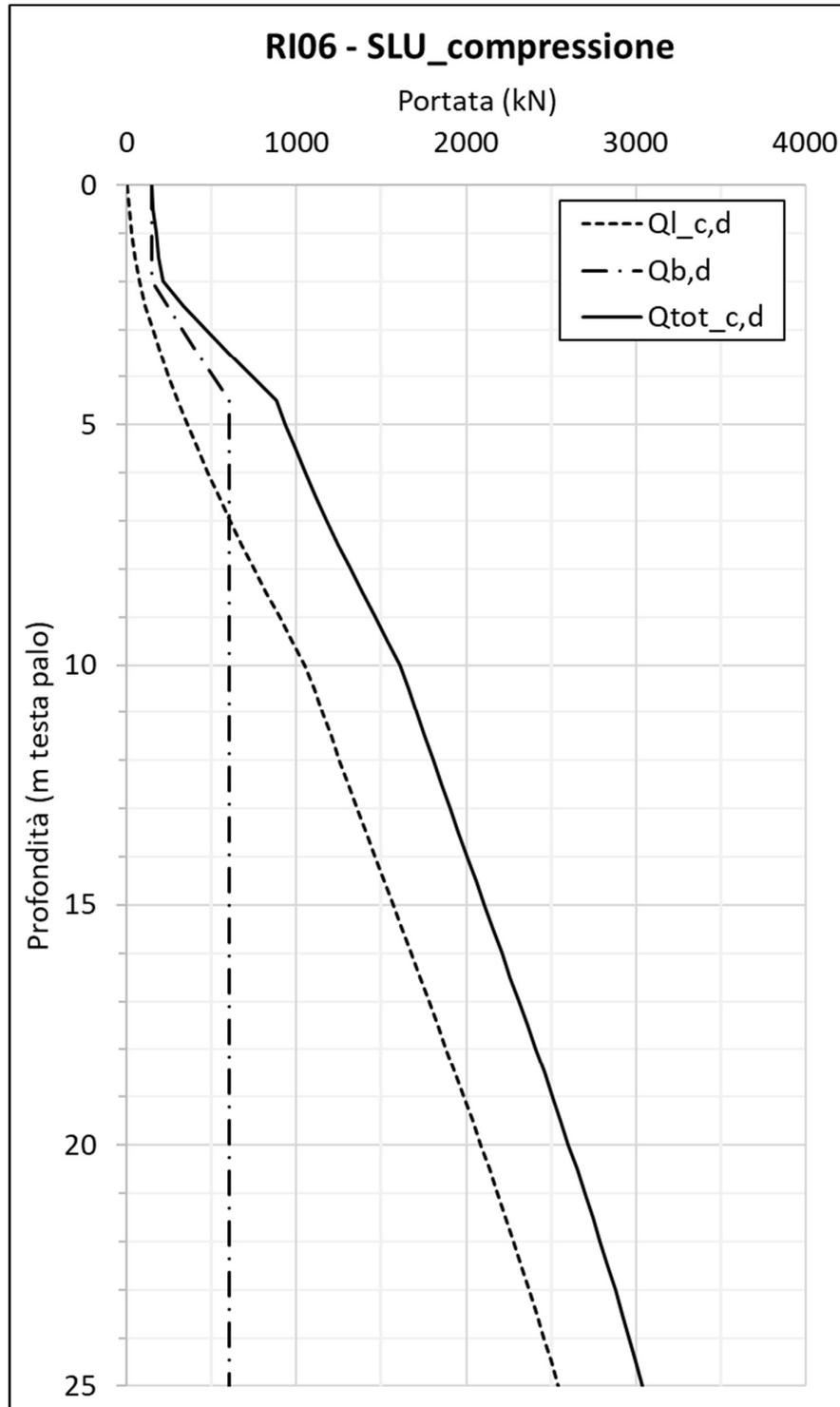


Figura 25 – Curve di resistenza di progetto (SLU), compressione per pali D=800 mm

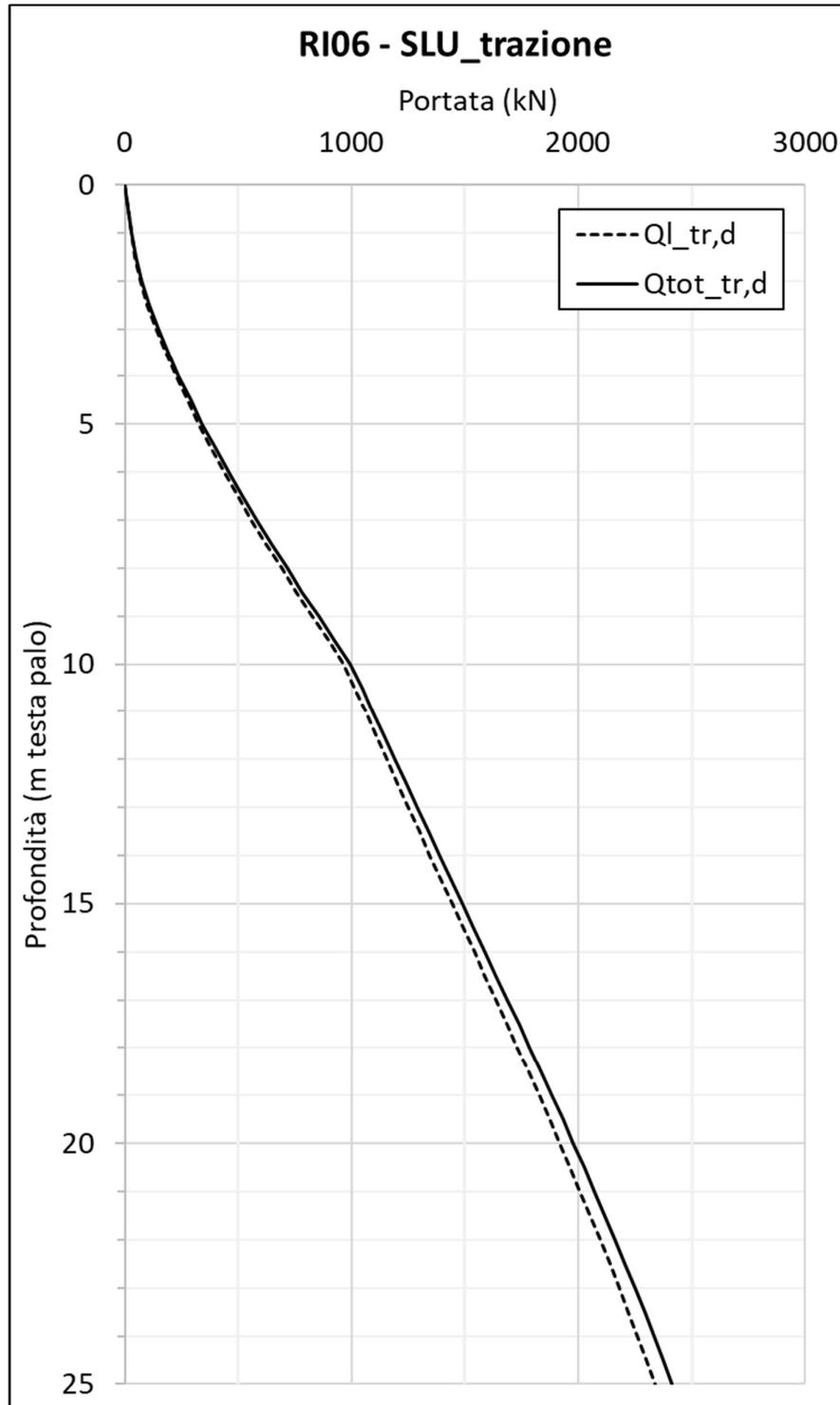


Figura 26 – Curve di resistenza di progetto (SLU), trazione per pali D=800 mm

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

11

EI2RBRI0600001B

56 di 139

| Lpalo m | CURVE SLE | | | CURVE SLU | | | | |
|------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Q _i kN | Q _b kN | Q _{tot} kN | Q _{i,c,d} kN | Q _{i,tr,d} kN | Q _{b,d} kN | Q _{tot,c,d} kN | Q _{tot,tr,d} kN |
| 0.00 | 0 | 471 | 471 | 0 | 0 | 225 | 225 | 0 |
| 0.50 | 29 | 471 | 498 | 16 | 15 | 225 | 239 | 17 |
| 1.00 | 65 | 471 | 532 | 36 | 34 | 225 | 255 | 39 |
| 1.50 | 107 | 471 | 572 | 60 | 55 | 225 | 276 | 62 |
| 2.00 | 163 | 471 | 625 | 91 | 84 | 225 | 304 | 93 |
| 2.50 | 241 | 720 | 949 | 135 | 124 | 344 | 463 | 136 |
| 3.00 | 335 | 969 | 1290 | 188 | 173 | 463 | 632 | 187 |
| 3.50 | 437 | 1217 | 1638 | 245 | 226 | 582 | 805 | 242 |
| 4.00 | 548 | 1466 | 1995 | 307 | 283 | 701 | 982 | 302 |
| 4.50 | 666 | 1715 | 2360 | 374 | 344 | 820 | 1165 | 365 |
| 5.00 | 791 | 1963 | 2731 | 444 | 408 | 938 | 1349 | 432 |
| 5.50 | 924 | 1963 | 2861 | 518 | 477 | 938 | 1421 | 503 |
| 6.00 | 1062 | 1963 | 2997 | 596 | 548 | 938 | 1496 | 576 |
| 6.50 | 1206 | 1963 | 3139 | 677 | 622 | 938 | 1573 | 653 |
| 7.00 | 1356 | 1963 | 3286 | 761 | 700 | 938 | 1654 | 733 |
| 7.50 | 1511 | 1963 | 3439 | 848 | 780 | 938 | 1739 | 815 |
| 8.00 | 1670 | 1963 | 3596 | 937 | 862 | 938 | 1824 | 900 |
| 8.50 | 1834 | 1963 | 3758 | 1029 | 947 | 938 | 1913 | 987 |
| 9.00 | 2002 | 1963 | 3923 | 1123 | 1033 | 938 | 2005 | 1075 |
| 9.50 | 2173 | 1963 | 4092 | 1219 | 1122 | 938 | 2096 | 1167 |
| 10.00 | 2331 | 1963 | 4247 | 1308 | 1203 | 938 | 2182 | 1250 |
| 10.50 | 2457 | 1963 | 4371 | 1378 | 1268 | 938 | 2250 | 1317 |
| 11.00 | 2568 | 1963 | 4480 | 1441 | 1325 | 938 | 2309 | 1377 |
| 11.50 | 2681 | 1963 | 4590 | 1504 | 1384 | 938 | 2369 | 1438 |
| 12.00 | 2795 | 1963 | 4702 | 1568 | 1443 | 938 | 2429 | 1500 |
| 12.50 | 2910 | 1963 | 4815 | 1633 | 1502 | 938 | 2491 | 1561 |
| 13.00 | 3026 | 1963 | 4928 | 1698 | 1562 | 938 | 2553 | 1623 |
| 13.50 | 3142 | 1963 | 5042 | 1763 | 1622 | 938 | 2614 | 1686 |
| 14.00 | 3259 | 1963 | 5157 | 1828 | 1682 | 938 | 2677 | 1748 |
| 14.50 | 3377 | 1963 | 5272 | 1895 | 1743 | 938 | 2741 | 1811 |
| 15.00 | 3495 | 1963 | 5387 | 1961 | 1804 | 938 | 2803 | 1875 |
| 15.50 | 3612 | 1963 | 5503 | 2026 | 1864 | 938 | 2866 | 1937 |
| 16.00 | 3730 | 1963 | 5618 | 2093 | 1925 | 938 | 2929 | 2000 |
| 16.50 | 3847 | 1963 | 5733 | 2158 | 1986 | 938 | 2991 | 2064 |
| 17.00 | 3964 | 1963 | 5848 | 2224 | 2046 | 938 | 3054 | 2126 |
| 17.50 | 4081 | 1963 | 5962 | 2289 | 2106 | 938 | 3117 | 2188 |
| 18.00 | 4196 | 1963 | 6075 | 2354 | 2166 | 938 | 3177 | 2251 |
| 18.50 | 4311 | 1963 | 6187 | 2419 | 2225 | 938 | 3239 | 2312 |
| 19.00 | 4425 | 1963 | 6299 | 2482 | 2284 | 938 | 3299 | 2374 |
| 19.50 | 4538 | 1963 | 6409 | 2546 | 2342 | 938 | 3360 | 2434 |
| 20.00 | 4649 | 1963 | 6518 | 2608 | 2399 | 938 | 3419 | 2493 |
| 20.50 | 4759 | 1963 | 6626 | 2670 | 2456 | 938 | 3477 | 2553 |
| 21.00 | 4867 | 1963 | 6732 | 2730 | 2512 | 938 | 3535 | 2611 |
| 21.50 | 4974 | 1963 | 6836 | 2790 | 2567 | 938 | 3592 | 2668 |
| 22.00 | 5078 | 1963 | 6938 | 2849 | 2621 | 938 | 3647 | 2725 |
| 22.50 | 5181 | 1963 | 7039 | 2907 | 2674 | 938 | 3702 | 2780 |
| 23.00 | 5282 | 1963 | 7137 | 2963 | 2726 | 938 | 3756 | 2834 |
| 23.50 | 5380 | 1963 | 7233 | 3018 | 2777 | 938 | 3806 | 2888 |
| 24.00 | 5476 | 1963 | 7326 | 3072 | 2826 | 938 | 3858 | 2939 |
| 24.50 | 5569 | 1963 | 7417 | 3124 | 2874 | 938 | 3907 | 2989 |
| 25.00 | 5662 | 1963 | 7508 | 3176 | 2922 | 938 | 3955 | 3040 |
| 25.50 | 5757 | 1963 | 7600 | 3230 | 2971 | 938 | 4006 | 3091 |
| 26.00 | 5853 | 1963 | 7694 | 3284 | 3021 | 938 | 4056 | 3144 |
| 26.50 | 5951 | 1963 | 7790 | 3339 | 3071 | 938 | 4108 | 3196 |
| 27.00 | 6051 | 1963 | 7887 | 3395 | 3123 | 938 | 4161 | 3250 |
| 27.50 | 6153 | 1963 | 7987 | 3452 | 3176 | 938 | 4215 | 3306 |
| 28.00 | 6256 | 1963 | 8088 | 3510 | 3229 | 938 | 4270 | 3361 |
| 28.50 | 6361 | 1963 | 8190 | 3569 | 3283 | 938 | 4326 | 3417 |
| 29.00 | 6468 | 1963 | 8295 | 3629 | 3338 | 938 | 4382 | 3475 |
| 29.50 | 6577 | 1963 | 8401 | 3690 | 3395 | 938 | 4440 | 3534 |
| 30.00 | 6687 | 1963 | 8509 | 3751 | 3451 | 938 | 4499 | 3592 |

Figura 27 – Riassunto curve di capacità portante SLU/SLE per pali D=1000 mm

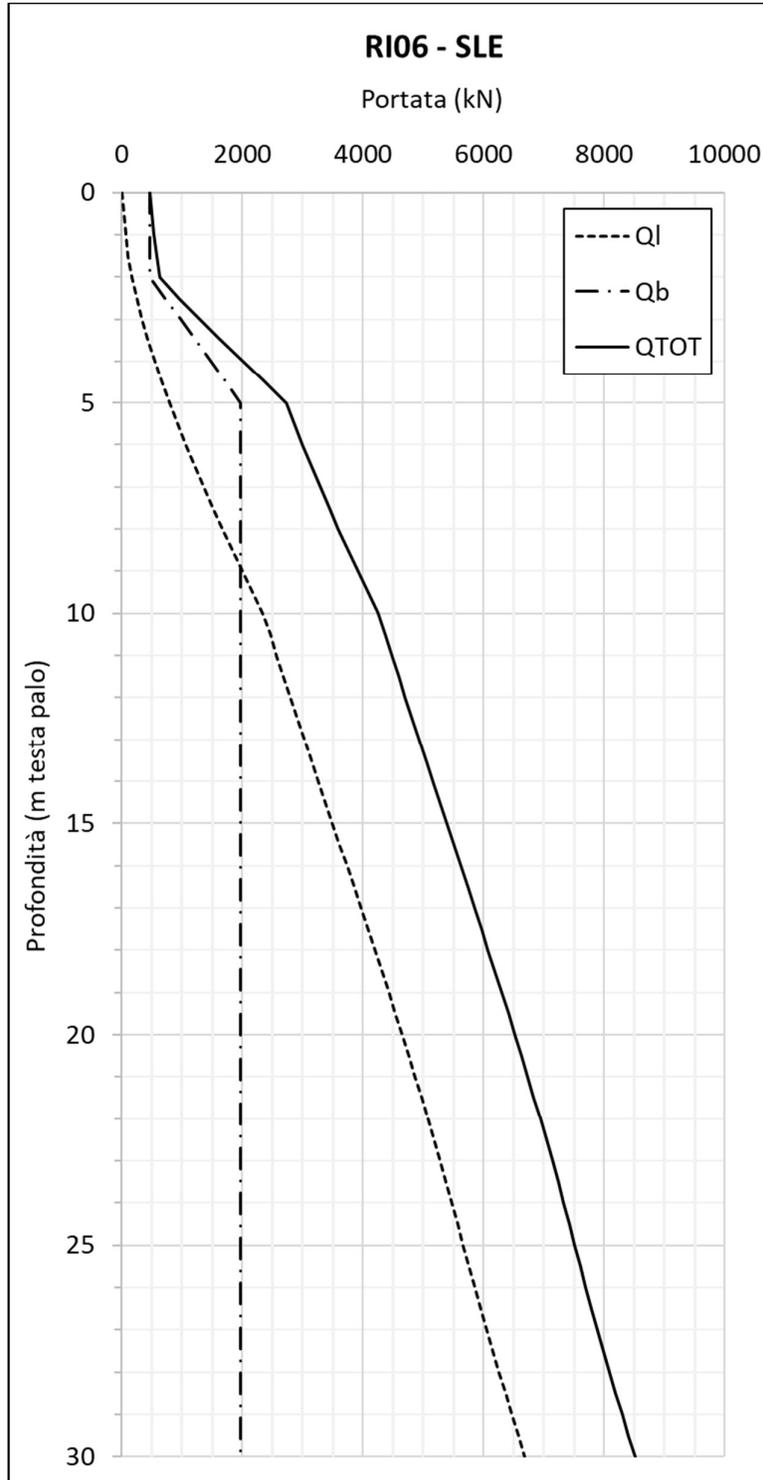


Figura 28 – Curve di carico limite ultimo (SLE) per pali D=1000 mm

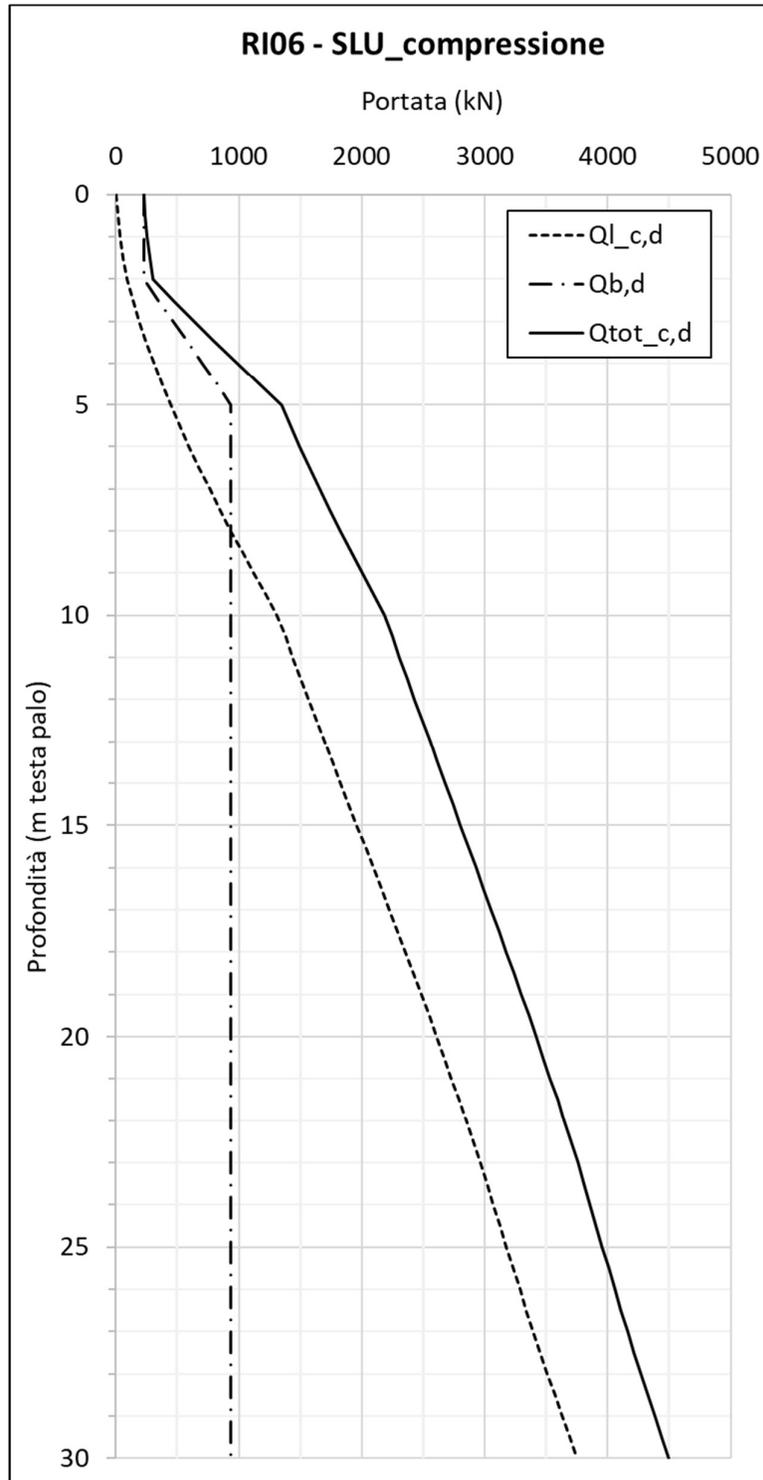


Figura 29 – Curve di resistenza di progetto (SLU), compressione per pali D=1000 mm

