

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

RILEVATI

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45

GENERALE

Relazione Geotecnica

| | | | | |
|----------------------------|---|------------------|--|------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | DIRETTORE LAVORI | | SCALA - |
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE | Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Aprile 2021 | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|---------------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. | FOGLIO |
| I N 1 7 | 1 2 | E | I 2 | R B | R I 7 3 B 0 | 0 0 1 | A | - - - P - - - |

| | | |
|--|----------------------------|---------------------|
| | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE | |
| | Firma Luca RANDOLFI | Data Aprile 2021 |

Progettazione:

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | IL PROGETTISTA |
|------|-------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|-------------------|
| A | EMISSIONE | N. Valimberti <i>N. Valimberti</i> | Aprile 2021 | V. Pastore <i>V. Pastore</i> | Aprile 2021 | P. Ascari <i>P. Ascari</i> | Aprile 2021 | P. Ascari |
| | | | | | | | | Data: Aprile 2021 |

| | | |
|-----------------|----------------------|----------------------------------|
| CIG: 8377957CD1 | CUP: J41E91000000009 | File: IN1712EI2RBRI73B0001A.DOCX |
| | | Cod. origine: |



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 2 di 94</p> |

INDICE

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | INTRODUZIONE | 4 |
| 2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.1 | Documentazione di progetto | 5 |
| 2.2 | Normativa e standard di riferimento | 5 |
| 2.3 | Bibliografia | 6 |
| 3 | INQUADRAMENTO DELL'OPERA | 8 |
| 3.1 | Geometria del rilevato | 8 |
| 4 | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 9 |
| 4.1 | Inquadramento geotecnico | 9 |
| 4.1.1 | Indagini disponibili | 10 |
| 4.1.2 | Livello di falda | 12 |
| 4.2 | Condizioni geotecniche del sito | 13 |
| 4.3 | Sintesi del modello geotecnico di riferimento | 22 |
| 4.3.1 | Materiale da rilevato | 22 |
| 5 | CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE | 23 |
| 5.1 | Sollecitazione sismica di progetto | 23 |
| 5.1.1 | Vita Nominale | 23 |
| 5.1.2 | Classe d'uso | 23 |
| 5.1.3 | Periodo di riferimento per l'azione sismica | 24 |
| 5.1.4 | Categorie di Sottosuolo | 24 |
| 5.1.5 | Condizioni topografiche | 24 |
| 5.1.6 | Accelerazione sismica di riferimento | 25 |
| 5.2 | Suscettibilità alla liquefazione | 25 |
| 5.2.1 | CRR da correlazione su prove CPT | 27 |
| 5.2.2 | CRR da correlazione su prove SPT | 29 |
| 5.3 | Risultati delle verifiche a liquefazione | 32 |
| 6 | VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO | 40 |
| 7 | RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI | 41 |
| 7.1 | Introduzione | 41 |
| 7.2 | Analisi agli stati limite | 41 |
| 7.3 | Metodologia di calcolo | 43 |
| 7.3.1 | Portata laterale | 44 |
| 7.3.1.1 | Depositi coesivi | 44 |
| 7.3.1.2 | Depositi incoerenti | 45 |
| 7.3.2 | Portata di base | 45 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 3 di 94 |

| | | |
|---|--|----|
| 7.3.2.1 | Depositi coesivi | 45 |
| 7.3.2.2 | Depositi incoerenti | 45 |
| 7.3.2.3 | Terreni stratificati | 46 |
| 7.4 | Stratigrafia di calcolo e fattori parziali | 47 |
| 7.5 | Risultati | 47 |
| 7.5.1 | PALI D = 600 mm | 48 |
| 7.5.2 | PALI D = 800 mm | 52 |
| 8 | CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI | 56 |
| Allegati | | 57 |
| ALLEGATO 1 - STRATIGRAFIE | | 58 |
| ALLEGATO 2 - SONDAGGI | | 60 |
| ALLEGATO 3 - TABULATI DI CALCOLO PALI D = 600 | | 76 |
| ALLEGATO 4 - TABULATI DI CALCOLO PALI D = 800 | | 86 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 4 di 94 |

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI73B, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 188+464,16 ed il km 188+900,45 della linea storica.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta. Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa applicabile (v. capitolo seguente), in modo tale da garantire il rispetto dei requisiti prestazionali previsti per le opere in oggetto.