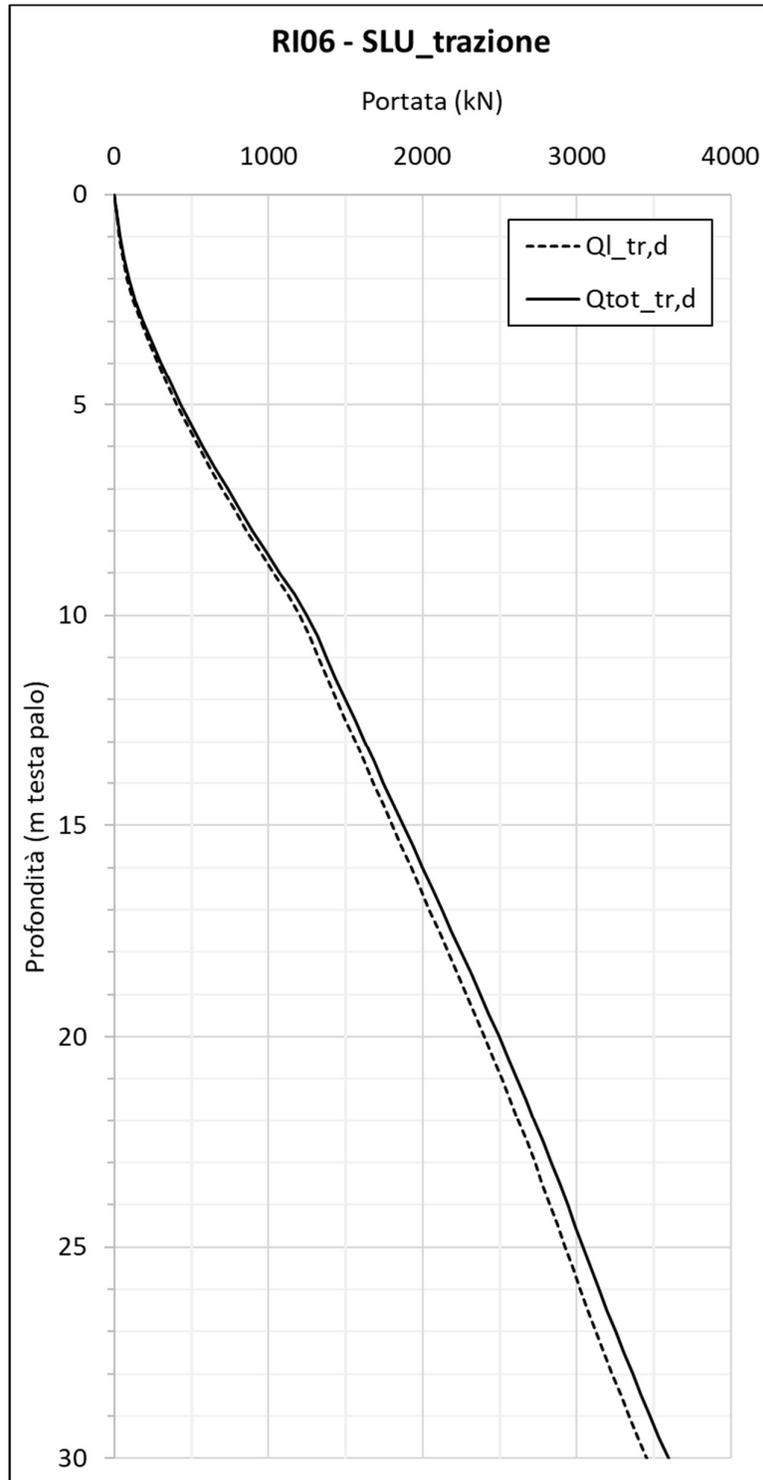


Figura 30 – Curve di resistenza di progetto (SLU), trazione per pali D=1000 mm

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 60 di 139 |

8 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|-----------------|-----------|
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 11 | EI2RBRI0600001B | 61 di 139 |

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|-----------------|-----------|
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 11 | EI2RBRI0600001B | 62 di 139 |

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

| | | | | |
|---|--|---------------------|------------------------------------|----------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>R110a Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica EI2GERI10A0001</p> | <p>A</p> |

ALLEGATO 2 - SONDAGGI



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

65 di 139



| | |
|--|------------------------|
| Committente: IricAV Due | Sondaggio: PT PE 02 |
| Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI | Data: 15/01/2021 |
| Coordinate: 45° 25' 51.51" N - 11° 02' 39.81" E | Quota: 45,006 m s.l.m. |
| Perforazione: Pozzetto esplorativo, attrezzatura MINI ESCAVATORE, prog. km 1+800 | |

SCALA 1:15

STRATIGRAFIA - PT PE 02

Pagina 1/1

| Ø mm | R v | metri | Prel. % 0-100 | RQD % 0-100 | Litologia | prof. m | Quota m | Spess. m | Descrizione | Campioni | RP | Standard Penetration Test | | | prove in foro | A r s | Pz |
|---------|--------|-------|------------------|----------------|-----------|------------|------------|-------------|---|------------------------|----|---------------------------|-----|---|---------------------|-------------|----|
| | | | | | | | | | | | | m | SPT | N | | | |
| | | | | | | 0.3 | 44.7 | 0.3 | Terreno vegetale; limo colore grigio bruno con ghiaia media e grossa, arrotondata, poligenica e occasionali ciottoli Ø max. 7 cm. Presenti frammenti di cotto e laterizi. | CR1) Rim: 0.10 0.30 | | | | | | | |
| | | | | | | 0.4 | 44.6 | 0.1 | Limo colore grigio bruno con ghiaia media e grossa, arrotondata, poligenica e occasionali ciottoli Ø max. 7 cm. Presenti frammenti di cotto e laterizi. Limo debolmente sabbioso, colore nocciola con occasionali apparati radicali. | | | | | | | | |
| | | | | | | 1.1 | 43.9 | 0.7 | Sabbia da con limo a limosa, fine, colore da grigio a nocciola. | CR2) Rim: 1.30 1.50 | | | | | | | |
| | | | | | | 2.5 | 42.5 | 1.4 | | CR3) Rim: 2.30 2.50 | | | | | | | |

Prelevati n. 3 campioni rimaneggiati.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 67 di 139</p> |

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO (SEZIONE 73)

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI06_01a_pali
 Slide Modeler Version: 7.029
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 15/03/2021, 16:48:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used
 Bishop simplified

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

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

69 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Groundwater Analysis

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

4 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



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

70 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Material Properties

| Property | Rilevato | Sabbie con limo | Ghiale | Sabbie | CA |
|----------------------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
| Color | | | | | |
| Strength Type | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Infinite strength |
| Unit Weight [kN/m ³] | 20 | 19 | 19 | 19 | 25 |
| Cohesion [kPa] | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Friction Angle [deg] | 38 | 30 | 37 | 37 | 0 |
| Water Surface | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table |
| Hu Value | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Support Properties

Palo1000_NoArm

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 3 m
Pile Shear Strength: 297 kN
Force Direction: Perpendicular to Pile

Global Miniums

Method: bishop simplified

| FS | 1.483260 |
|------------------------------|------------------------|
| Center: | 43.177, 57.243 |
| Radius: | 15.409 |
| Left Slip Surface Endpoint: | 28.943, 51.340 |
| Right Slip Surface Endpoint: | 52.587, 45.040 |
| Left Slope Intercept: | 28.943 51.340 |
| Right Slope Intercept: | 52.587 49.400 |
| Resisting Moment: | 18931.1 kN-m |
| Driving Moment: | 12763.2 kN-m |
| Passive Support Moment: | 2949.06 kN-m |
| Total Slice Area: | 154.184 m ² |
| Surface Horizontal Width: | 23.6436 m |
| Surface Average Height: | 6.52119 m |

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 790
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.48326

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [degrees] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|-------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0.484882 | 5.11564 | -65.3169 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 23.0391 | 34.173 | 54.6743 | 0 | 54.6743 | 104.804 | 104.804 |
| 2 | 0.484882 | 14.5224 | -61.2814 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 29.5854 | 43.8828 | 70.2093 | 0 | 70.2093 | 124.206 | 124.206 |
| 3 | 0.484155 | 22.4959 | -57.7194 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 34.62 | 51.3505 | 85.9164 | 3.75935 | 82.1571 | 140.721 | 136.962 |
| 4 | 0.484155 | 29.491 | -54.4842 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 38.2387 | 56.718 | 101.591 | 10.8461 | 90.7446 | 155.168 | 144.322 |
| 5 | 0.484155 | 35.721 | -51.4889 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 41.5665 | 61.654 | 115.8 | 17.1578 | 98.6418 | 168.035 | 150.877 |
| 6 | 0.484155 | 41.333 | -48.6798 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 40.9202 | 60.6953 | 119.951 | 22.8433 | 97.1081 | 166.497 | 143.653 |
| 7 | 0.484155 | 46.4284 | -46.0201 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 24.1414 | 35.808 | 85.2956 | 28.0054 | 57.2902 | 110.312 | 82.307 |
| 8 | 0.484155 | 51.0806 | -43.4831 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 26.2539 | 38.9413 | 95.0219 | 32.7186 | 62.3033 | 119.921 | 87.2026 |
| 9 | 0.484155 | 55.3449 | -41.0489 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 50.2291 | 74.5028 | 156.238 | 37.0388 | 119.199 | 199.977 | 162.938 |

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

11

EI2RBRI0600001B

71 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------|----------|-----------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10 | 0.484155 | 59.2641 | -38.7018 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 55.3341 | 82.0748 | 172.324 | 41.0094 | 131.314 | 216.657 | 175.648 |
| 11 | 0.484155 | 62.8722 | -36.4296 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 57.6771 | 85.5502 | 181.539 | 44.6648 | 136.874 | 224.108 | 179.444 |
| 12 | 0.484155 | 66.1967 | -34.2222 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 59.9162 | 88.8713 | 190.22 | 48.0328 | 142.187 | 230.973 | 182.94 |
| 13 | 0.484155 | 69.2598 | -32.0713 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 62.0603 | 92.0516 | 198.413 | 51.1361 | 147.276 | 237.3 | 186.163 |
| 14 | 0.484155 | 72.0803 | -29.97 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 64.117 | 95.1022 | 206.15 | 53.9935 | 152.156 | 243.123 | 189.129 |
| 15 | 0.484155 | 74.6738 | -27.9122 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 41.27 | 61.2142 | 154.559 | 56.621 | 97.9383 | 176.422 | 119.801 |
| 16 | 0.467995 | 74.3931 | -25.9261 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 30.9336 | 45.8825 | 158.333 | 58.9949 | 99.3385 | 173.371 | 114.376 |
| 17 | 0.467995 | 76.9358 | -24.0062 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 28.4515 | 42.201 | 152.501 | 61.1332 | 91.3678 | 165.172 | 104.039 |
| 18 | 0.467995 | 80.6072 | -22.1145 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 30.1736 | 44.7553 | 159.986 | 63.0883 | 96.8982 | 172.248 | 109.159 |
| 19 | 0.467995 | 82.2202 | -20.2479 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 30.9549 | 45.9142 | 164.275 | 64.8679 | 99.4072 | 175.694 | 110.826 |
| 20 | 0.467995 | 83.68 | -18.4035 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 31.6963 | 47.0138 | 168.266 | 66.4784 | 101.788 | 178.812 | 112.334 |
| 21 | 0.467995 | 84.9917 | -16.5787 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 32.3987 | 48.0557 | 171.969 | 67.9256 | 104.044 | 181.615 | 113.689 |
| 22 | 0.467995 | 86.377 | -14.771 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 33.1969 | 49.2396 | 175.821 | 69.2142 | 106.607 | 184.574 | 115.36 |
| 23 | 0.467995 | 92.7056 | -12.9783 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 37.1165 | 55.0534 | 189.543 | 70.3485 | 119.194 | 198.097 | 127.748 |
| 24 | 0.467995 | 103.921 | -11.1984 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 44.2109 | 65.5763 | 213.309 | 71.332 | 141.977 | 222.062 | 150.73 |
| 25 | 0.467995 | 79.4272 | -9.42943 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 28.8839 | 42.8424 | 164.924 | 72.1677 | 92.7566 | 169.721 | 97.5535 |
| 26 | 0.467995 | 51.4838 | -7.66948 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.1034 | 16.4693 | 108.515 | 72.8581 | 35.657 | 110.01 | 37.1522 |
| 27 | 0.467995 | 51.0079 | -5.91679 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.7355 | 15.9236 | 107.881 | 73.4051 | 34.4755 | 108.993 | 35.5881 |
| 28 | 0.467995 | 49.9792 | -4.16965 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.0432 | 14.8967 | 106.063 | 73.8103 | 32.2523 | 106.795 | 32.9845 |
| 29 | 0.467995 | 49.1113 | -2.42638 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.48613 | 14.0704 | 104.538 | 74.075 | 30.4633 | 104.94 | 30.8653 |
| 30 | 0.467995 | 49.2122 | 0.685358 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.60371 | 14.2448 | 105.04 | 74.1997 | 30.8407 | 105.155 | 30.9556 |
| 31 | 0.467995 | 49.0637 | 1.05503 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.60027 | 14.2397 | 105.015 | 74.1849 | 30.8298 | 104.838 | 30.653 |
| 32 | 0.467995 | 48.7569 | 2.79639 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.53413 | 14.1416 | 104.648 | 74.0305 | 30.6175 | 104.182 | 30.1518 |
| 33 | 0.467995 | 48.3233 | 4.54034 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.42525 | 13.9801 | 104.004 | 73.7361 | 30.2677 | 103.255 | 29.5193 |
| 34 | 0.467995 | 47.7623 | 6.28853 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.27262 | 13.7537 | 103.078 | 73.3008 | 29.7776 | 102.057 | 28.7558 |
| 35 | 0.467995 | 47.1657 | 8.04262 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.13926 | 13.5559 | 102.073 | 72.7235 | 29.3494 | 100.781 | 28.058 |
| 36 | 0.467995 | 46.5121 | 9.80433 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.0117 | 13.3667 | 100.942 | 72.0025 | 28.9397 | 99.3849 | 27.3824 |
| 37 | 0.467995 | 45.7264 | 11.5755 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.83749 | 13.1083 | 99.5158 | 71.1356 | 28.3802 | 97.7057 | 26.5701 |
| 38 | 0.467995 | 44.8061 | 13.3579 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.61461 | 12.7777 | 97.7848 | 70.1203 | 27.6645 | 95.7392 | 25.6189 |
| 39 | 0.467995 | 43.7485 | 15.1536 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.34061 | 12.3713 | 95.7381 | 68.9536 | 26.7845 | 93.4792 | 24.5256 |
| 40 | 0.467995 | 42.5503 | 16.9647 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.01269 | 11.8849 | 93.3631 | 67.6316 | 25.7315 | 90.9188 | 23.2872 |
| 41 | 0.467995 | 41.2075 | 18.7935 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 7.62759 | 11.3137 | 90.6451 | 66.1502 | 24.4949 | 88.0494 | 21.8992 |
| 42 | 0.467995 | 39.7156 | 20.6424 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 7.18161 | 10.6522 | 87.5669 | 64.5042 | 23.0627 | 84.8615 | 20.3573 |
| 43 | 0.467995 | 38.0693 | 22.5141 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 6.67029 | 9.89377 | 84.1086 | 62.688 | 21.4206 | 81.3438 | 18.6558 |
| 44 | 0.467995 | 36.2626 | 24.4115 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 6.08831 | 9.03054 | 80.2464 | 60.6946 | 19.5518 | 77.4832 | 16.7886 |
| 45 | 0.467995 | 34.2882 | 26.3379 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 5.42941 | 8.05323 | 75.9521 | 58.5164 | 17.4357 | 73.2642 | 14.7478 |
| 46 | 0.467995 | 32.1379 | 28.2969 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 4.68605 | 6.95063 | 71.1926 | 56.1441 | 15.0485 | 68.6698 | 12.5257 |
| 47 | 0.467995 | 29.8022 | 30.2928 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 3.84897 | 5.70902 | 65.9277 | 53.5673 | 12.3604 | 63.6791 | 10.1118 |
| 48 | 0.467995 | 27.2698 | 32.3302 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 2.90675 | 4.31146 | 60.108 | 50.7734 | 9.33457 | 58.2683 | 7.49486 |

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

72 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 7

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------|---------|--------------------|---|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 49 | 0.467995 | 24.5275 | 34.4147 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 1.84501 | 2.73663 | 53.6729 | 47.7479 | 5.92502 | 52.4089 | 4.66102 |
| 50 | 0.467995 | 21.5595 | 36.5525 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 0.64534 | 0.957207 | 46.5459 | 44.4735 | 2.07237 | 46.0674 | 1.59393 |

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.48326

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 28.9432 | 51.34 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 29.4281 | 50.285 | 46.5192 | 0 | 0 |
| 3 | 29.913 | 49.4 | 94.3166 | 0 | 0 |
| 4 | 30.3972 | 48.6336 | 143.415 | 0 | 0 |
| 5 | 30.8813 | 47.9552 | 193.83 | 0 | 0 |
| 6 | 31.3655 | 47.3468 | 244.174 | 0 | 0 |
| 7 | 31.8496 | 46.7961 | 290.434 | 0 | 0 |
| 8 | 32.3338 | 46.2944 | 321.547 | 0 | 0 |
| 9 | 32.8179 | 45.8352 | 352.476 | 0 | 0 |
| 10 | 33.3021 | 45.4136 | 394.043 | 0 | 0 |
| 11 | 33.7862 | 45.0257 | 434.116 | 0 | 0 |
| 12 | 34.2704 | 44.6683 | 471.081 | 0 | 0 |
| 13 | 34.7545 | 44.339 | 504.732 | 0 | 0 |
| 14 | 35.2387 | 44.0357 | 534.898 | 0 | 0 |
| 15 | 35.7229 | 43.7565 | 561.431 | 0 | 0 |
| 16 | 36.207 | 43.5 | 581.105 | 0 | 0 |
| 17 | 36.675 | 43.2725 | 602.66 | 0 | 0 |
| 18 | 37.143 | 43.0641 | 621.139 | 0 | 0 |
| 19 | 37.611 | 42.8739 | 637.452 | 0 | 0 |
| 20 | 38.079 | 42.7013 | 584.589 | 0 | 0 |
| 21 | 38.547 | 42.5455 | 595.967 | 0 | 0 |
| 22 | 39.015 | 42.4062 | 604.774 | 0 | 0 |
| 23 | 39.483 | 42.2828 | 610.944 | 0 | 0 |
| 24 | 39.951 | 42.175 | 614.029 | 0 | 0 |
| 25 | 40.419 | 42.0823 | 613.116 | 0 | 0 |
| 26 | 40.887 | 42.0046 | 559.195 | 0 | 0 |
| 27 | 41.355 | 41.9416 | 454.085 | 0 | 0 |
| 28 | 41.823 | 41.8931 | 454.297 | 0 | 0 |
| 29 | 42.2909 | 41.859 | 453.218 | 0 | 0 |
| 30 | 42.7589 | 41.8391 | 450.855 | 0 | 0 |
| 31 | 43.2269 | 41.8335 | 446.951 | 0 | 0 |
| 32 | 43.6949 | 41.8421 | 441.556 | 0 | 0 |
| 33 | 44.1629 | 41.865 | 434.705 | 0 | 0 |
| 34 | 44.6309 | 41.9022 | 426.432 | 0 | 0 |
| 35 | 45.0989 | 41.9537 | 416.78 | 0 | 0 |
| 36 | 45.5669 | 42.0199 | 405.755 | 0 | 0 |
| 37 | 46.0349 | 42.1007 | 393.377 | 0 | 0 |
| 38 | 46.5029 | 42.1966 | 379.705 | 0 | 0 |
| 39 | 46.9709 | 42.3077 | 364.809 | 0 | 0 |
| 40 | 47.4389 | 42.4345 | 348.774 | 0 | 0 |
| 41 | 47.9069 | 42.5772 | 331.698 | 0 | 0 |
| 42 | 48.3749 | 42.7365 | 313.694 | 0 | 0 |
| 43 | 48.8429 | 42.9128 | 294.897 | 0 | 0 |
| 44 | 49.3109 | 43.1068 | 275.462 | 0 | 0 |
| 45 | 49.7789 | 43.3192 | 255.57 | 0 | 0 |
| 46 | 50.2469 | 43.5509 | 235.434 | 0 | 0 |
| 47 | 50.7149 | 43.8028 | 215.305 | 0 | 0 |
| 48 | 51.1829 | 44.0762 | 195.48 | 0 | 0 |
| 49 | 51.6508 | 44.3724 | 176.317 | 0 | 0 |
| 50 | 52.1188 | 44.693 | 158.246 | 0 | 0 |
| 51 | 52.5868 | 45.04 | 93.2421 | 0 | 0 |

List Of Coordinates

Water Table



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

73 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



| X | Y |
|--------|------|
| 0 | 49.4 |
| 39.83 | 49.4 |
| 52.527 | 49.4 |
| 85 | 49.4 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 16.27 | 54.27 |
| 7.93 | 54.27 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 36.7 | 51.34 |
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |
| 27.81 | 51.34 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |

External Boundary

| X | Y |
|---------|---------|
| 0 | 54.27 |
| 0 | 49.3959 |
| 0 | 43.5 |
| 0 | 41.5 |
| 0 | 33.5 |
| 0 | 15.5 |
| 85 | 15.5 |
| 85 | 33.5 |
| 85 | 41.5 |
| 85 | 43.5 |
| 85 | 45.04 |
| 45.0698 | 45.04 |
| 40.98 | 45.04 |
| 40.43 | 51.34 |
| 39.43 | 51.34 |
| 36.7 | 51.34 |
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |
| 27.81 | 51.34 |
| 18.73 | 51.34 |
| 18.24 | 54.27 |
| 16.27 | 54.27 |
| 7.93 | 54.27 |

Material Boundary

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

74 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

| X | Y |
|-------|-------|
| 39.43 | 51.34 |
| 39.43 | 50.52 |
| 39.83 | 50.52 |
| 39.83 | 44.57 |
| 37.03 | 44.57 |
| 37.03 | 43.5 |
| 42.03 | 43.5 |
| 42.03 | 44.57 |
| 40.98 | 44.57 |
| 40.98 | 45.04 |

Material Boundary

| X | Y |
|-------|------|
| 0 | 43.5 |
| 37.03 | 43.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|------|
| 42.03 | 43.5 |
| 43.0476 | 43.5 |
| 85 | 43.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|------|
| 0 | 41.5 |
| 85 | 41.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|------|
| 0 | 33.5 |
| 85 | 33.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 43.0476 | 43.5 |
| 45.0698 | 45.04 |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 75 di 139</p> |

ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO- CONDIZIONE DI SVASO RAPIDO (SEZIONE 73)

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

76 di 139

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI06_01a_pali_rapdiDD
Slide Modeler Version: 7.029
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 15/03/2021, 16:48:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

77 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Groundwater Analysis

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

4 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



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0600001B

Foglio
78 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Material Properties

| Property | Rilevato | Sabbie con limo | Ghiaie | Sabbie | CA |
|----------------------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
| Color | | | | | |
| Strength Type | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Infinite strength |
| Unit Weight [kN/m ³] | 20 | 19 | 19 | 19 | 25 |
| Cohesion [kPa] | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Friction Angle [deg] | 38 | 30 | 37 | 37 | |
| Water Surface | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table |
| Hu Value | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Support Properties

Palo1000_NoArm

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 3 m
Pile Shear Strength: 297 kN
Force Direction: Perpendicular to Pile

Global Minimums

Method: bishop simplified

| FS | 1.173970 |
|------------------------------|------------------------|
| Center: | 43.497, 57.411 |
| Radius: | 15.769 |
| Left Slip Surface Endpoint: | 28.943, 51.340 |
| Right Slip Surface Endpoint: | 53.275, 45.040 |
| Resisting Moment: | 18957.8 kN-m |
| Driving Moment: | 16148.5 kN-m |
| Passive Support Moment: | 3006.17 kN-m |
| Total Slice Area: | 107.005 m ² |
| Surface Horizontal Width: | 24.3314 m |
| Surface Average Height: | 4.3978 m |

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 789
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.17397

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [degrees] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|-------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0.485516 | 5.11278 | -65.2478 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 25.8907 | 30.3949 | 48.6296 | 0 | 48.6296 | 104.785 | 104.785 |
| 2 | 0.485516 | 14.5318 | -61.3034 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 33.5186 | 39.3498 | 62.9568 | 0 | 62.9568 | 124.188 | 124.188 |
| 3 | 0.473618 | 21.9452 | -57.8491 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 39.4603 | 46.3252 | 77.8129 | 3.69603 | 74.1169 | 140.594 | 136.898 |
| 4 | 0.473618 | 28.687 | -54.7413 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 43.7776 | 51.3936 | 92.9042 | 10.6781 | 82.2261 | 154.828 | 144.15 |
| 5 | 0.473618 | 34.7163 | -51.8573 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 47.7956 | 56.1106 | 106.695 | 16.9224 | 89.7728 | 167.558 | 150.635 |
| 6 | 0.473618 | 40.1667 | -49.1485 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 49.4181 | 58.0154 | 115.387 | 22.567 | 92.8204 | 172.535 | 149.968 |
| 7 | 0.473618 | 45.1312 | -46.581 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 27.9384 | 32.7988 | 80.1841 | 27.7084 | 52.4757 | 109.708 | 82 |
| 8 | 0.473618 | 49.6777 | -44.1302 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 30.5056 | 35.8127 | 89.7149 | 32.417 | 57.2979 | 119.308 | 86.891 |
| 9 | 0.473618 | 53.8577 | -41.7774 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 54.8417 | 64.3825 | 139.753 | 36.7461 | 103.007 | 188.749 | 152.003 |
| 10 | 0.473618 | 57.7114 | -39.5083 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 64.8827 | 76.1704 | 162.604 | 40.7371 | 121.867 | 216.105 | 175.368 |
| 11 | 0.473618 | 61.2706 | -37.3111 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 67.8677 | 79.6747 | 171.897 | 44.4231 | 127.474 | 223.619 | 179.196 |
| 12 | 0.473618 | 64.561 | -35.1765 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 70.743 | 83.0502 | 180.706 | 47.8309 | 132.875 | 230.566 | 182.735 |

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

 Progetto
IN17

 Lotto
11

 Codifica
EI2RBRI0600001B

 Foglio
79 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038


 rocscience

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

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------|----------|--------------------|---|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 13 | 0.473618 | 67.6041 | -33.0966 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 73.5183 | 86.3083 | 189.069 | 50.9824 | 138.086 | 236.988 | 186.006 |
| 14 | 0.473618 | 70.4175 | -31.0649 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 76.202 | 89.4589 | 197.025 | 53.8961 | 143.128 | 242.929 | 189.033 |
| 15 | 0.473618 | 73.0161 | -29.0759 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 57.9384 | 68.018 | 165.411 | 56.5873 | 108.824 | 197.627 | 141.04 |
| 16 | 0.491524 | 78.2449 | -27.0883 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 37.4979 | 44.0214 | 154.421 | 59.1121 | 95.309 | 173.6 | 114.488 |
| 17 | 0.491524 | 80.6242 | -25.0991 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 35.4081 | 41.5681 | 151.472 | 61.4745 | 89.9977 | 168.058 | 106.583 |
| 18 | 0.491524 | 85.1796 | -23.1419 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 36.9377 | 43.3637 | 157.519 | 63.6343 | 93.8852 | 173.307 | 109.672 |
| 19 | 0.491524 | 87.0514 | -21.2128 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 38.0612 | 44.6827 | 162.341 | 65.6005 | 96.7408 | 177.114 | 111.514 |
| 20 | 0.491524 | 88.7463 | -19.3087 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 39.1347 | 45.943 | 166.85 | 67.3809 | 99.4695 | 180.562 | 113.181 |
| 21 | 0.491524 | 90.2709 | -17.4265 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 40.1597 | 47.1463 | 171.057 | 68.9824 | 102.075 | 183.663 | 114.68 |
| 22 | 0.491524 | 91.9666 | -15.5635 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 41.38 | 48.5789 | 175.587 | 70.4106 | 105.176 | 187.112 | 116.701 |
| 23 | 0.491524 | 100.007 | -13.7173 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 47.3108 | 55.5415 | 191.921 | 71.6706 | 120.251 | 203.47 | 131.799 |
| 24 | 0.491524 | 109.906 | -11.8855 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 60.4745 | 70.9953 | 210.883 | 57.1732 | 153.71 | 223.611 | 166.438 |
| 25 | 0.491524 | 67.6488 | -10.066 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 35.9686 | 42.226 | 131.25 | 39.8275 | 91.4221 | 137.635 | 97.807 |
| 26 | 0.491524 | 33.5723 | -8.2567 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 13.6203 | 15.9898 | 66.327 | 31.7082 | 34.6188 | 68.3035 | 36.5953 |
| 27 | 0.491524 | 34.165 | -6.45565 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.0039 | 16.4401 | 67.9247 | 32.3308 | 35.5939 | 69.5093 | 37.1785 |
| 28 | 0.491524 | 32.3054 | -4.661 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.5513 | 14.7349 | 64.7022 | 32.8002 | 31.902 | 65.7255 | 32.9253 |
| 29 | 0.491524 | 32.2844 | -2.87092 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.5643 | 14.7501 | 65.0526 | 33.1177 | 31.9349 | 65.6827 | 32.565 |
| 30 | 0.491524 | 32.3831 | -1.08364 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.7308 | 14.9456 | 65.6422 | 33.2842 | 32.358 | 65.883 | 32.5988 |
| 31 | 0.491524 | 32.2178 | 0.702582 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.7484 | 14.9662 | 65.7029 | 33.3002 | 32.4027 | 65.5466 | 32.2464 |
| 32 | 0.491524 | 31.9058 | 2.48949 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.7073 | 14.918 | 65.4641 | 33.1658 | 32.2983 | 64.9116 | 31.7458 |
| 33 | 0.491524 | 31.4503 | 4.27882 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.6086 | 14.8021 | 64.928 | 32.8806 | 32.0474 | 63.9847 | 31.1041 |
| 34 | 0.491524 | 30.8946 | 6.07235 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.487 | 14.6594 | 64.1824 | 32.4438 | 31.7386 | 62.854 | 30.4102 |
| 35 | 0.491524 | 30.3244 | 7.87188 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.4153 | 14.5752 | 63.4101 | 31.8539 | 31.5562 | 61.6936 | 29.8397 |
| 36 | 0.491524 | 29.6156 | 9.67927 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.2902 | 14.4283 | 62.3476 | 31.1094 | 31.2382 | 60.2514 | 29.142 |
| 37 | 0.491524 | 28.7574 | 11.4964 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.1014 | 14.2067 | 60.9662 | 30.2078 | 30.7584 | 58.505 | 28.2972 |
| 38 | 0.491524 | 27.7469 | 13.3254 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.8457 | 13.9065 | 59.2548 | 29.1464 | 30.1084 | 56.449 | 27.3026 |
| 39 | 0.491524 | 26.5811 | 15.1684 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.5189 | 13.5229 | 57.1997 | 27.9218 | 29.2779 | 54.0769 | 26.1551 |
| 40 | 0.491524 | 25.2559 | 17.0276 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.1167 | 13.0507 | 54.7854 | 26.5298 | 28.2556 | 51.3808 | 24.851 |
| 41 | 0.491524 | 23.767 | 18.9054 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.6335 | 12.4834 | 51.9931 | 24.9658 | 27.0273 | 48.3513 | 23.3855 |
| 42 | 0.491524 | 22.1089 | 20.8046 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.063 | 11.8137 | 48.8014 | 23.224 | 25.5774 | 44.9779 | 21.7539 |
| 43 | 0.491524 | 20.2754 | 22.7281 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.3976 | 11.0325 | 45.1842 | 21.2981 | 23.8861 | 41.2477 | 19.9496 |
| 44 | 0.491524 | 18.2593 | 24.6791 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.62816 | 10.1292 | 41.1107 | 19.1803 | 21.9304 | 37.146 | 17.9657 |
| 45 | 0.491524 | 16.0523 | 26.6611 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 7.74353 | 9.09067 | 36.5438 | 16.862 | 19.6818 | 32.6558 | 15.7938 |
| 46 | 0.491524 | 13.6445 | 28.6782 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 6.73003 | 7.90085 | 31.4386 | 14.3327 | 17.1059 | 27.7573 | 13.4246 |
| 47 | 0.491524 | 11.0244 | 30.735 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 5.57049 | 6.53959 | 25.7391 | 11.5804 | 14.1587 | 22.427 | 10.8466 |
| 48 | 0.491524 | 8.17851 | 32.8368 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 4.24307 | 4.98124 | 19.3757 | 8.59102 | 10.7847 | 16.6374 | 8.04635 |
| 49 | 0.491524 | 5.09082 | 34.9897 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 2.71935 | 3.19244 | 12.2594 | 5.3476 | 6.91183 | 10.356 | 5.00845 |
| 50 | 0.491524 | 1.74218 | 37.2008 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 0.961456 | 1.12872 | 4.27379 | 1.83005 | 2.44374 | 3.54399 | 1.71394 |



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

80 di 139

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.17397

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 28.9432 | 51.34 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 29.4287 | 50.2869 | 38.6473 | 0 | 0 |
| 3 | 29.9143 | 49.4 | 78.2224 | 0 | 0 |
| 4 | 30.3879 | 48.6465 | 118.179 | 0 | 0 |
| 5 | 30.8615 | 47.9765 | 159.698 | 0 | 0 |
| 6 | 31.3351 | 47.3734 | 201.423 | 0 | 0 |
| 7 | 31.8087 | 46.8257 | 241.229 | 0 | 0 |
| 8 | 32.2824 | 46.3252 | 268.138 | 0 | 0 |
| 9 | 32.756 | 45.8658 | 294.918 | 0 | 0 |
| 10 | 33.2296 | 45.4427 | 328.094 | 0 | 0 |
| 11 | 33.7032 | 45.0521 | 360.886 | 0 | 0 |
| 12 | 34.1768 | 44.6912 | 390.807 | 0 | 0 |
| 13 | 34.6504 | 44.3574 | 417.644 | 0 | 0 |
| 14 | 35.1241 | 44.0487 | 441.213 | 0 | 0 |
| 15 | 35.5977 | 43.7634 | 461.357 | 0 | 0 |
| 16 | 36.0713 | 43.5 | 477.495 | 0 | 0 |
| 17 | 36.5628 | 43.2486 | 497.896 | 0 | 0 |
| 18 | 37.0543 | 43.0184 | 515.378 | 0 | 0 |
| 19 | 37.5459 | 42.8083 | 530.324 | 0 | 0 |
| 20 | 38.0374 | 42.6175 | 548.269 | 0 | 0 |
| 21 | 38.5289 | 42.4453 | 567.779 | 0 | 0 |
| 22 | 39.0204 | 42.291 | 574.443 | 0 | 0 |
| 23 | 39.512 | 42.1541 | 478.154 | 0 | 0 |
| 24 | 40.0035 | 42.0341 | 477.941 | 0 | 0 |
| 25 | 40.495 | 41.9307 | 470.05 | 0 | 0 |
| 26 | 40.9865 | 41.8434 | 463.834 | 0 | 0 |
| 27 | 41.4781 | 41.7721 | 377.544 | 0 | 0 |
| 28 | 41.9696 | 41.7165 | 374.443 | 0 | 0 |
| 29 | 42.4611 | 41.6764 | 370.871 | 0 | 0 |
| 30 | 42.9526 | 41.6518 | 366.302 | 0 | 0 |
| 31 | 43.4442 | 41.6425 | 360.659 | 0 | 0 |
| 32 | 43.9357 | 41.6485 | 354.001 | 0 | 0 |
| 33 | 44.4272 | 41.6699 | 346.36 | 0 | 0 |
| 34 | 44.9187 | 41.7066 | 337.778 | 0 | 0 |
| 35 | 45.4103 | 41.7589 | 328.288 | 0 | 0 |
| 36 | 45.9018 | 41.8269 | 317.88 | 0 | 0 |
| 37 | 46.3933 | 41.9107 | 306.616 | 0 | 0 |
| 38 | 46.8848 | 42.0107 | 294.577 | 0 | 0 |
| 39 | 47.3764 | 42.1271 | 281.86 | 0 | 0 |
| 40 | 47.8679 | 42.2604 | 268.579 | 0 | 0 |
| 41 | 48.3594 | 42.4109 | 254.871 | 0 | 0 |
| 42 | 48.8509 | 42.5792 | 240.896 | 0 | 0 |
| 43 | 49.3425 | 42.766 | 226.838 | 0 | 0 |
| 44 | 49.834 | 42.9719 | 212.919 | 0 | 0 |
| 45 | 50.3255 | 43.1977 | 199.396 | 0 | 0 |
| 46 | 50.817 | 43.4445 | 186.573 | 0 | 0 |
| 47 | 51.3086 | 43.7134 | 174.815 | 0 | 0 |
| 48 | 51.8001 | 44.0057 | 164.556 | 0 | 0 |
| 49 | 52.2916 | 44.3229 | 156.325 | 0 | 0 |
| 50 | 52.7831 | 44.6669 | 150.772 | 0 | 0 |
| 51 | 53.2746 | 45.04 | 0 | 0 | 0 |

List Of Coordinates

Water Table





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

81 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 7

| X | Y |
|-------|-------|
| 0 | 49.4 |
| 39.83 | 49.4 |
| 40.98 | 45.04 |
| 85 | 45.04 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 16.27 | 54.27 |
| 7.93 | 54.27 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 36.7 | 51.34 |
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |
| 27.81 | 51.34 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |

External Boundary

| X | Y |
|---------|---------|
| 0 | 54.27 |
| 0 | 49.3959 |
| 0 | 43.5 |
| 0 | 41.5 |
| 0 | 33.5 |
| 0 | 15.5 |
| 85 | 15.5 |
| 85 | 33.5 |
| 85 | 41.5 |
| 85 | 43.5 |
| 85 | 45.04 |
| 45.0698 | 45.04 |
| 40.98 | 45.04 |
| 40.43 | 51.34 |
| 39.43 | 51.34 |
| 36.7 | 51.34 |
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |
| 27.81 | 51.34 |
| 18.73 | 51.34 |
| 18.24 | 54.27 |
| 16.27 | 54.27 |
| 7.93 | 54.27 |