Il documento è così organizzato:

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 5 di 94 |

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000004A Relazione Geotecnica (da 33+500 a 44+250)
- [3] IN1710EI2LZGE0000021A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 10 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE00000065A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000010A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 10 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000004A Relazione idrogeologica 2/2
- [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 seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 6 di 94</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] Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), “Influence of confining stress on liquefaction resistance”, Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- [26] Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2004), “Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes”. In: Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake engineering, and 3d International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering. D. Doolin et al., eds., Stallion press, Vol. 1, pp. 32-56.
- [27] Liao, S.C.C. and Whitman, R.V. (1986), “Overburden Correction Factors for SPT in sand”, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 3, 373-377.
- [28] Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). “ Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test”. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.
- [29] 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.
- [30] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [34] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009
- [35] 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

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 7 di 94</p> |

- [36] Reese L.C. and O'Neill M.W. (1999), "Drilled shafts. Construction procedures and design methods" Federal Highway administration. Report FHWA-IF-99-025
- [37] 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.
- [38] Meyerhof G.G. (1976), "Bearing capacity and settlement of pile foundations" JGED, ASCE, GT3, pp.197-228
- [39] 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.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 8 di 94</p> |

3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende dalla pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica, per una lunghezza totale di 436,29 m. Il rilevato viene realizzato in un'area interessata dalla seconda variante della linea storica e risulta interessato dalla costruzione di un nuovo cavalcaferrovia alla pk 38+917,88. Non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

3.1 Geometria del rilevato

Come detto il rilevato risulta sempre in affiancamento alla linea AV. Con una lunghezza di 436,29 m, il rilevato ha una sezione uniforme per tutto il tracciato ed è realizzato in affiancamento sul lato Sud, risultando di fatto a raso con il piano campagna. Il lato Nord del rilevato, lato LS, è interessato da un muro di contenimento/mitigazione che si estende dalla pk 38+904,00 della linea AV fino al termine della WBS in esame. La stabilità di questo muro viene garantita da una fondazione su pali.

Alla pk 38+931,37 della linea AV, sezione n. RI73B-10, si riscontra la sezione con il muro sul lato Nord con paramento di altezza pari a 4,00 m, vedi Sezione A (Figura 1). Non sono previste analisi di stabilità e di cedimento in quanto non sussistono rischi geotecnici per il rilevato in esame, trattandosi di un'opera praticamente a raso del piano campagna esistente. Si riporta comunque la caratterizzazione geotecnica per la tratta e le curve di resistenza di progetto per i pali.

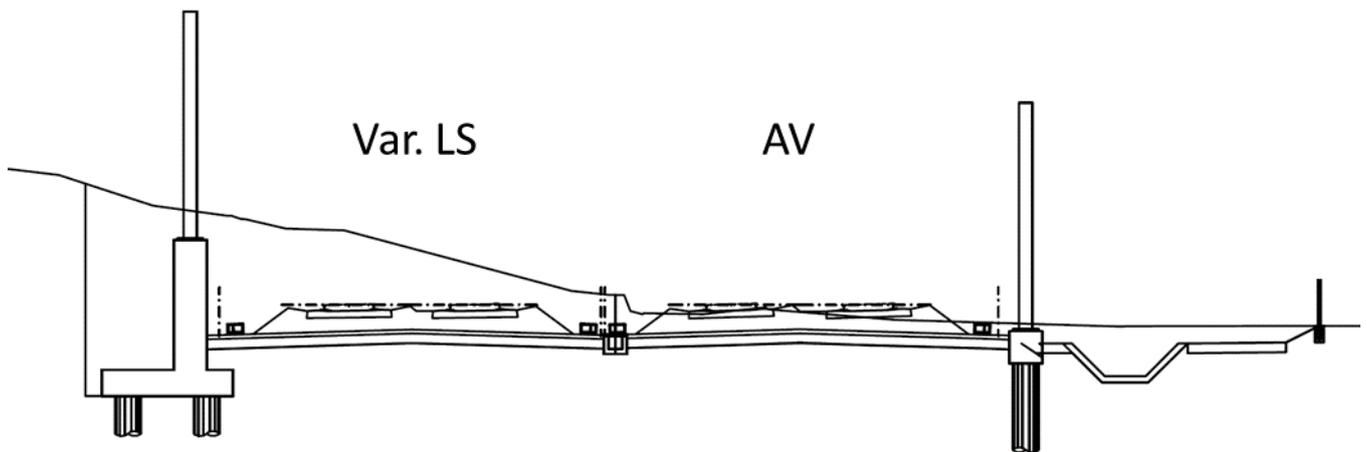


Figura 1 – Sezione di riferimento A (pk 38+931,37 n. RI73B-10) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 9 di 94 |

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Inquadramento geotecnico

La tratta relativa al rilevato in esame si estende dalla progressiva p pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica.

Dal punto di vista geotecnico la parte sommitale della stratigrafia è generalmente occupata da limi argillosi sabbiosi (Unità 2). Lo spessore è variabile fra 7 e 10 m dal p.c., in tutto questo tratto, al di sotto della copertura superficiale si trovano ghiaie sabbiose (unità 6).

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

Nella Figura 2 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato R173B, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 10 di 11 (Doc. Rif. [3]), vedi ALLEGATO 1 - .