Material Boundary

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



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

82 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

| X | Y |
|-------|-------|
| 39.43 | 51.34 |
| 39.43 | 50.52 |
| 39.83 | 50.52 |
| 39.83 | 44.57 |
| 37.03 | 44.57 |
| 37.03 | 43.5 |
| 42.03 | 43.5 |
| 42.03 | 44.57 |
| 40.98 | 44.57 |
| 40.98 | 45.04 |

Material Boundary

| X | Y |
|-------|------|
| 0 | 43.5 |
| 37.03 | 43.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|------|
| 42.03 | 43.5 |
| 43.0476 | 43.5 |
| 85 | 43.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|------|
| 0 | 41.5 |
| 85 | 41.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|------|
| 0 | 33.5 |
| 85 | 33.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 43.0476 | 43.5 |
| 45.0698 | 45.04 |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 83 di 139</p> |

ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO (SEZIONE 73)

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

84 di 139

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI06_01a_pali_sisma
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 15/03/2021, 16:48:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

85 di 139

SLIDEINTERPRET 7.008



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 8

Groundwater Analysis

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089
 Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.045

4 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

86 di 139

SLIDEINTERPRET 7.008



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

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Distributed Load 4

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

Material Properties

| Property | Rilevato | Sabbie con limo | Ghiaie | Sabbie | CA |
|----------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
| Color | | | | | |
| Strength Type | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Infinite strength |
| Unit Weight [kN/m3] | 20 | 19 | 19 | 19 | 25 |
| Cohesion [kPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Friction Angle [deg] | 38 | 30 | 37 | 37 | |
| Water Surface | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table |
| Hu Value | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Support Properties

Palo1000_NoArm

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 3 m
Pile Shear Strength: 297 kN
Force Direction: Perpendicular to Pile

Global Minimums

Method: bishop simplified

| FS | 1.537660 |
|------------------------------|----------------|
| Center: | 43.452, 57.390 |
| Radius: | 15.722 |
| Left Slip Surface Endpoint: | 28.940, 51.340 |
| Right Slip Surface Endpoint: | 53.182, 45.040 |
| Resisting Moment: | 20664.3 kN-m |
| Driving Moment: | 13438.7 kN-m |
| Passive Support Moment: | 2998.55 kN-m |
| Total Slice Area: | 106.459 m2 |
| Surface Horizontal Width: | 24.2421 m |
| Surface Average Height: | 4.39151 m |

Valid / Invalid Surfaces



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0600001B

Foglio
87 di 139



Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 992
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.53766

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [degrees] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0.47633 | 4.93143 | -65.2933 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 7.90461 | 12.1546 | 19.4465 | 0 | 19.4465 | 36.6271 | 36.6271 |
| 2 | 0.47633 | 14.0248 | -61.4027 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 12.7776 | 19.6476 | 31.4347 | 0 | 31.4347 | 54.8731 | 54.8731 |
| 3 | 0.47633 | 21.8111 | -57.9532 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 17.3734 | 26.7144 | 42.7411 | 0 | 42.7411 | 70.494 | 70.494 |
| 4 | 0.47633 | 28.6532 | -54.811 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 21.7153 | 33.3908 | 53.4228 | 0 | 53.4228 | 84.2188 | 84.2188 |
| 5 | 0.47633 | 34.7643 | -51.898 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 25.8276 | 39.714 | 63.5394 | 0 | 63.5394 | 96.4762 | 96.4762 |
| 6 | 0.47633 | 40.283 | -49.1639 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 29.5301 | 45.4073 | 72.6483 | 0 | 72.6483 | 106.816 | 106.816 |
| 7 | 0.47633 | 45.3052 | -46.5737 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 29.9452 | 46.0456 | 73.6696 | 0 | 73.6696 | 105.307 | 105.307 |
| 8 | 0.47633 | 49.9012 | -44.1023 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 33.3955 | 51.351 | 82.1578 | 0 | 82.1578 | 114.523 | 114.523 |
| 9 | 0.47633 | 54.1238 | -41.7305 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 39.4438 | 60.6512 | 97.0375 | 0 | 97.0375 | 132.218 | 132.218 |
| 10 | 0.47633 | 58.0141 | -39.4434 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 43.5895 | 67.0259 | 107.237 | 0 | 107.237 | 143.097 | 143.097 |
| 11 | 0.47633 | 61.6047 | -37.2293 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 46.6755 | 71.771 | 114.828 | 0 | 114.828 | 150.295 | 150.295 |
| 12 | 0.47633 | 64.922 | -35.0786 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 49.6283 | 76.3114 | 122.093 | 0 | 122.093 | 156.944 | 156.944 |
| 13 | 0.47633 | 67.9879 | -32.9832 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 52.4548 | 80.6577 | 129.046 | 0 | 129.046 | 163.089 | 163.089 |
| 14 | 0.47633 | 70.8202 | -30.9365 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 55.1612 | 84.8191 | 135.704 | 0 | 135.704 | 168.765 | 168.765 |
| 15 | 0.47633 | 73.4343 | -28.9328 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 55.0504 | 84.6488 | 135.432 | 0 | 135.432 | 165.862 | 165.862 |
| 16 | 0.404748 | 64.2613 | -27.1125 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 43.2361 | 66.4824 | 143.939 | 0 | 143.939 | 166.076 | 166.076 |
| 17 | 0.404748 | 65.7994 | -25.467 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 42.7749 | 65.7732 | 142.403 | 0 | 142.403 | 162.775 | 162.775 |
| 18 | 0.485731 | 82.7117 | -23.6836 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 42.8953 | 65.9584 | 143.849 | 1.04503 | 142.804 | 162.664 | 161.619 |
| 19 | 0.485731 | 85.3139 | -21.764 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 44.1845 | 67.9407 | 150.137 | 3.04127 | 147.096 | 167.778 | 164.736 |
| 20 | 0.485731 | 87.0188 | -19.8699 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 45.0539 | 69.2776 | 154.844 | 4.85351 | 149.99 | 171.126 | 166.273 |
| 21 | 0.485731 | 88.557 | -17.9981 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 45.8835 | 70.5532 | 159.241 | 6.48859 | 152.752 | 174.147 | 167.659 |
| 22 | 0.485731 | 89.9341 | -16.146 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 46.6749 | 71.7701 | 163.339 | 7.95237 | 155.387 | 176.852 | 168.899 |
| 23 | 0.485731 | 92.7087 | -14.3111 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 48.2821 | 74.2414 | 169.987 | 9.24991 | 160.737 | 182.304 | 173.054 |
| 24 | 0.485731 | 108.041 | -12.4911 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 56.9089 | 87.5066 | 199.843 | 10.3855 | 189.457 | 212.45 | 202.065 |
| 25 | 0.485731 | 91.9958 | -10.6839 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 48.1928 | 74.1042 | 171.803 | 11.3628 | 160.44 | 180.895 | 169.532 |
| 26 | 0.485731 | 38.882 | -8.88729 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 18.4387 | 28.3525 | 73.5697 | 12.1848 | 61.3849 | 76.4529 | 64.2681 |
| 27 | 0.485731 | 33.3434 | -7.0995 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 15.2611 | 23.4664 | 63.6604 | 12.8541 | 50.8063 | 65.5611 | 52.707 |
| 28 | 0.485731 | 32.7201 | -5.31864 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.8915 | 22.898 | 62.9482 | 13.3726 | 49.5756 | 64.3346 | 50.962 |
| 29 | 0.485731 | 31.58 | -3.54293 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.2581 | 21.9241 | 61.209 | 13.742 | 47.467 | 62.0918 | 48.3498 |
| 30 | 0.485731 | 31.7781 | -1.77062 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.4395 | 22.203 | 62.034 | 13.9631 | 48.0709 | 62.4804 | 48.5173 |
| 31 | 0.485731 | 31.7077 | 0 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.5095 | 22.3107 | 62.3409 | 14.0368 | 48.3041 | 62.3409 | 48.3041 |
| 32 | 0.485731 | 31.4588 | 1.77062 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.5191 | 22.3255 | 62.2992 | 13.9631 | 48.3361 | 61.8504 | 47.8873 |
| 33 | 0.485731 | 31.071 | 3.54293 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.4909 | 22.2821 | 61.9843 | 13.742 | 48.2423 | 61.0871 | 47.3451 |
| 34 | 0.485731 | 30.5465 | 5.31864 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.4257 | 22.1818 | 61.3975 | 13.3726 | 48.0249 | 60.0545 | 46.6819 |
| 35 | 0.485731 | 29.9967 | 7.0995 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.3914 | 22.1291 | 60.7651 | 12.8541 | 47.911 | 58.9727 | 46.1186 |
| 36 | 0.485731 | 29.3671 | 8.88729 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.3562 | 22.075 | 59.9785 | 12.1848 | 47.7937 | 57.7336 | 45.5488 |



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

88 di 139



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

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------|---------|--------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 37 | 0.485731 | 28.5937 | 10.6839 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.2811 | 21.9595 | 58.9064 | 11.3628 | 47.5436 | 56.2121 | 44.8493 |
| 38 | 0.485731 | 27.6743 | 12.4911 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.1646 | 21.7804 | 57.5413 | 10.3855 | 47.1558 | 54.4034 | 44.0179 |
| 39 | 0.485731 | 26.606 | 14.3111 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.0051 | 21.5351 | 55.8748 | 9.24991 | 46.6249 | 52.3021 | 43.0522 |
| 40 | 0.485731 | 25.3853 | 16.146 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 13.8006 | 21.2206 | 53.8963 | 7.95237 | 45.944 | 49.901 | 41.9486 |
| 41 | 0.485731 | 24.0082 | 17.9981 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 13.5488 | 20.8335 | 51.5944 | 6.48859 | 45.1058 | 47.1926 | 40.704 |
| 42 | 0.485731 | 22.47 | 19.8699 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 13.2471 | 20.3696 | 48.955 | 4.85351 | 44.1015 | 44.1675 | 39.314 |
| 43 | 0.485731 | 20.7651 | 21.764 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.8924 | 19.8241 | 45.9617 | 3.04127 | 42.9204 | 40.8145 | 37.7732 |
| 44 | 0.485731 | 18.8872 | 23.6836 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.481 | 19.1916 | 42.596 | 1.04503 | 41.5509 | 37.1214 | 36.0764 |
| 45 | 0.528822 | 18.2127 | 25.7197 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.5462 | 17.7542 | 38.4391 | 0 | 38.4391 | 32.8774 | 32.8774 |
| 46 | 0.528822 | 15.5275 | 27.8795 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.0099 | 15.3918 | 33.3243 | 0 | 33.3243 | 28.0289 | 28.0289 |
| 47 | 0.528822 | 12.5831 | 30.0833 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.25963 | 12.7005 | 27.4974 | 0 | 27.4974 | 22.7127 | 22.7127 |
| 48 | 0.528822 | 9.36217 | 32.3375 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 6.26767 | 9.63754 | 20.866 | 0 | 20.866 | 16.898 | 16.898 |
| 49 | 0.528822 | 5.84411 | 34.6494 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 3.99827 | 6.14798 | 13.3108 | 0 | 13.3108 | 10.5475 | 10.5475 |
| 50 | 0.528822 | 2.004 | 37.0279 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 1.40459 | 2.15978 | 4.67606 | 0 | 4.67606 | 3.61655 | 3.61655 |

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.53766





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

89 di 139

SLIDEINTERPRET 7.008



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

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 28.9402 | 51.34 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 29.4165 | 50.3047 | 16.8154 | 0 | 0 |
| 3 | 29.8929 | 49.431 | 39.4574 | 0 | 0 |
| 4 | 30.3692 | 48.67 | 65.6643 | 0 | 0 |
| 5 | 30.8455 | 47.9945 | 93.9828 | 0 | 0 |
| 6 | 31.3218 | 47.3871 | 123.4 | 0 | 0 |
| 7 | 31.7982 | 46.836 | 152.99 | 0 | 0 |
| 8 | 32.2745 | 46.3327 | 179.865 | 0 | 0 |
| 9 | 32.7508 | 45.8711 | 206.363 | 0 | 0 |
| 10 | 33.2272 | 45.4462 | 233.662 | 0 | 0 |
| 11 | 33.7035 | 45.0544 | 260.133 | 0 | 0 |
| 12 | 34.1798 | 44.6924 | 284.995 | 0 | 0 |
| 13 | 34.6562 | 44.3579 | 308.029 | 0 | 0 |
| 14 | 35.1325 | 44.0488 | 329.045 | 0 | 0 |
| 15 | 35.6088 | 43.7633 | 347.877 | 0 | 0 |
| 16 | 36.0851 | 43.5 | 363.911 | 0 | 0 |
| 17 | 36.4899 | 43.2928 | 382 | 0 | 0 |
| 18 | 36.8946 | 43.1 | 398.034 | 0 | 0 |
| 19 | 37.3804 | 42.8869 | 415.256 | 0 | 0 |
| 20 | 37.8661 | 42.693 | 430.553 | 0 | 0 |
| 21 | 38.3518 | 42.5175 | 379.263 | 0 | 0 |
| 22 | 38.8376 | 42.3597 | 390.038 | 0 | 0 |
| 23 | 39.3233 | 42.219 | 398.393 | 0 | 0 |
| 24 | 39.809 | 42.0951 | 404.31 | 0 | 0 |
| 25 | 40.2948 | 41.9875 | 407.851 | 0 | 0 |
| 26 | 40.7805 | 41.8959 | 408.428 | 0 | 0 |
| 27 | 41.2662 | 41.8199 | 344.158 | 0 | 0 |
| 28 | 41.7519 | 41.7594 | 343.581 | 0 | 0 |
| 29 | 42.2377 | 41.7142 | 342.123 | 0 | 0 |
| 30 | 42.7234 | 41.6842 | 339.865 | 0 | 0 |
| 31 | 43.2091 | 41.6691 | 336.628 | 0 | 0 |
| 32 | 43.6949 | 41.6691 | 332.418 | 0 | 0 |
| 33 | 44.1806 | 41.6842 | 327.247 | 0 | 0 |
| 34 | 44.6663 | 41.7142 | 321.126 | 0 | 0 |
| 35 | 45.1521 | 41.7594 | 314.077 | 0 | 0 |
| 36 | 45.6378 | 41.8199 | 306.097 | 0 | 0 |
| 37 | 46.1235 | 41.8959 | 297.198 | 0 | 0 |
| 38 | 46.6093 | 41.9875 | 287.424 | 0 | 0 |
| 39 | 47.095 | 42.0951 | 276.831 | 0 | 0 |
| 40 | 47.5807 | 42.219 | 265.489 | 0 | 0 |
| 41 | 48.0664 | 42.3597 | 253.481 | 0 | 0 |
| 42 | 48.5522 | 42.5175 | 240.91 | 0 | 0 |
| 43 | 49.0379 | 42.693 | 227.897 | 0 | 0 |
| 44 | 49.5236 | 42.8869 | 214.584 | 0 | 0 |
| 45 | 50.0094 | 43.1 | 201.141 | 0 | 0 |
| 46 | 50.5382 | 43.3547 | 186.879 | 0 | 0 |
| 47 | 51.067 | 43.6345 | 173.657 | 0 | 0 |
| 48 | 51.5958 | 43.9408 | 161.996 | 0 | 0 |
| 49 | 52.1247 | 44.2756 | 152.537 | 0 | 0 |
| 50 | 52.6535 | 44.6411 | 146.082 | 0 | 0 |
| 51 | 53.1823 | 45.04 | 0 | 0 | 0 |

List Of Coordinates

Water Table

| X | Y |
|-------|------|
| 0 | 43.1 |
| 39.83 | 43.1 |
| 40.98 | 43.1 |
| 85 | 43.1 |

Distributed Load



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

90 di 139

SLIDEINTERPRET 7.008



| X | Y |
|-------|-------|
| 16.27 | 54.27 |
| 7.93 | 54.27 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 36.7 | 51.34 |
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |
| 27.81 | 51.34 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |

External Boundary

| X | Y |
|---------|---------|
| 0 | 54.27 |
| 0 | 49.3959 |
| 0 | 43.5 |
| 0 | 41.5 |
| 0 | 33.5 |
| 0 | 15.5 |
| 85 | 15.5 |
| 85 | 33.5 |
| 85 | 41.5 |
| 85 | 43.5 |
| 85 | 45.04 |
| 45.0698 | 45.04 |
| 40.98 | 45.04 |
| 40.43 | 51.34 |
| 39.43 | 51.34 |
| 36.7 | 51.34 |
| 35.77 | 51.34 |
| 32.87 | 51.34 |
| 31.77 | 51.34 |
| 28.87 | 51.34 |
| 27.81 | 51.34 |
| 18.73 | 51.34 |
| 18.24 | 54.27 |
| 16.27 | 54.27 |
| 7.93 | 54.27 |

Material Boundary





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

91 di 139

SLIDEINTERPRET 7.008



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

| X | Y |
|-------|-------|
| 39.43 | 51.34 |
| 39.43 | 50.52 |
| 39.83 | 50.52 |
| 39.83 | 44.57 |
| 37.03 | 44.57 |
| 37.03 | 43.5 |
| 42.03 | 43.5 |
| 42.03 | 44.57 |
| 40.98 | 44.57 |
| 40.98 | 45.04 |

Material Boundary

| X | Y |
|-------|------|
| 0 | 43.5 |
| 37.03 | 43.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|------|
| 42.03 | 43.5 |
| 43.0476 | 43.5 |
| 85 | 43.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|------|
| 0 | 41.5 |
| 85 | 41.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|------|
| 0 | 33.5 |
| 85 | 33.5 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 43.0476 | 43.5 |
| 45.0698 | 45.04 |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 92 di 139</p> |

ALLEGATO 6 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO (SEZIONE 78)

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI06_03b_dir
Slide Modeler Version: 7.029
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 15/03/2021, 16:48:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

94 di 139

SLIDEINTERPRET 7.030



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

Groundwater Analysis

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

4 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



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0600001B

Foglio
95 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Material Properties

| Property | Rilevato | Sabbie con limo | Ghiaie | Sabbie | CA |
|----------------------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
| Color | | | | | |
| Strength Type | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Infinite strength |
| Unit Weight [kN/m ³] | 20 | 19 | 19 | 19 | 25 |
| Cohesion [kPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Friction Angle [deg] | 38 | 30 | 37 | 37 | 0 |
| Water Surface | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table |
| Hu Value | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Global Minimums

Method: bishop simplified

| FS | 1.370780 |
|------------------------------|------------------------|
| Center: | 39.583, 54.448 |
| Radius: | 12.155 |
| Left Slip Surface Endpoint: | 27.848, 51.280 |
| Right Slip Surface Endpoint: | 48.323, 46.000 |
| Left Slope Intercept: | 27.848 51.280 |
| Right Slope Intercept: | 48.323 49.400 |
| Resisting Moment: | 12000.8 kN-m |
| Driving Moment: | 8754.77 kN-m |
| Total Slice Area: | 130.501 m ² |
| Surface Horizontal Width: | 20.4744 m |
| Surface Average Height: | 6.37387 m |

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 829
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.37078

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [degrees] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0.338851 | 3.59105 | -72.2689 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 4.70447 | 6.44879 | 10.3176 | 0 | 10.3176 | 25.031 | 25.031 |
| 2 | 0.338851 | 9.96145 | -67.5536 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 21.0619 | 28.8712 | 46.1917 | 0 | 46.1917 | 97.1744 | 97.1744 |
| 3 | 0.40253 | 18.3632 | -63.3462 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 32.5063 | 44.559 | 75.2247 | 3.93357 | 71.2911 | 139.986 | 136.053 |
| 4 | 0.40253 | 24.3276 | -59.3686 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 36.991 | 50.7065 | 92.3282 | 11.2015 | 81.1267 | 154.798 | 143.597 |
| 5 | 0.40253 | 29.4498 | -55.8174 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 40.9419 | 56.1223 | 107.235 | 17.443 | 89.7916 | 167.518 | 150.075 |
| 6 | 0.40253 | 33.9523 | -52.5676 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 44.5112 | 61.015 | 120.549 | 22.9296 | 97.6195 | 178.699 | 155.769 |
| 7 | 0.40253 | 37.9692 | -49.5443 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 47.7888 | 65.5079 | 132.632 | 27.8243 | 104.808 | 188.673 | 160.849 |
| 8 | 0.40253 | 41.5886 | -46.6986 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 50.8334 | 69.6814 | 143.72 | 32.2347 | 111.485 | 197.66 | 165.426 |
| 9 | 0.40253 | 44.8724 | -43.9963 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 38.3691 | 52.5956 | 120.385 | 36.2363 | 84.1491 | 157.433 | 121.197 |
| 10 | 0.40253 | 47.8661 | -41.4123 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 30.4017 | 41.6741 | 106.56 | 39.8841 | 66.6754 | 133.374 | 93.4898 |
| 11 | 0.40253 | 50.6039 | -38.9276 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 32.3088 | 44.2882 | 114.078 | 43.2202 | 70.8579 | 140.174 | 96.9535 |
| 12 | 0.40253 | 53.1127 | -36.5273 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 51.1299 | 70.0879 | 158.413 | 46.2774 | 112.135 | 196.285 | 150.007 |
| 13 | 0.40253 | 55.414 | -34.1995 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 63.6678 | 87.2746 | 188.715 | 49.0816 | 139.633 | 231.983 | 182.901 |
| 14 | 0.415374 | 61.1852 | -31.8992 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 52.8945 | 72.5067 | 208.673 | 51.6915 | 156.982 | 241.596 | 189.905 |
| 15 | 0.415374 | 63.3676 | -29.6198 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 54.4989 | 74.706 | 215.861 | 54.118 | 161.743 | 246.846 | 192.728 |
| 16 | 0.415374 | 65.1488 | -27.3909 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 55.8803 | 76.5996 | 222.174 | 56.332 | 165.842 | 251.129 | 194.797 |
| 17 | 0.415374 | 66.7696 | -25.2062 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 57.199 | 78.4073 | 228.102 | 58.3467 | 169.756 | 255.026 | 196.679 |
| 18 | 0.415374 | 68.2389 | -23.06 | Sabbie | 0 | 24.7913 | 58.4601 | 80.1359 | 233.673 | 60.1731 | 173.5 | 258.56 | 198.387 |



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0600001B

Foglio
96 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------|----------|-----------------|---|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 19 | 0.415374 | 69.5642 | -20.9476 | con limo | 0 | 24.7913 | 39.809 | 54.5694 | 179.967 | 61.8204 | 118.146 | 195.206 | 133.386 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 20 | 0.415374 | 70.7517 | -18.8647 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 36.7016 | 50.3098 | 172.22 | 63.2965 | 108.924 | 184.761 | 121.464 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 21 | 0.415374 | 71.8068 | -16.8074 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 35.115 | 48.135 | 168.823 | 64.608 | 104.215 | 179.43 | 114.822 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 22 | 0.415374 | 72.7342 | -14.7722 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 33.8431 | 46.3915 | 166.201 | 65.7607 | 100.441 | 175.126 | 109.365 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 23 | 0.415374 | 73.5374 | -12.7559 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 34.5305 | 47.3337 | 169.24 | 66.7592 | 102.48 | 177.057 | 110.298 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 24 | 0.415374 | 74.2198 | -10.7556 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 35.1797 | 48.2236 | 172.015 | 67.6075 | 104.407 | 178.697 | 111.09 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 25 | 0.415374 | 74.784 | -8.76841 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 35.7917 | 49.0625 | 174.532 | 68.3087 | 106.223 | 180.053 | 111.744 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 26 | 0.415374 | 75.2321 | -6.79186 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 36.3673 | 49.8516 | 176.797 | 68.8656 | 107.932 | 181.129 | 112.263 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 27 | 0.415374 | 75.5656 | -4.82341 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 36.9072 | 50.5917 | 178.815 | 69.2802 | 109.534 | 181.929 | 112.649 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 28 | 0.415374 | 77.4423 | -2.86066 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 38.7338 | 53.0955 | 184.509 | 69.554 | 114.955 | 186.444 | 116.89 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 29 | 0.415374 | 88.3962 | 0.901266 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 47.9713 | 65.7581 | 212.058 | 69.6878 | 142.371 | 212.813 | 143.125 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 30 | 0.415374 | 80.4812 | 1.05707 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 42.0672 | 57.6649 | 194.53 | 69.6823 | 124.848 | 193.754 | 124.072 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 31 | 0.415374 | 50.5494 | 3.01665 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 17.8917 | 24.5256 | 122.637 | 69.5373 | 53.0995 | 121.694 | 52.1566 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 32 | 0.415374 | 45.5341 | 4.97977 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.0129 | 19.2086 | 110.84 | 69.2524 | 41.5879 | 109.619 | 40.3669 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 33 | 0.415374 | 45.1915 | 6.94878 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.0434 | 19.2504 | 110.505 | 68.8266 | 41.6783 | 108.793 | 39.9668 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 34 | 0.415374 | 44.3504 | 8.92608 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 13.7006 | 18.7805 | 108.919 | 68.2583 | 40.6611 | 106.768 | 38.5093 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 35 | 0.415374 | 42.084 | 10.9142 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.1676 | 16.6791 | 103.657 | 67.5454 | 36.1115 | 101.311 | 33.7652 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 36 | 0.415374 | 41.392 | 12.9157 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.0352 | 16.4976 | 102.404 | 66.6853 | 35.7184 | 99.6438 | 32.9585 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 37 | 0.415374 | 40.579 | 14.9334 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.8509 | 16.245 | 100.846 | 65.6747 | 35.1716 | 97.6856 | 32.0109 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 38 | 0.415374 | 39.6053 | 16.9702 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.579 | 15.8723 | 98.874 | 64.5096 | 34.3644 | 95.3405 | 30.8309 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 39 | 0.415374 | 38.398 | 19.0294 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.151 | 15.2856 | 96.2794 | 63.1851 | 33.0943 | 92.4334 | 29.2483 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 40 | 0.415374 | 37.0513 | 21.1146 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.6501 | 14.5989 | 93.3033 | 61.6957 | 31.6076 | 89.1907 | 27.495 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 41 | 0.415374 | 35.5664 | 23.2295 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.0767 | 13.8129 | 89.9403 | 60.0344 | 29.9059 | 85.6153 | 25.5809 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 42 | 0.415374 | 33.9369 | 25.3785 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.42405 | 12.9183 | 86.1623 | 58.1935 | 27.9688 | 81.6918 | 23.4983 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 43 | 0.415374 | 32.2065 | 27.5665 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.73444 | 11.973 | 82.0856 | 56.1633 | 25.9223 | 77.5258 | 21.3625 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 44 | 0.415374 | 30.41 | 29.7991 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.04462 | 11.0274 | 77.8078 | 53.9329 | 23.8749 | 73.2008 | 19.2679 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 45 | 0.415374 | 28.4439 | 32.0829 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 7.25284 | 9.94205 | 73.0141 | 51.4889 | 21.5252 | 68.4674 | 16.9785 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 46 | 0.415374 | 26.293 | 34.4253 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 6.34154 | 8.69286 | 67.6359 | 48.8153 | 18.8206 | 63.2897 | 14.4744 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 47 | 0.415374 | 23.9418 | 36.8355 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 5.29006 | 7.25151 | 61.5929 | 45.8928 | 15.7001 | 57.6303 | 11.7375 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 48 | 0.415374 | 21.3713 | 39.3244 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 4.07031 | 5.5795 | 54.7776 | 42.6976 | 12.08 | 51.4432 | 8.74559 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 49 | 0.415374 | 18.5576 | 41.9055 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 2.64263 | 3.62247 | 47.043 | 39.2002 | 7.84279 | 44.6714 | 5.47123 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |
| 50 | 0.415374 | 15.4705 | 44.596 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 0.948518 | 1.30021 | 38.178 | 35.3629 | 2.81505 | 37.2427 | 1.87982 |
| | | | | Sabbie con limo | | | | | | | | | |

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.37078



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

97 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 7

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 27.8484 | 51.28 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 28.1873 | 50.2202 | 9.3438 | 0 | 0 |
| 3 | 28.5261 | 49.4 | 40.1109 | 0 | 0 |
| 4 | 28.9286 | 48.598 | 87.3822 | 0 | 0 |
| 5 | 29.3312 | 47.9183 | 135.29 | 0 | 0 |
| 6 | 29.7337 | 47.3256 | 182.404 | 0 | 0 |
| 7 | 30.1362 | 46.7997 | 227.92 | 0 | 0 |
| 8 | 30.5388 | 46.3277 | 271.335 | 0 | 0 |
| 9 | 30.9413 | 45.9005 | 312.307 | 0 | 0 |
| 10 | 31.3438 | 45.5119 | 343.687 | 0 | 0 |
| 11 | 31.7463 | 45.1568 | 369.309 | 0 | 0 |
| 12 | 32.1489 | 44.8317 | 393.423 | 0 | 0 |
| 13 | 32.5514 | 44.5336 | 420.119 | 0 | 0 |
| 14 | 32.9539 | 44.26 | 446.173 | 0 | 0 |
| 15 | 33.3563 | 44.0015 | 478.202 | 0 | 0 |
| 16 | 33.7587 | 43.7653 | 506.592 | 0 | 0 |
| 17 | 34.2001 | 43.5501 | 531.251 | 0 | 0 |
| 18 | 34.6154 | 43.3546 | 552.144 | 0 | 0 |
| 19 | 35.0308 | 43.1777 | 569.236 | 0 | 0 |
| 20 | 35.4462 | 43.0187 | 581.355 | 0 | 0 |
| 21 | 35.8615 | 42.8768 | 590.587 | 0 | 0 |
| 22 | 36.2769 | 42.7513 | 597.216 | 0 | 0 |
| 23 | 36.6923 | 42.6418 | 601.395 | 0 | 0 |
| 24 | 37.1077 | 42.5478 | 602.998 | 0 | 0 |
| 25 | 37.523 | 42.4689 | 601.991 | 0 | 0 |
| 26 | 37.9384 | 42.4048 | 598.34 | 0 | 0 |
| 27 | 38.3538 | 42.3553 | 592.015 | 0 | 0 |
| 28 | 38.7692 | 42.3203 | 582.987 | 0 | 0 |
| 29 | 39.1845 | 42.2995 | 570.764 | 0 | 0 |
| 30 | 39.5999 | 42.293 | 552.268 | 0 | 0 |
| 31 | 40.0153 | 42.3006 | 529.095 | 0 | 0 |
| 32 | 40.4307 | 42.3225 | 466.542 | 0 | 0 |
| 33 | 40.846 | 42.3587 | 456.723 | 0 | 0 |
| 34 | 41.2614 | 42.4094 | 445.309 | 0 | 0 |
| 35 | 41.6768 | 42.4746 | 432.525 | 0 | 0 |
| 36 | 42.0922 | 42.5547 | 419.18 | 0 | 0 |
| 37 | 42.5075 | 42.6499 | 404.438 | 0 | 0 |
| 38 | 42.9229 | 42.7607 | 388.355 | 0 | 0 |
| 39 | 43.3383 | 42.8875 | 371.023 | 0 | 0 |
| 40 | 43.7536 | 43.0307 | 352.608 | 0 | 0 |
| 41 | 44.169 | 43.1911 | 333.229 | 0 | 0 |
| 42 | 44.5844 | 43.3694 | 313.018 | 0 | 0 |
| 43 | 44.9998 | 43.5665 | 292.135 | 0 | 0 |
| 44 | 45.4151 | 43.7833 | 270.715 | 0 | 0 |
| 45 | 45.8305 | 44.0212 | 248.872 | 0 | 0 |
| 46 | 46.2459 | 44.2816 | 226.854 | 0 | 0 |
| 47 | 46.6613 | 44.5663 | 204.971 | 0 | 0 |
| 48 | 47.0766 | 44.8774 | 183.615 | 0 | 0 |
| 49 | 47.492 | 45.2177 | 163.289 | 0 | 0 |
| 50 | 47.9074 | 45.5904 | 144.657 | 0 | 0 |
| 51 | 48.3228 | 46 | 56.7018 | 0 | 0 |

List Of Coordinates

Water Table

| X | Y |
|----|------|
| 0 | 49.4 |
| 85 | 49.4 |

Distributed Load





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

98 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 7

| X | Y |
|-------|-------|
| 15.21 | 53.98 |
| 6.67 | 53.98 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 36.05 | 51.28 |
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |
| 27.16 | 51.28 |

Distributed Load

| X | Y |
|------|-------|
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |

Distributed Load

| X | Y |
|------|-------|
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |

External Boundary

| X | Y |
|---------|---------|
| 0 | 53.98 |
| 0 | 49.3959 |
| 0 | 44.26 |
| 0 | 42.26 |
| 0 | 34.26 |
| 0 | 15.5 |
| 85 | 15.5 |
| 85 | 34.26 |
| 85 | 42.26 |
| 85 | 44.26 |
| 85 | 46 |
| 45.0698 | 46 |
| 40.222 | 46 |
| 39.78 | 51.28 |
| 38.78 | 51.28 |
| 36.05 | 51.28 |
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |
| 27.16 | 51.28 |
| 18.21 | 51.28 |
| 17.81 | 53.98 |
| 15.21 | 53.98 |
| 6.67 | 53.98 |

Material Boundary





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

99 di 139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

| X | Y |
|--------|-------|
| 38.78 | 51.28 |
| 38.78 | 50.52 |
| 39.18 | 50.52 |
| 39.18 | 45.26 |
| 33 | 45.26 |
| 33 | 44.26 |
| 41.6 | 44.26 |
| 41.6 | 45.26 |
| 40.3 | 45.26 |
| 40.222 | 46 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 44.26 |
| 33 | 44.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 41.6 | 44.26 |
| 43.0476 | 44.26 |
| 85 | 44.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 42.26 |
| 85 | 42.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 34.26 |
| 85 | 34.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 43.0476 | 44.26 |
| 45.0698 | 46 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|-----------------|---------------|
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 11 | EI2RBRI0600001B | 100 di 139 |

**ALLEGATO 7 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO- CONDIZIONE DI SVASO
RAPIDO (SEZIONE 78)**

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

101 di
139

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: R106_03b_dir_rapidDD
Slide Modeler Version: 7.029
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 15/03/2021, 16:48:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

102 di
139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Groundwater Analysis

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

4 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



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0600001B

Foglio
103 di
139

Material Properties

| Property | Rilevato | Sabbie con limo | Ghiaie | Sabbie | CA |
|----------------------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
| Color | | | | | |
| Strength Type | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Infinite strength |
| Unit Weight [kN/m ³] | 20 | 19 | 19 | 19 | 25 |
| Cohesion [kPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Friction Angle [deg] | 38 | 30 | 37 | 37 | |
| Water Surface | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table |
| Hu Value | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Global Minimums

Method: bishop simplified

| FS | 1.11910 |
|------------------------------|------------------------|
| Center: | 39.590, 54.449 |
| Radius: | 12.157 |
| Left Slip Surface Endpoint: | 27.852, 51.280 |
| Right Slip Surface Endpoint: | 48.331, 46.000 |
| Resisting Moment: | 11613.7 kN-m |
| Driving Moment: | 10444.8 kN-m |
| Total Slice Area: | 102.486 m ² |
| Surface Horizontal Width: | 20.4791 m |
| Surface Average Height: | 5.00443 m |

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 795
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.1191

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [degrees] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0.338846 | 3.59093 | -72.2688 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 5.09555 | 5.66579 | 9.06485 | 0 | 9.06485 | 25.0013 | 25.0013 |
| 2 | 0.338846 | 9.96123 | -67.5544 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 23.3362 | 25.9478 | 41.5146 | 0 | 41.5146 | 98.0049 | 98.0049 |
| 3 | 0.402447 | 18.3591 | -63.3481 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 36.0402 | 40.0735 | 68.0477 | 3.93308 | 64.1146 | 139.856 | 135.923 |
| 4 | 0.402447 | 24.3217 | -59.3717 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 41.3702 | 45.9999 | 84.7968 | 11.2003 | 73.5965 | 154.671 | 143.471 |
| 5 | 0.402447 | 29.4424 | -55.8216 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 46.1164 | 51.2773 | 99.4813 | 17.4414 | 82.0399 | 167.395 | 149.953 |
| 6 | 0.402447 | 33.9439 | -52.5727 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 50.4441 | 56.0893 | 112.667 | 22.9277 | 89.7388 | 178.579 | 155.652 |
| 7 | 0.402447 | 37.9599 | -49.5502 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 54.4514 | 60.5451 | 124.69 | 27.8224 | 96.8678 | 188.558 | 160.735 |
| 8 | 0.402447 | 41.5786 | -46.7053 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 58.2029 | 64.7164 | 135.774 | 32.233 | 103.541 | 197.549 | 165.316 |
| 9 | 0.402447 | 44.862 | -44.0037 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 61.8801 | 68.7907 | 144.296 | 36.2346 | 107.0615 | 205.313 | 168.042 |
| 10 | 0.402447 | 47.8552 | -41.4204 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 65.1098 | 72.6389 | 152.342 | 39.8827 | 112.1593 | 211.431 | 169.735 |
| 11 | 0.402447 | 50.5927 | -38.9364 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 67.9579 | 76.1498 | 159.856 | 43.2192 | 116.6366 | 216.212 | 170.566 |
| 12 | 0.402447 | 53.1013 | -36.5367 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 70.3489 | 78.9354 | 166.454 | 46.2767 | 120.1782 | 220.034 | 171.435 |
| 13 | 0.402447 | 55.4025 | -34.2096 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 72.3506 | 81.6712 | 172.349 | 48.9814 | 123.3678 | 222.956 | 172.345 |
| 14 | 0.415525 | 61.2237 | -31.9092 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 62.6652 | 69.6781 | 202.55 | 51.6925 | 150.858 | 241.57 | 189.877 |
| 15 | 0.415525 | 63.393 | -29.6292 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 64.7386 | 71.9835 | 209.969 | 54.1208 | 155.849 | 246.79 | 192.669 |
| 16 | 0.415525 | 65.1762 | -27.3997 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 66.5633 | 74.0124 | 216.578 | 56.3365 | 160.241 | 251.081 | 194.744 |
| 17 | 0.415525 | 66.7988 | -25.2145 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 68.3171 | 75.9625 | 222.817 | 58.3526 | 164.465 | 254.986 | 196.633 |
| 18 | 0.415525 | 68.2697 | -23.0678 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 70.0064 | 77.8408 | 228.71 | 60.1803 | 168.53 | 258.524 | 198.343 |



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0600001B

Foglio
104 di
139



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

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------|----------|-----------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 19 | 0.415525 | 69.5964 | -20.955 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 47.5312 | 52.8504 | 176.253 | 61.8289 | 114.424 | 194.456 | 132.627 |
| 20 | 0.415525 | 70.7853 | -18.8716 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 44.1763 | 49.1201 | 169.654 | 63.3061 | 106.348 | 184.755 | 121.449 |
| 21 | 0.415525 | 71.8416 | -16.8138 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 42.3194 | 47.0554 | 166.497 | 64.6187 | 101.878 | 179.285 | 114.666 |
| 22 | 0.415525 | 72.77 | -14.7782 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 40.9403 | 45.5219 | 164.33 | 65.7722 | 98.5579 | 175.13 | 109.358 |
| 23 | 0.415525 | 73.5742 | -12.7615 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 41.8756 | 46.5619 | 167.581 | 66.7715 | 100.809 | 177.065 | 110.294 |
| 24 | 0.415525 | 74.2574 | -10.7608 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 42.7691 | 47.5554 | 170.581 | 67.6205 | 102.961 | 178.709 | 111.089 |
| 25 | 0.415525 | 74.8223 | -8.77324 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 43.6221 | 48.5038 | 173.336 | 68.3224 | 105.014 | 180.068 | 111.746 |
| 26 | 0.415525 | 75.271 | -6.79632 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 44.4355 | 49.4083 | 175.852 | 68.8798 | 106.972 | 181.148 | 112.268 |
| 27 | 0.415525 | 75.605 | -4.82751 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 45.2106 | 50.2701 | 178.133 | 69.2949 | 108.838 | 181.951 | 112.656 |
| 28 | 0.415525 | 77.6424 | -2.86441 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 47.7275 | 53.0687 | 184.466 | 69.569 | 114.897 | 186.854 | 117.285 |
| 29 | 0.415525 | 88.4409 | 0.904665 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 61.946 | 68.8784 | 211.863 | 62.7371 | 149.126 | 212.841 | 150.104 |
| 30 | 0.415525 | 79.7701 | 1.05402 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 59.6673 | 66.3447 | 193.071 | 49.4309 | 143.641 | 191.974 | 142.543 |
| 31 | 0.415525 | 38.8595 | 3.01393 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 24.3425 | 27.0667 | 94.8003 | 36.199 | 58.6013 | 93.5186 | 57.3196 |
| 32 | 0.415525 | 31.704 | 4.97739 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 17.4049 | 19.3527 | 77.814 | 35.9142 | 41.8998 | 76.2982 | 40.384 |
| 33 | 0.415525 | 31.3613 | 6.94674 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 17.4949 | 19.4528 | 77.6049 | 35.4884 | 42.1165 | 75.4733 | 39.9849 |
| 34 | 0.415525 | 30.4888 | 8.92437 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 17.088 | 19.0003 | 76.0567 | 34.92 | 41.1367 | 73.3734 | 38.4534 |
| 35 | 0.415525 | 28.2524 | 10.9128 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 15.2556 | 16.9629 | 70.9326 | 34.207 | 36.7256 | 67.9912 | 33.7842 |
| 36 | 0.415525 | 27.5601 | 12.9146 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 15.1412 | 16.8356 | 69.797 | 33.3467 | 36.4503 | 66.3251 | 32.9784 |
| 37 | 0.415525 | 26.7465 | 14.9327 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.9632 | 16.6377 | 68.3574 | 32.3358 | 36.0216 | 64.3669 | 32.0311 |
| 38 | 0.415525 | 25.7704 | 16.9699 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.6739 | 16.3161 | 66.4957 | 31.1703 | 35.3254 | 62.0178 | 30.8475 |
| 39 | 0.415525 | 24.5616 | 19.0295 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.1886 | 15.7764 | 64.0021 | 29.8453 | 34.1568 | 59.1085 | 29.2632 |
| 40 | 0.415525 | 23.2138 | 21.115 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 13.6106 | 15.1338 | 61.1209 | 28.3553 | 32.7656 | 55.8649 | 27.5096 |
| 41 | 0.415525 | 21.7278 | 23.2302 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.9391 | 14.3871 | 57.8424 | 26.6934 | 31.149 | 52.2886 | 25.5952 |
| 42 | 0.415525 | 20.097 | 25.3797 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.1638 | 13.5251 | 54.1344 | 24.8517 | 29.2827 | 48.3639 | 23.5122 |
| 43 | 0.415525 | 18.3676 | 27.5681 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.341 | 12.6102 | 50.1226 | 22.8207 | 27.3019 | 44.2017 | 21.381 |
| 44 | 0.415525 | 16.5701 | 29.8012 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.5125 | 11.689 | 45.8967 | 20.5893 | 25.3074 | 39.8759 | 19.2866 |
| 45 | 0.415525 | 14.6023 | 32.0854 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 9.5461 | 10.6144 | 41.1251 | 18.1442 | 22.9809 | 35.1402 | 16.996 |
| 46 | 0.415525 | 12.4496 | 34.4283 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.41522 | 9.35697 | 35.7277 | 15.4694 | 20.2583 | 29.9596 | 14.4902 |
| 47 | 0.415525 | 10.0964 | 36.839 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 7.08678 | 7.87986 | 29.6059 | 12.5454 | 17.0605 | 24.2968 | 11.7514 |
| 48 | 0.415525 | 7.52369 | 39.3284 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 5.51418 | 6.13127 | 22.6232 | 9.34864 | 13.2745 | 18.1053 | 8.75665 |
| 49 | 0.415525 | 4.7075 | 41.9102 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 3.62893 | 4.03504 | 14.5855 | 5.84936 | 8.73612 | 11.3283 | 5.4789 |
| 50 | 0.415525 | 1.61762 | 44.6014 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 1.32471 | 1.47296 | 5.19903 | 2.00999 | 3.18904 | 3.89262 | 1.88263 |

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.11191



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

105 di
139



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 7

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 27.8524 | 51.28 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 28.1912 | 50.2202 | 7.8803 | 0 | 0 |
| 3 | 28.5301 | 49.4 | 34.027 | 0 | 0 |
| 4 | 28.9325 | 48.5981 | 74.0904 | 0 | 0 |
| 5 | 29.335 | 47.9184 | 115.084 | 0 | 0 |
| 6 | 29.7374 | 47.3257 | 155.488 | 0 | 0 |
| 7 | 30.1398 | 46.7999 | 194.439 | 0 | 0 |
| 8 | 30.5423 | 46.3278 | 231.389 | 0 | 0 |
| 9 | 30.9447 | 45.9007 | 265.967 | 0 | 0 |
| 10 | 31.3472 | 45.512 | 292.737 | 0 | 0 |
| 11 | 31.7496 | 45.157 | 314.949 | 0 | 0 |
| 12 | 32.1521 | 44.8318 | 335.598 | 0 | 0 |
| 13 | 32.5545 | 44.5336 | 357.053 | 0 | 0 |
| 14 | 32.957 | 44.26 | 376.755 | 0 | 0 |
| 15 | 33.3725 | 44.0013 | 403.129 | 0 | 0 |
| 16 | 33.788 | 43.7649 | 425.857 | 0 | 0 |
| 17 | 34.2036 | 43.5495 | 444.853 | 0 | 0 |
| 18 | 34.6191 | 43.3539 | 460.068 | 0 | 0 |
| 19 | 35.0346 | 43.1769 | 471.459 | 0 | 0 |
| 20 | 35.4501 | 43.0178 | 479.76 | 0 | 0 |
| 21 | 35.8657 | 42.8758 | 485.505 | 0 | 0 |
| 22 | 36.2812 | 42.7502 | 488.831 | 0 | 0 |
| 23 | 36.6967 | 42.6406 | 489.837 | 0 | 0 |
| 24 | 37.1122 | 42.5465 | 488.212 | 0 | 0 |
| 25 | 37.5278 | 42.4675 | 483.915 | 0 | 0 |
| 26 | 37.9433 | 42.4034 | 476.909 | 0 | 0 |
| 27 | 38.3588 | 42.3538 | 467.158 | 0 | 0 |
| 28 | 38.7743 | 42.3188 | 454.628 | 0 | 0 |
| 29 | 39.1899 | 42.298 | 438.636 | 0 | 0 |
| 30 | 39.6054 | 42.2914 | 414.292 | 0 | 0 |
| 31 | 40.0209 | 42.299 | 388.028 | 0 | 0 |
| 32 | 40.4364 | 42.3209 | 375.842 | 0 | 0 |
| 33 | 40.852 | 42.3571 | 365.795 | 0 | 0 |
| 34 | 41.2675 | 42.4077 | 354.598 | 0 | 0 |
| 35 | 41.683 | 42.473 | 342.537 | 0 | 0 |
| 36 | 42.0985 | 42.5531 | 330.517 | 0 | 0 |
| 37 | 42.5141 | 42.6484 | 317.576 | 0 | 0 |
| 38 | 42.9296 | 42.7592 | 303.785 | 0 | 0 |
| 39 | 43.3451 | 42.886 | 289.258 | 0 | 0 |
| 40 | 43.7606 | 43.0293 | 274.191 | 0 | 0 |
| 41 | 44.1762 | 43.1898 | 258.729 | 0 | 0 |
| 42 | 44.5917 | 43.3681 | 243.037 | 0 | 0 |
| 43 | 45.0072 | 43.5653 | 227.313 | 0 | 0 |
| 44 | 45.4227 | 43.7822 | 211.728 | 0 | 0 |
| 45 | 45.8383 | 44.0202 | 196.438 | 0 | 0 |
| 46 | 46.2538 | 44.2807 | 181.759 | 0 | 0 |
| 47 | 46.6693 | 44.5655 | 168.087 | 0 | 0 |
| 48 | 47.0848 | 44.8768 | 155.927 | 0 | 0 |
| 49 | 47.5004 | 45.2173 | 145.934 | 0 | 0 |
| 50 | 47.9159 | 45.5902 | 138.987 | 0 | 0 |
| 51 | 48.3314 | 46 | 0 | 0 | 0 |

List Of Coordinates

Water Table

| X | Y |
|--------|------|
| 0 | 49.4 |
| 39.18 | 49.4 |
| 40.222 | 46 |
| 85 | 46 |

Distributed Load



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

106 di
139



| X | Y |
|-------|-------|
| 15.21 | 53.98 |
| 6.67 | 53.98 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 36.05 | 51.28 |
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |
| 27.16 | 51.28 |

Distributed Load

| X | Y |
|------|-------|
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |

Distributed Load

| X | Y |
|------|-------|
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |

External Boundary

| X | Y |
|---------|---------|
| 0 | 53.98 |
| 0 | 49.3959 |
| 0 | 44.26 |
| 0 | 42.26 |
| 0 | 34.26 |
| 0 | 15.5 |
| 85 | 15.5 |
| 85 | 34.26 |
| 85 | 42.26 |
| 85 | 44.26 |
| 85 | 46 |
| 45.0698 | 46 |
| 40.222 | 46 |
| 39.78 | 51.28 |
| 38.78 | 51.28 |
| 36.05 | 51.28 |
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |
| 27.16 | 51.28 |
| 18.21 | 51.28 |
| 17.81 | 53.98 |
| 15.21 | 53.98 |
| 6.67 | 53.98 |

Material Boundary





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

107 di
139



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

| X | Y |
|--------|-------|
| 38.78 | 51.28 |
| 38.78 | 50.52 |
| 39.18 | 50.52 |
| 39.18 | 45.26 |
| 33 | 45.26 |
| 33 | 44.26 |
| 41.6 | 44.26 |
| 41.6 | 45.26 |
| 40.3 | 45.26 |
| 40.222 | 46 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 44.26 |
| 33 | 44.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 41.6 | 44.26 |
| 43.0476 | 44.26 |
| 85 | 44.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 42.26 |
| 85 | 42.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 34.26 |
| 85 | 34.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 43.0476 | 44.26 |
| 45.0698 | 46 |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 108 di 139</p> |

ALLEGATO 8 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO (SEZIONE 78)

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

109 di
139

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI06_03b_dir_sisma
Slide Modeler Version: 7.029
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 15/03/2021, 16:48:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

110 di
139

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 8

Groundwater Analysis

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.044

4 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

111 di
139

SLIDEINTERPRET 7.039



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

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Distributed Load 4

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

Material Properties

| Property | Rilevato | Sabbie con limo | Ghiaie | Sabbie | CA |
|----------------------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
| Color | | | | | |
| Strength Type | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Infinite strength |
| Unit Weight [kN/m ³] | 20 | 19 | 19 | 19 | 25 |
| Cohesion [kPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Friction Angle [deg] | 38 | 30 | 37 | 37 | |
| Water Surface | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table |
| Hu Value | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Global Minimums

Method: bishop simplified

| | |
|------------------------------|------------------------|
| FS | 1.617140 |
| Center: | 40.691, 60.847 |
| Radius: | 18.326 |
| Left Slip Surface Endpoint: | 25.061, 51.280 |
| Right Slip Surface Endpoint: | 51.433, 46.000 |
| Resisting Moment: | 23074.4 kN-m |
| Driving Moment: | 14268.6 kN-m |
| Total Slice Area: | 118.487 m ² |
| Surface Horizontal Width: | 26.3719 m |
| Surface Average Height: | 4.49292 m |

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 990
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.61714

| Slice | Width | Weight | Angle | Base | Base | Base | Shear | Shear | Base | Pore | Effective | Base | Effective |
|-------|-------|--------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----------|------|-----------|
|-------|-------|--------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----------|------|-----------|



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

112 di
139

SLIDEINTERPRET 7.030



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

| Number | [m] | [kN] | of Slice Base [degrees] | Material | Cohesion [kPa] | Friction Angle [degrees] | Stress [kPa] | Strength [kPa] | Normal Stress [kPa] | Pressure [kPa] | Normal Stress [kPa] | Vertical Stress [kPa] | Vertical Stress [kPa] |
|--------|----------|---------|-------------------------|-----------------|----------------|--------------------------|--------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 0.522636 | 4.2105 | -57.0273 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 1.86678 | 3.01885 | 4.82995 | 0 | 4.82995 | 7.70754 | 7.70754 |
| 2 | 0.522636 | 12.1987 | -54.1314 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 5.62403 | 9.09484 | 14.5511 | 0 | 14.5511 | 22.3294 | 22.3294 |
| 3 | 0.522636 | 19.4014 | -51.4264 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 9.24509 | 14.9506 | 23.9199 | 0 | 23.9199 | 35.5119 | 35.5119 |
| 4 | 0.522636 | 25.9545 | -48.8737 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 12.7272 | 20.5816 | 32.929 | 0 | 32.929 | 47.5049 | 47.5049 |
| 5 | 0.522636 | 31.9557 | -46.4455 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 19.967 | 32.2894 | 51.6606 | 0 | 51.6606 | 72.6614 | 72.6614 |
| 6 | 0.522636 | 37.4776 | -44.1215 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 23.3332 | 37.7331 | 60.3703 | 0 | 60.3703 | 82.9988 | 82.9988 |
| 7 | 0.522636 | 42.5762 | -41.8858 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 29.3342 | 47.4375 | 75.8965 | 0 | 75.8965 | 102.204 | 102.204 |
| 8 | 0.522636 | 47.2956 | -39.726 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 33.1357 | 53.5851 | 85.7324 | 0 | 85.7324 | 113.268 | 113.268 |
| 9 | 0.522636 | 51.6713 | -37.6319 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 36.1112 | 58.3969 | 93.4308 | 0 | 93.4308 | 121.272 | 121.272 |
| 10 | 0.522636 | 55.7325 | -35.5954 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 38.9635 | 63.0095 | 100.81 | 0 | 100.81 | 128.701 | 128.701 |
| 11 | 0.522636 | 59.5032 | -33.6095 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 41.6975 | 67.4307 | 107.884 | 0 | 107.884 | 135.598 | 135.598 |
| 12 | 0.522636 | 63.0035 | -31.6685 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 42.6082 | 68.9034 | 110.24 | 0 | 110.24 | 136.523 | 136.523 |
| 13 | 0.522636 | 66.2507 | -29.7672 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 42.9323 | 69.4276 | 111.079 | 0 | 111.079 | 135.634 | 135.634 |
| 14 | 0.522636 | 69.2593 | -27.9014 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 45.8705 | 74.1791 | 118.681 | 0 | 118.681 | 142.97 | 142.97 |
| 15 | 0.522636 | 72.0418 | -26.0673 | Rilevato | 0 | 32.0066 | 51.5289 | 83.3295 | 133.321 | 0 | 133.321 | 158.528 | 158.528 |
| 16 | 0.537141 | 78.8368 | -24.2368 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 42.2764 | 68.3669 | 148.019 | 0 | 148.019 | 167.051 | 167.051 |
| 17 | 0.537141 | 81.6983 | -22.4076 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 43.9864 | 71.1322 | 154.006 | 0 | 154.006 | 172.142 | 172.142 |
| 18 | 0.537141 | 83.8588 | -20.6022 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 45.3907 | 73.4031 | 158.922 | 0 | 158.922 | 175.986 | 175.986 |
| 19 | 0.537141 | 85.8233 | -18.818 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 46.7153 | 75.5451 | 163.56 | 0 | 163.56 | 179.48 | 179.48 |
| 20 | 0.537141 | 87.5981 | -17.0525 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 45.0375 | 72.8319 | 157.686 | 0 | 157.686 | 171.5 | 171.5 |
| 21 | 0.537141 | 89.1888 | -15.3036 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 45.3517 | 73.3401 | 158.786 | 0 | 158.786 | 171.196 | 171.196 |
| 22 | 0.537367 | 90.6388 | -13.5688 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 42.9211 | 69.4095 | 150.912 | 0.636143 | 150.276 | 161.271 | 160.635 |
| 23 | 0.537367 | 91.8763 | -11.8462 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 43.5588 | 70.4407 | 154.334 | 1.82515 | 152.509 | 163.47 | 161.645 |
| 24 | 0.537367 | 92.9421 | -10.1344 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 44.1621 | 71.4163 | 157.47 | 2.84915 | 154.621 | 165.364 | 162.515 |
| 25 | 0.537367 | 93.8391 | -8.4318 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 44.7317 | 72.3375 | 160.326 | 3.71101 | 156.615 | 166.957 | 163.246 |
| 26 | 0.537367 | 94.6845 | -6.73662 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 45.3248 | 73.2966 | 163.105 | 4.41306 | 158.692 | 168.459 | 164.046 |
| 27 | 0.537367 | 101.585 | -5.04736 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 48.969 | 79.1897 | 176.408 | 4.9572 | 171.451 | 180.733 | 175.776 |
| 28 | 0.537367 | 110.07 | -3.36248 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 53.5064 | 86.5274 | 192.683 | 5.34486 | 187.338 | 195.827 | 190.482 |
| 29 | 0.537367 | 57.3916 | -1.68052 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 27.3404 | 44.2133 | 101.302 | 5.57705 | 95.7246 | 102.104 | 96.5267 |
| 30 | 0.537367 | 39.1157 | 0 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 18.2606 | 29.5299 | 69.5885 | 5.65438 | 63.9342 | 69.5885 | 63.9342 |
| 31 | 0.537367 | 39.0352 | 1.68052 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 18.3956 | 29.7483 | 69.984 | 5.57705 | 64.407 | 69.4443 | 63.8673 |
| 32 | 0.537367 | 36.6216 | 3.36248 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 17.3726 | 28.0939 | 66.17 | 5.34486 | 60.8251 | 65.1493 | 59.8044 |
| 33 | 0.537367 | 35.7033 | 5.04736 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 17.1578 | 27.7465 | 65.0301 | 4.9572 | 60.0729 | 63.5147 | 58.5575 |
| 34 | 0.537367 | 35.1353 | 6.73662 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 17.1707 | 27.7675 | 64.5315 | 4.41306 | 60.1185 | 62.5033 | 58.0902 |
| 35 | 0.537367 | 34.2536 | 8.4318 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 17.0662 | 27.5984 | 63.4634 | 3.71101 | 59.7524 | 60.9336 | 57.2226 |
| 36 | 0.537367 | 33.1081 | 10.1344 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 16.8687 | 27.279 | 61.91 | 2.84915 | 59.0609 | 58.8948 | 56.0456 |
| 37 | 0.537367 | 31.7939 | 11.8462 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 16.6281 | 26.8899 | 60.0436 | 1.82515 | 58.2185 | 56.5558 | 54.7307 |
| 38 | 0.537367 | 30.3233 | 13.5688 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 16.3512 | 26.4421 | 57.885 | 0.636143 | 57.2488 | 53.9387 | 53.3025 |
| 39 | 0.51452 | 27.6636 | 15.2667 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 15.9192 | 25.7436 | 55.7365 | 0 | 55.7365 | 51.3914 | 51.3914 |
| 40 | 0.51452 | 26.2111 | 16.9414 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 15.2324 | 24.633 | 53.3321 | 0 | 53.3321 | 48.6921 | 48.6921 |
| 41 | 0.51452 | 24.5971 | 18.6311 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 14.4411 | 23.3533 | 50.5615 | 0 | 50.5615 | 45.6928 | 45.6928 |
| 42 | 0.51452 | 22.817 | 20.3378 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 13.5391 | 21.8947 | 47.4035 | 0 | 47.4035 | 42.385 | 42.385 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

113 di
139

SLIDEINTERPRET 7.039



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

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------|---------|---------|--------------------|---|---------|---------|---------|---------|---|---------|---------|---------|
| 43 | 0.51452 | 20.8655 | 22.0635 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 12.5194 | 20.2457 | 43.8332 | 0 | 43.8332 | 38.7589 | 38.7589 |
| 44 | 0.51452 | 18.7364 | 23.8106 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 11.3737 | 18.3929 | 39.822 | 0 | 39.822 | 34.803 | 34.803 |
| 45 | 0.51452 | 16.4226 | 25.5816 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 10.0924 | 16.3209 | 35.3357 | 0 | 35.3357 | 30.5042 | 30.5042 |
| 46 | 0.51452 | 13.9162 | 27.3792 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 8.66412 | 14.0111 | 30.335 | 0 | 30.335 | 25.8479 | 25.8479 |
| 47 | 0.51452 | 11.2078 | 29.2066 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 7.07527 | 11.4417 | 24.772 | 0 | 24.772 | 20.8167 | 20.8167 |
| 48 | 0.51452 | 8.28671 | 31.0672 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 5.30941 | 8.58606 | 18.5894 | 0 | 18.5894 | 15.3907 | 15.3907 |
| 49 | 0.51452 | 5.14052 | 32.965 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 3.34668 | 5.41205 | 11.7174 | 0 | 11.7174 | 9.54698 | 9.54698 |
| 50 | 0.51452 | 1.75474 | 34.9045 | Sabbie con limo | 0 | 24.7913 | 1.1624 | 1.87976 | 4.0698 | 0 | 4.0698 | 3.25877 | 3.25877 |

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.61714





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

114 di
139

SLIDEINTERPRET 7.030



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

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 25.061 | 51.28 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 25.5836 | 50.4744 | 3.29217 | 0 | 0 |
| 3 | 26.1063 | 49.7515 | 11.9623 | 0 | 0 |
| 4 | 26.6289 | 49.0962 | 24.5419 | 0 | 0 |
| 5 | 27.1515 | 48.4977 | 39.9232 | 0 | 0 |
| 6 | 27.6742 | 47.948 | 60.7502 | 0 | 0 |
| 7 | 28.1968 | 47.4411 | 82.514 | 0 | 0 |
| 8 | 28.7194 | 46.9724 | 106.576 | 0 | 0 |
| 9 | 29.2421 | 46.5381 | 130.735 | 0 | 0 |
| 10 | 29.7647 | 46.1352 | 154.146 | 0 | 0 |
| 11 | 30.2873 | 45.7611 | 176.497 | 0 | 0 |
| 12 | 30.81 | 45.4137 | 197.519 | 0 | 0 |
| 13 | 31.3326 | 45.0913 | 216.442 | 0 | 0 |
| 14 | 31.8552 | 44.7924 | 233.149 | 0 | 0 |
| 15 | 32.3779 | 44.5157 | 248.231 | 0 | 0 |
| 16 | 32.9005 | 44.26 | 261.851 | 0 | 0 |
| 17 | 33.4377 | 44.0182 | 281.998 | 0 | 0 |
| 18 | 33.9748 | 43.7967 | 299.798 | 0 | 0 |
| 19 | 34.5119 | 43.5948 | 315.019 | 0 | 0 |
| 20 | 35.0491 | 43.4117 | 327.553 | 0 | 0 |
| 21 | 35.5862 | 43.247 | 337.187 | 0 | 0 |
| 22 | 36.1234 | 43.1 | 344.151 | 0 | 0 |
| 23 | 36.6607 | 42.9703 | 348.772 | 0 | 0 |
| 24 | 37.1981 | 42.8576 | 350.984 | 0 | 0 |
| 25 | 37.7355 | 42.7615 | 350.697 | 0 | 0 |
| 26 | 38.2728 | 42.6819 | 347.831 | 0 | 0 |
| 27 | 38.8102 | 42.6184 | 342.303 | 0 | 0 |
| 28 | 39.3476 | 42.5709 | 333.455 | 0 | 0 |
| 29 | 39.8849 | 42.5394 | 320.639 | 0 | 0 |
| 30 | 40.4223 | 42.5236 | 312.682 | 0 | 0 |
| 31 | 40.9597 | 42.5236 | 306.37 | 0 | 0 |
| 32 | 41.497 | 42.5394 | 298.875 | 0 | 0 |
| 33 | 42.0344 | 42.5709 | 290.728 | 0 | 0 |
| 34 | 42.5718 | 42.6184 | 281.618 | 0 | 0 |
| 35 | 43.1091 | 42.6819 | 271.44 | 0 | 0 |
| 36 | 43.6465 | 42.7615 | 260.281 | 0 | 0 |
| 37 | 44.1839 | 42.8576 | 248.234 | 0 | 0 |
| 38 | 44.7212 | 42.9703 | 235.379 | 0 | 0 |
| 39 | 45.2586 | 43.1 | 221.801 | 0 | 0 |
| 40 | 45.7731 | 43.2404 | 208.261 | 0 | 0 |
| 41 | 46.2876 | 43.3972 | 194.414 | 0 | 0 |
| 42 | 46.8022 | 43.5706 | 180.417 | 0 | 0 |
| 43 | 47.3167 | 43.7613 | 166.455 | 0 | 0 |
| 44 | 47.8312 | 43.9699 | 152.742 | 0 | 0 |
| 45 | 48.3457 | 44.1969 | 139.528 | 0 | 0 |
| 46 | 48.8602 | 44.4432 | 127.103 | 0 | 0 |
| 47 | 49.3748 | 44.7097 | 115.81 | 0 | 0 |
| 48 | 49.8893 | 44.9973 | 106.049 | 0 | 0 |
| 49 | 50.4038 | 45.3073 | 98.2978 | 0 | 0 |
| 50 | 50.9183 | 45.641 | 93.1268 | 0 | 0 |
| 51 | 51.4328 | 46 | 0 | 0 | 0 |

List Of Coordinates

Water Table

| X | Y |
|----|------|
| 0 | 43.1 |
| 85 | 43.1 |

Distributed Load





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

115 di
139

SLIDEINTERPRET 7.038



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

| X | Y |
|-------|-------|
| 15.21 | 53.98 |
| 6.67 | 53.98 |

Distributed Load

| X | Y |
|-------|-------|
| 36.05 | 51.28 |
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |
| 27.16 | 51.28 |

Distributed Load

| X | Y |
|------|-------|
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |

Distributed Load

| X | Y |
|------|-------|
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |

External Boundary

| X | Y |
|---------|---------|
| 0 | 53.98 |
| 0 | 49.3959 |
| 0 | 44.26 |
| 0 | 42.26 |
| 0 | 34.26 |
| 0 | 15.5 |
| 85 | 15.5 |
| 85 | 34.26 |
| 85 | 42.26 |
| 85 | 44.26 |
| 85 | 46 |
| 45.0698 | 46 |
| 40.222 | 46 |
| 39.78 | 51.28 |
| 38.78 | 51.28 |
| 36.05 | 51.28 |
| 35.1 | 51.28 |
| 32.3 | 51.28 |
| 31.1 | 51.28 |
| 28.3 | 51.28 |
| 27.16 | 51.28 |
| 18.21 | 51.28 |
| 17.81 | 53.98 |
| 15.21 | 53.98 |
| 6.67 | 53.98 |

Material Boundary





Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0600001B

Foglio

116 di
139

SLIDEINTERPRET 7.039



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

| X | Y |
|--------|-------|
| 38.78 | 51.28 |
| 38.78 | 50.52 |
| 39.18 | 50.52 |
| 39.18 | 45.26 |
| 33 | 45.26 |
| 33 | 44.26 |
| 41.6 | 44.26 |
| 41.6 | 45.26 |
| 40.3 | 45.26 |
| 40.222 | 46 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 44.26 |
| 33 | 44.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 41.6 | 44.26 |
| 43.0476 | 44.26 |
| 85 | 44.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 42.26 |
| 85 | 42.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|----|-------|
| 0 | 34.26 |
| 85 | 34.26 |

Material Boundary

| X | Y |
|---------|-------|
| 43.0476 | 44.26 |
| 45.0698 | 46 |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 117 di 139</p> |

ALLEGATO 9 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE

Settle3D Analysis Information

Ri06

Project Settings

Document Name: Ri06_01
Project Title: Ri06
Date Created: 08/03/2021, 11:30:59
Stress Computation Method: Boussinesq
Groundwater method: Water Table
Water Unit Weight: 9.81 kN/m³
Depth to water table: 0.1 [m]

Stage Settings

| Stage # | Name |
|---------|---------|
| 1 | Stage 1 |
| 2 | Stage 2 |

Results

Time taken to compute: 4.41177 seconds

Stage: Stage 1

| Data Type | Minimum | Maximum |
|------------------------------------|--------------|-----------|
| Total Settlement [cm] | 0 | 6.30975 |
| Consolidation Settlement [cm] | 0 | 0 |
| Immediate Settlement [cm] | 0 | 6.30975 |
| Loading Stress [kPa] | 0.0318966 | 205.746 |
| Effective Stress [kPa] | 0.0318966 | 275.026 |
| Total Stress [kPa] | 0.0318966 | 470.245 |
| Total Strain | 1.32059e-006 | 0.0205717 |
| Pore Water Pressure [kPa] | 0 | 195.219 |
| Degree of Consolidation [%] | 0 | 0 |
| Pre-consolidation Stress [kPa] | 0.126959 | 274.976 |
| Over-consolidation Ratio | 1 | 1 |
| Void Ratio | 0 | 0 |
| Hydroconsolidation Settlement [cm] | 0 | 0 |

Stage: Stage 2

| Data Type | Minimum | Maximum |
|-------------------------------|-----------|---------|
| Total Settlement [cm] | 0 | 6.47083 |
| Consolidation Settlement [cm] | 0 | 0 |
| Immediate Settlement [cm] | 0 | 6.47083 |
| Loading Stress [kPa] | 0.0318966 | 205.746 |

| | | |
|------------------------------------|--------------|-----------|
| Effective Stress [kPa] | 0.0318966 | 297.17 |
| Total Stress [kPa] | 0.0318966 | 492.389 |
| Total Strain | 3.09808e-006 | 0.0205717 |
| Pore Water Pressure [kPa] | 0 | 195.219 |
| Degree of Consolidation [%] | 0 | 0 |
| Pre-consolidation Stress [kPa] | 0.126959 | 297.114 |
| Over-consolidation Ratio | 1 | 1.20229 |
| Void Ratio | 0 | 0 |
| Hydroconsolidation Settlement [cm] | 0 | 0 |

Loads

1. Rectangular Load

Length: 20 m
Width: 40 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 800 m²
Load: 7.2 kPa
Depth: 0 m
Installation Stage: Stage 2

Coordinates

| X [m] | Y [m] |
|-------|-------|
| 15 | -20 |
| 35 | -20 |
| 35 | 20 |
| 15 | 20 |

Embankments

1. Embankment

Center Line: (0, -20) to (0, 20)
Number of Layers: 2
Near End Angle: 90 degrees
Far End Angle: 90 degrees
Base Width: 30

| Layer | Stage | Left Bench Width (m) | Left Angle (deg) | Height (m) | Unit Weight (kN/m ³) | Right Angle (deg) | Right Bench Width (m) |
|-------|---------|----------------------|------------------|------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1 | Stage 1 | 0 | 45 | 7.3 | 18 | 90 | 0 |
| 2 | Stage 1 | 0 | 45 | 2.5 | 18 | 45 | 0 |

Soil Layers

| Layer # | Type | Thickness [m] | Depth [m] |
|---------|------|---------------|-----------|
| 1 | U3 | 2 | 0 |



Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

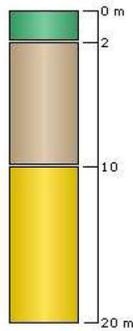
EI2RBRI0600001B

Foglio

120 di
139



| | | | |
|---|----|----|----|
| 2 | U6 | 8 | 2 |
| 3 | U4 | 10 | 10 |



Soil Properties

| Property | U3 | U6 | U4 |
|--|---------|---------|---------|
| Color | | | |
| Unit Weight [kN/m ³] | 19 | 19 | 19 |
| Saturated Unit Weight [kN/m ³] | 19 | 19 | 19 |
| Immediate Settlement | Enabled | Enabled | Enabled |
| Es [kPa] | 10000 | 50000 | 120000 |
| Es bottom [kPa] | | 80000 | |
| Esur [kPa] | 10000 | 10000 | 10000 |
| Esur bottom [kPa] | | 10000 | |

Query Lines

| Line # | Start Location | End Location | Horizontal Divisions | Vertical Divisions |
|--------|----------------|--------------|----------------------|--------------------|
| 1 | -25, 0 | 50, 0 | 150 | Auto: 49 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|-----------------|---------------|
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 11 | EI2RBRI0600001B | 121 di 139 |

ALLEGATO 10 - TABULATI DI CALCOLO PALI D=800

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 122 di 139 |

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag. 1

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=800mm SLE

| | | |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| Quota testa palo da p.c. | = | 1.50 m |
| Quota falda da p.c. | = | .00 m |
| Peso di volume del palo | = | 6.00 kN/m ³ |
| Fattore di sicurezza portata laterale | = | 1.00 (FS,l) |
| Fattore di sicurezza portata di base | = | 1.00 (FS,b) |

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 800. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * .800 = 2.40$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * .800 = 2.40$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 123 di 139 |

pag. 2

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=800mm SLE

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "S,L " (Incoerente) da .00 a 3.50 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \tau &= \beta * S'v < 150.0 \text{ kPa} \\ \beta &= 1.50 - .245 Z^{.50} \\ Z &= \text{profondita da piano campagna} \\ \tau &> .25 * S'v \\ \tau &< 1.20 * S'v \end{aligned}$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 600. \text{ a } 600. \text{ kPa}$$

Strato 2 "G " (Incoerente) da 3.50 a 11.50 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \tau &= \beta * S'v < 150.0 \text{ kPa} \\ \beta &= 2.00 - .147 Z^{.75} \\ Z &= \text{profondita da piano campagna} \\ \tau &> .25 * S'v \\ \tau &< 1.80 * S'v \end{aligned}$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 2500. \text{ a } 2500. \text{ kPa}$$

Strato 3 "S " (Incoerente) da 11.50 a 26.50 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \tau &= \beta * S'v < 150.0 \text{ kPa} \\ \beta &= 1.50 - .245 Z^{.50} \\ Z &= \text{profondita da piano campagna} \\ \tau &> .25 * S'v \end{aligned}$$

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 124 di 139 |

$$\tau < 1.20 * S'v$$

Qb variabile lin. da 2500. a 2500. kPa

pag. 3

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=800mm SLE

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

| strato | Molt. Tau | Molt. Qb | Molt. Cu |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1 "S,L " | 1.00 | 1.00 | - |
| 2 "G " | 1.00 | 1.00 | - |
| 3 "S " | 1.00 | 1.00 | - |

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 125 di 139 |

pag. 4

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=800mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz | S'v | Sv | Cu | Tau/S'v | Tau | qb |
|-------|-------|-------|-----|---------|-------|-------|
| m | kPa | kPa | kPa | - | kPa | kPa |
| 1.50 | 13.5 | 28.5 | -- | 1.20 | 16.2 | 600. |
| 2.00 | 18.0 | 38.0 | -- | 1.15 | 20.8 | 600. |
| 2.50 | 22.5 | 47.5 | -- | 1.11 | 25.0 | 600. |
| 3.00 | 27.0 | 57.0 | -- | 1.08 | 29.0 | 600. |
| 3.50 | 31.5 | 66.5 | -- | 1.33 | 42.0 | 600. |
| 4.00 | 36.0 | 76.0 | -- | 1.58 | 57.0 | 980. |
| 4.50 | 40.5 | 85.5 | -- | 1.55 | 62.6 | 1360. |
| 5.00 | 45.0 | 95.0 | -- | 1.51 | 67.9 | 1740. |
| 5.50 | 49.5 | 104.5 | -- | 1.47 | 72.9 | 2120. |
| 6.00 | 54.0 | 114.0 | -- | 1.44 | 77.6 | 2500. |
| 6.50 | 58.5 | 123.5 | -- | 1.40 | 82.0 | 2500. |
| 7.00 | 63.0 | 133.0 | -- | 1.37 | 86.1 | 2500. |
| 7.50 | 67.5 | 142.5 | -- | 1.33 | 90.0 | 2500. |
| 8.00 | 72.0 | 152.0 | -- | 1.30 | 93.7 | 2500. |
| 8.50 | 76.5 | 161.5 | -- | 1.27 | 97.0 | 2500. |
| 9.00 | 81.0 | 171.0 | -- | 1.24 | 100.1 | 2500. |
| 9.50 | 85.5 | 180.5 | -- | 1.20 | 103.0 | 2500. |
| 10.00 | 90.0 | 190.0 | -- | 1.17 | 105.6 | 2500. |
| 10.50 | 94.5 | 199.5 | -- | 1.14 | 108.0 | 2500. |
| 11.00 | 99.0 | 209.0 | -- | 1.11 | 110.1 | 2500. |
| 11.50 | 103.5 | 218.5 | -- | .88 | 90.6 | 2500. |
| 12.00 | 108.0 | 228.0 | -- | .65 | 70.3 | 2500. |
| 12.50 | 112.5 | 237.5 | -- | .63 | 71.3 | 2500. |
| 13.00 | 117.0 | 247.0 | -- | .62 | 72.1 | 2500. |
| 13.50 | 121.5 | 256.5 | -- | .60 | 72.9 | 2500. |
| 14.00 | 126.0 | 266.0 | -- | .58 | 73.5 | 2500. |
| 14.50 | 130.5 | 275.5 | -- | .57 | 74.0 | 2500. |
| 15.00 | 135.0 | 285.0 | -- | .55 | 74.4 | 2500. |
| 15.50 | 139.5 | 294.5 | -- | .54 | 74.7 | 2500. |
| 16.00 | 144.0 | 304.0 | -- | .52 | 74.9 | 2500. |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 126 di 139 |

pag. 5

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=800mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz | S'v | Sv | Cu | Tau/S'v | Tau | qb |
|-------|-------|-------|-----|---------|------|-------|
| m | kPa | kPa | kPa | - | kPa | kPa |
| 16.50 | 148.5 | 313.5 | -- | .50 | 75.0 | 2500. |
| 17.00 | 153.0 | 323.0 | -- | .49 | 74.9 | 2500. |
| 17.50 | 157.5 | 332.5 | -- | .48 | 74.8 | 2500. |
| 18.00 | 162.0 | 342.0 | -- | .46 | 74.6 | 2500. |
| 18.50 | 166.5 | 351.5 | -- | .45 | 74.3 | 2500. |
| 19.00 | 171.0 | 361.0 | -- | .43 | 73.9 | 2500. |
| 19.50 | 175.5 | 370.5 | -- | .42 | 73.4 | 2500. |
| 20.00 | 180.0 | 380.0 | -- | .40 | 72.8 | 2500. |
| 20.50 | 184.5 | 389.5 | -- | .39 | 72.1 | 2500. |
| 21.00 | 189.0 | 399.0 | -- | .38 | 71.3 | 2500. |
| 21.50 | 193.5 | 408.5 | -- | .36 | 70.4 | 2500. |
| 22.00 | 198.0 | 418.0 | -- | .35 | 69.5 | 2500. |
| 22.50 | 202.5 | 427.5 | -- | .34 | 68.4 | 2500. |
| 23.00 | 207.0 | 437.0 | -- | .33 | 67.3 | 2500. |
| 23.50 | 211.5 | 446.5 | -- | .31 | 66.1 | 2500. |
| 24.00 | 216.0 | 456.0 | -- | .30 | 64.7 | 2500. |
| 24.50 | 220.5 | 465.5 | -- | .29 | 63.4 | 2500. |
| 25.00 | 225.0 | 475.0 | -- | .27 | 61.9 | 2500. |
| 25.50 | 229.5 | 484.5 | -- | .26 | 60.3 | 2500. |
| 26.00 | 234.0 | 494.0 | -- | .25 | 58.7 | 2500. |
| 26.50 | 238.5 | 503.5 | -- | .25 | 59.6 | 2500. |

zz = Profondita' da piano campagna
S'v = Tensione verticale efficace
Sv = Tensione verticale totale
Cu = Coesione non drenata
Tau = Tensione di adesione laterale limite
qb = Portata di base limite unitaria

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=800mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Ql1 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00 | 0. | 302. | 0. | 302. | 302. |
| .50 | 23. | 302. | 2. | 323. | 323. |
| 1.00 | 52. | 302. | 3. | 351. | 351. |
| 1.50 | 86. | 302. | 5. | 383. | 383. |
| 2.00 | 131. | 302. | 6. | 426. | 426. |
| 2.50 | 193. | 493. | 8. | 678. | 678. |
| 3.00 | 268. | 684. | 9. | 943. | 943. |
| 3.50 | 350. | 875. | 11. | 1214. | 1214. |
| 4.00 | 438. | 1066. | 12. | 1492. | 1492. |
| 4.50 | 533. | 1257. | 14. | 1776. | 1776. |
| 5.00 | 633. | 1257. | 15. | 1875. | 1875. |
| 5.50 | 739. | 1257. | 17. | 1979. | 1979. |
| 6.00 | 850. | 1257. | 18. | 2088. | 2088. |
| 6.50 | 965. | 1257. | 20. | 2202. | 2202. |
| 7.00 | 1085. | 1257. | 21. | 2320. | 2320. |
| 7.50 | 1209. | 1257. | 23. | 2443. | 2443. |
| 8.00 | 1336. | 1257. | 24. | 2569. | 2569. |
| 8.50 | 1467. | 1257. | 26. | 2698. | 2698. |
| 9.00 | 1601. | 1257. | 27. | 2831. | 2831. |
| 9.50 | 1739. | 1257. | 29. | 2966. | 2966. |
| 10.00 | 1865. | 1257. | 30. | 3091. | 3091. |
| 10.50 | 1966. | 1257. | 32. | 3191. | 3191. |
| 11.00 | 2055. | 1257. | 33. | 3278. | 3278. |
| 11.50 | 2145. | 1257. | 35. | 3367. | 3367. |
| 12.00 | 2236. | 1257. | 36. | 3456. | 3456. |
| 12.50 | 2328. | 1257. | 38. | 3547. | 3547. |
| 13.00 | 2421. | 1257. | 39. | 3638. | 3638. |
| 13.50 | 2514. | 1257. | 41. | 3730. | 3730. |
| 14.00 | 2608. | 1257. | 42. | 3822. | 3822. |
| 14.50 | 2702. | 1257. | 44. | 3914. | 3914. |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 128 di 139 |

pag. 7

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=800mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Ql1 kN | Qbl kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 15.00 | 2796. | 1257. | 45. | 4007. | 4007. |
| 15.50 | 2890. | 1257. | 47. | 4100. | 4100. |
| 16.00 | 2984. | 1257. | 48. | 4192. | 4192. |
| 16.50 | 3078. | 1257. | 50. | 4285. | 4285. |
| 17.00 | 3171. | 1257. | 51. | 4377. | 4377. |
| 17.50 | 3265. | 1257. | 53. | 4468. | 4468. |
| 18.00 | 3357. | 1257. | 54. | 4559. | 4559. |
| 18.50 | 3449. | 1257. | 56. | 4650. | 4650. |
| 19.00 | 3540. | 1257. | 57. | 4739. | 4739. |
| 19.50 | 3630. | 1257. | 59. | 4828. | 4828. |
| 20.00 | 3719. | 1257. | 60. | 4915. | 4915. |
| 20.50 | 3807. | 1257. | 62. | 5002. | 5002. |
| 21.00 | 3894. | 1257. | 63. | 5087. | 5087. |
| 21.50 | 3979. | 1257. | 65. | 5171. | 5171. |
| 22.00 | 4063. | 1257. | 66. | 5253. | 5253. |
| 22.50 | 4145. | 1257. | 68. | 5334. | 5334. |
| 23.00 | 4225. | 1257. | 69. | 5413. | 5413. |
| 23.50 | 4304. | 1257. | 71. | 5490. | 5490. |
| 24.00 | 4381. | 1257. | 72. | 5565. | 5565. |
| 24.50 | 4456. | 1257. | 74. | 5638. | 5638. |
| 25.00 | 4530. | 1257. | 75. | 5711. | 5711. |

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 11</p> | <p>Codifica EI2RBRI0600001B</p> | <p>Foglio 129 di 139</p> |

ALLEGATO 11 - TABULATI DI CALCOLO PALI D=1000

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 130 di 139 |

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag. 1

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

| | | |
|---------------------------------------|---|-------------|
| Quota testa palo da p.c. | = | 1.50 m |
| Quota falda da p.c. | = | .00 m |
| Peso di volume del palo | = | 6.00 kN/m3 |
| Fattore di sicurezza portata laterale | = | 1.00 (FS,l) |
| Fattore di sicurezza portata di base | = | 1.00 (FS,b) |

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1000. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.000 = 3.00$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.000 = 3.00$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 131 di 139 |

pag. 2

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "S,L " (Incoerente) da .00 a 3.50 m

Gn = 19.0 kN/m3 Ge = 9.0 kN/m3

Tau = beta * S'v < 150.0 kPa
beta = 1.50 - .245 Z^ .50
Z = profondita da piano campagna
Tau > .25 * S'v
Tau < 1.20 * S'v

Qb variabile lin. da 600. a 600. kPa

Strato 2 "G " (Incoerente) da 3.50 a 11.50 m

Gn = 19.0 kN/m3 Ge = 9.0 kN/m3

Tau = beta * S'v < 150.0 kPa
beta = 2.00 - .147 Z^ .75
Z = profondita da piano campagna
Tau > .25 * S'v
Tau < 1.80 * S'v

Qb variabile lin. da 2500. a 2500. kPa

Strato 3 "S " (Incoerente) da 11.50 a 29.50 m

Gn = 19.0 kN/m3 Ge = 9.0 kN/m3

Tau = beta * S'v < 150.0 kPa
beta = 1.50 - .245 Z^ .50
Z = profondita da piano campagna
Tau > .25 * S'v

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 132 di 139 |

$$\tau < 1.20 * S'v$$

Qb variabile lin. da 2500. a 2500. kPa

pag. 3

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "G " (Incoerente) da 29.50 a 41.50 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \beta * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$\beta = 2.00 - .147 Z^{.75}$$

Z = profondita da piano campagna

$$\tau > .25 * S'v$$

$$\tau < 1.80 * S'v$$

Qb variabile lin. da 2500. a 2500. kPa

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|-----------------|---------------|
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 11 | EI2RBRI0600001B | 133 di 139 |

pag. 4

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

| strato | Molt. Tau | Molt. Qb | Molt. Cu |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1 "S,L " | 1.00 | 1.00 | - |
| 2 "G " | 1.00 | 1.00 | - |
| 3 "S " | 1.00 | 1.00 | - |
| 4 "G " | 1.00 | 1.00 | - |

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

| | | | | |
|--|----------|-------|-----------------|---------------|
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 11 | EI2RBRI0600001B | 134 di 139 |

pag. 5

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz m | S'v kPa | Sv kPa | Cu kPa | Tau/S'v - | Tau kPa | qb kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|
| 1.50 | 13.5 | 28.5 | -- | 1.20 | 16.2 | 600. |
| 2.00 | 18.0 | 38.0 | -- | 1.15 | 20.8 | 600. |
| 2.50 | 22.5 | 47.5 | -- | 1.11 | 25.0 | 600. |
| 3.00 | 27.0 | 57.0 | -- | 1.08 | 29.0 | 600. |
| 3.50 | 31.5 | 66.5 | -- | 1.33 | 42.0 | 600. |
| 4.00 | 36.0 | 76.0 | -- | 1.58 | 57.0 | 917. |
| 4.50 | 40.5 | 85.5 | -- | 1.55 | 62.6 | 1233. |
| 5.00 | 45.0 | 95.0 | -- | 1.51 | 67.9 | 1550. |
| 5.50 | 49.5 | 104.5 | -- | 1.47 | 72.9 | 1867. |
| 6.00 | 54.0 | 114.0 | -- | 1.44 | 77.6 | 2183. |
| 6.50 | 58.5 | 123.5 | -- | 1.40 | 82.0 | 2500. |
| 7.00 | 63.0 | 133.0 | -- | 1.37 | 86.1 | 2500. |
| 7.50 | 67.5 | 142.5 | -- | 1.33 | 90.0 | 2500. |
| 8.00 | 72.0 | 152.0 | -- | 1.30 | 93.7 | 2500. |
| 8.50 | 76.5 | 161.5 | -- | 1.27 | 97.0 | 2500. |
| 9.00 | 81.0 | 171.0 | -- | 1.24 | 100.1 | 2500. |
| 9.50 | 85.5 | 180.5 | -- | 1.20 | 103.0 | 2500. |
| 10.00 | 90.0 | 190.0 | -- | 1.17 | 105.6 | 2500. |
| 10.50 | 94.5 | 199.5 | -- | 1.14 | 108.0 | 2500. |
| 11.00 | 99.0 | 209.0 | -- | 1.11 | 110.1 | 2500. |
| 11.50 | 103.5 | 218.5 | -- | .88 | 90.6 | 2500. |
| 12.00 | 108.0 | 228.0 | -- | .65 | 70.3 | 2500. |
| 12.50 | 112.5 | 237.5 | -- | .63 | 71.3 | 2500. |
| 13.00 | 117.0 | 247.0 | -- | .62 | 72.1 | 2500. |
| 13.50 | 121.5 | 256.5 | -- | .60 | 72.9 | 2500. |
| 14.00 | 126.0 | 266.0 | -- | .58 | 73.5 | 2500. |
| 14.50 | 130.5 | 275.5 | -- | .57 | 74.0 | 2500. |
| 15.00 | 135.0 | 285.0 | -- | .55 | 74.4 | 2500. |
| 15.50 | 139.5 | 294.5 | -- | .54 | 74.7 | 2500. |
| 16.00 | 144.0 | 304.0 | -- | .52 | 74.9 | 2500. |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 135 di 139 |

pag. 6

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz | S'v | Sv | Cu | Tau/S'v | Tau | qb |
|-------|-------|-------|-----|---------|------|-------|
| m | kPa | kPa | kPa | - | kPa | kPa |
| 16.50 | 148.5 | 313.5 | -- | .50 | 75.0 | 2500. |
| 17.00 | 153.0 | 323.0 | -- | .49 | 74.9 | 2500. |
| 17.50 | 157.5 | 332.5 | -- | .48 | 74.8 | 2500. |
| 18.00 | 162.0 | 342.0 | -- | .46 | 74.6 | 2500. |
| 18.50 | 166.5 | 351.5 | -- | .45 | 74.3 | 2500. |
| 19.00 | 171.0 | 361.0 | -- | .43 | 73.9 | 2500. |
| 19.50 | 175.5 | 370.5 | -- | .42 | 73.4 | 2500. |
| 20.00 | 180.0 | 380.0 | -- | .40 | 72.8 | 2500. |
| 20.50 | 184.5 | 389.5 | -- | .39 | 72.1 | 2500. |
| 21.00 | 189.0 | 399.0 | -- | .38 | 71.3 | 2500. |
| 21.50 | 193.5 | 408.5 | -- | .36 | 70.4 | 2500. |
| 22.00 | 198.0 | 418.0 | -- | .35 | 69.5 | 2500. |
| 22.50 | 202.5 | 427.5 | -- | .34 | 68.4 | 2500. |
| 23.00 | 207.0 | 437.0 | -- | .33 | 67.3 | 2500. |
| 23.50 | 211.5 | 446.5 | -- | .31 | 66.1 | 2500. |
| 24.00 | 216.0 | 456.0 | -- | .30 | 64.7 | 2500. |
| 24.50 | 220.5 | 465.5 | -- | .29 | 63.4 | 2500. |
| 25.00 | 225.0 | 475.0 | -- | .27 | 61.9 | 2500. |
| 25.50 | 229.5 | 484.5 | -- | .26 | 60.3 | 2500. |
| 26.00 | 234.0 | 494.0 | -- | .25 | 58.7 | 2500. |
| 26.50 | 238.5 | 503.5 | -- | .25 | 59.6 | 2500. |
| 27.00 | 243.0 | 513.0 | -- | .25 | 60.8 | 2500. |
| 27.50 | 247.5 | 522.5 | -- | .25 | 61.9 | 2500. |
| 28.00 | 252.0 | 532.0 | -- | .25 | 63.0 | 2500. |
| 28.50 | 256.5 | 541.5 | -- | .25 | 64.1 | 2500. |
| 29.00 | 261.0 | 551.0 | -- | .25 | 65.3 | 2500. |
| 29.50 | 265.5 | 560.5 | -- | .25 | 66.4 | 2500. |
| 30.00 | 270.0 | 570.0 | -- | .25 | 67.5 | 2500. |
| 30.50 | 274.5 | 579.5 | -- | .25 | 68.6 | 2500. |
| 31.00 | 279.0 | 589.0 | -- | .25 | 69.8 | 2500. |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 136 di 139 |

pag. 7

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz | S'v | Sv | Cu | Tau/S'v | Tau | qb |
|-------|-------|-------|-----|---------|------|-------|
| m | kPa | kPa | kPa | - | kPa | kPa |
| 31.50 | 283.5 | 598.5 | -- | .25 | 70.9 | 2500. |
| 32.00 | 288.0 | 608.0 | -- | .25 | 72.0 | 2500. |
| 32.50 | 292.5 | 617.5 | -- | .25 | 73.1 | 2500. |
| 33.00 | 297.0 | 627.0 | -- | .25 | 74.3 | 2500. |
| 33.50 | 301.5 | 636.5 | -- | .25 | 75.4 | 2500. |
| 34.00 | 306.0 | 646.0 | -- | .25 | 76.5 | 2500. |
| 34.50 | 310.5 | 655.5 | -- | .25 | 77.6 | 2500. |
| 35.00 | 315.0 | 665.0 | -- | .25 | 78.8 | 2500. |
| 35.50 | 319.5 | 674.5 | -- | .25 | 79.9 | 2500. |
| 36.00 | 324.0 | 684.0 | -- | .25 | 81.0 | 2500. |
| 36.50 | 328.5 | 693.5 | -- | .25 | 82.1 | 2500. |
| 37.00 | 333.0 | 703.0 | -- | .25 | 83.3 | 2500. |
| 37.50 | 337.5 | 712.5 | -- | .25 | 84.4 | 2500. |
| 38.00 | 342.0 | 722.0 | -- | .25 | 85.5 | 2500. |
| 38.50 | 346.5 | 731.5 | -- | .25 | 86.6 | 2500. |
| 39.00 | 351.0 | 741.0 | -- | .25 | 87.8 | 2500. |
| 39.50 | 355.5 | 750.5 | -- | .25 | 88.9 | 2500. |
| 40.00 | 360.0 | 760.0 | -- | .25 | 90.0 | 2500. |
| 40.50 | 364.5 | 769.5 | -- | .25 | 91.1 | 2500. |
| 41.00 | 369.0 | 779.0 | -- | .25 | 92.3 | 2500. |
| 41.50 | 373.5 | 788.5 | -- | .25 | 93.4 | 2500. |

zz = Profondita' da piano campagna
S'v = Tensione verticale efficace
Sv = Tensione verticale totale
Cu = Coesione non drenata
Tau = Tensione di adesione laterale limite
qb = Portata di base limite unitaria

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 137 di 139 |

pag. 8

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Q11 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00 | 0. | 471. | 0. | 471. | 471. |
| .50 | 29. | 471. | 2. | 498. | 498. |
| 1.00 | 65. | 471. | 5. | 532. | 532. |
| 1.50 | 107. | 471. | 7. | 572. | 572. |
| 2.00 | 163. | 471. | 9. | 625. | 625. |
| 2.50 | 241. | 720. | 12. | 949. | 949. |
| 3.00 | 335. | 969. | 14. | 1290. | 1290. |
| 3.50 | 437. | 1217. | 16. | 1638. | 1638. |
| 4.00 | 548. | 1466. | 19. | 1995. | 1995. |
| 4.50 | 666. | 1715. | 21. | 2360. | 2360. |
| 5.00 | 791. | 1963. | 24. | 2731. | 2731. |
| 5.50 | 924. | 1963. | 26. | 2861. | 2861. |
| 6.00 | 1062. | 1963. | 28. | 2997. | 2997. |
| 6.50 | 1206. | 1963. | 31. | 3139. | 3139. |
| 7.00 | 1356. | 1963. | 33. | 3286. | 3286. |
| 7.50 | 1511. | 1963. | 35. | 3439. | 3439. |
| 8.00 | 1670. | 1963. | 38. | 3596. | 3596. |
| 8.50 | 1834. | 1963. | 40. | 3758. | 3758. |
| 9.00 | 2002. | 1963. | 42. | 3923. | 3923. |
| 9.50 | 2173. | 1963. | 45. | 4092. | 4092. |
| 10.00 | 2331. | 1963. | 47. | 4247. | 4247. |
| 10.50 | 2457. | 1963. | 49. | 4371. | 4371. |
| 11.00 | 2568. | 1963. | 52. | 4480. | 4480. |
| 11.50 | 2681. | 1963. | 54. | 4590. | 4590. |
| 12.00 | 2795. | 1963. | 57. | 4702. | 4702. |
| 12.50 | 2910. | 1963. | 59. | 4815. | 4815. |
| 13.00 | 3026. | 1963. | 61. | 4928. | 4928. |
| 13.50 | 3142. | 1963. | 64. | 5042. | 5042. |
| 14.00 | 3259. | 1963. | 66. | 5157. | 5157. |
| 14.50 | 3377. | 1963. | 68. | 5272. | 5272. |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 138 di 139 |

pag. 9

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Ql1 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 15.00 | 3495. | 1963. | 71. | 5387. | 5387. |
| 15.50 | 3612. | 1963. | 73. | 5503. | 5503. |
| 16.00 | 3730. | 1963. | 75. | 5618. | 5618. |
| 16.50 | 3847. | 1963. | 78. | 5733. | 5733. |
| 17.00 | 3964. | 1963. | 80. | 5848. | 5848. |
| 17.50 | 4081. | 1963. | 82. | 5962. | 5962. |
| 18.00 | 4196. | 1963. | 85. | 6075. | 6075. |
| 18.50 | 4311. | 1963. | 87. | 6187. | 6187. |
| 19.00 | 4425. | 1963. | 90. | 6299. | 6299. |
| 19.50 | 4538. | 1963. | 92. | 6409. | 6409. |
| 20.00 | 4649. | 1963. | 94. | 6518. | 6518. |
| 20.50 | 4759. | 1963. | 97. | 6626. | 6626. |
| 21.00 | 4867. | 1963. | 99. | 6732. | 6732. |
| 21.50 | 4974. | 1963. | 101. | 6836. | 6836. |
| 22.00 | 5078. | 1963. | 104. | 6938. | 6938. |
| 22.50 | 5181. | 1963. | 106. | 7039. | 7039. |
| 23.00 | 5282. | 1963. | 108. | 7137. | 7137. |
| 23.50 | 5380. | 1963. | 111. | 7233. | 7233. |
| 24.00 | 5476. | 1963. | 113. | 7326. | 7326. |
| 24.50 | 5569. | 1963. | 115. | 7417. | 7417. |
| 25.00 | 5662. | 1963. | 118. | 7508. | 7508. |
| 25.50 | 5757. | 1963. | 120. | 7600. | 7600. |
| 26.00 | 5853. | 1963. | 123. | 7694. | 7694. |
| 26.50 | 5951. | 1963. | 125. | 7790. | 7790. |
| 27.00 | 6051. | 1963. | 127. | 7887. | 7887. |
| 27.50 | 6153. | 1963. | 130. | 7987. | 7987. |
| 28.00 | 6256. | 1963. | 132. | 8088. | 8088. |
| 28.50 | 6361. | 1963. | 134. | 8190. | 8190. |
| 29.00 | 6468. | 1963. | 137. | 8295. | 8295. |
| 29.50 | 6577. | 1963. | 139. | 8401. | 8401. |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario AV da pk 1+337 a pk 1+875 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 11 | Codifica EI2RBRI0600001B | Foglio 139 di 139 |

pag. 10

MURO RI06 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1000mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Ql1 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 30.00 | 6687. | 1963. | 141. | 8509. | 8509. |

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Q_{l1}/FS_{,l} + Q_{b1}/FS_{,b} - W_p$