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 10 di 94 |

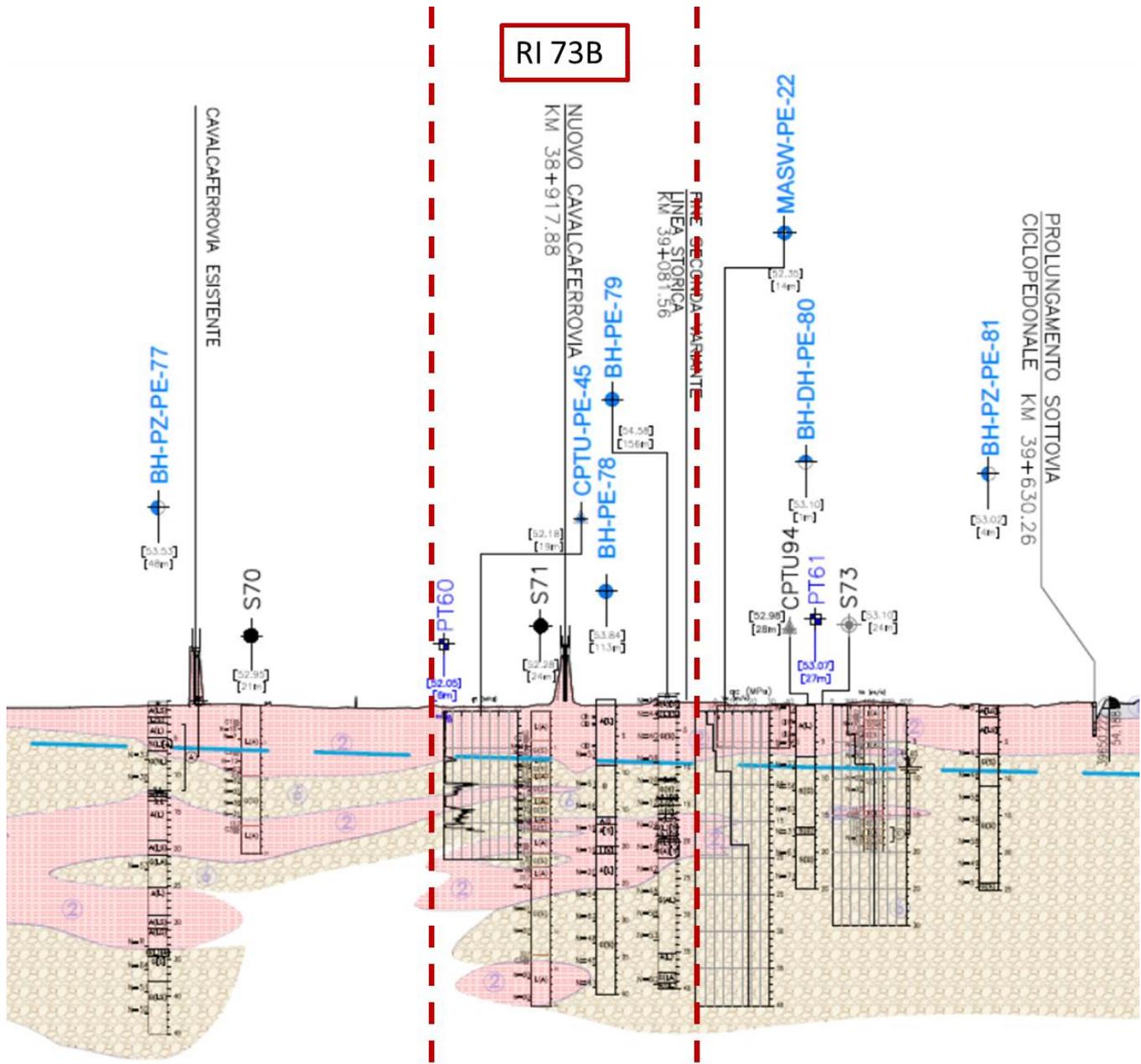


Figura 2 - Profilo Geotecnico Rilevato RI73B, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

4.1.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 3, 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 per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Nel seguente

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 11 di 94 |

paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative alla tratta di interesse 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 da pk 38+300 a pk 39+300

| Progressiva pk | ID indagini - | Campagna anno |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 38+355 | BH-PE-77 | 2020-2021 |
| 38+480 | S 70 | 2015 |
| 38+870 | S 71 | 2015 |
| 38+900 | CPTU-PE-45 | 2020-2021 |
| 38+958 | BH-PE-78 | 2020-2021 |
| 38+955 | BH-PE-79 | 2020-2021 |
| 39+198 | MASW-PE-22 | 2020-2021 |
| 38+240 | CPTU94 | 2015 |
| 39+227 | BH-DH-PE-80 | 2020-2021 |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 12 di 94</p> |

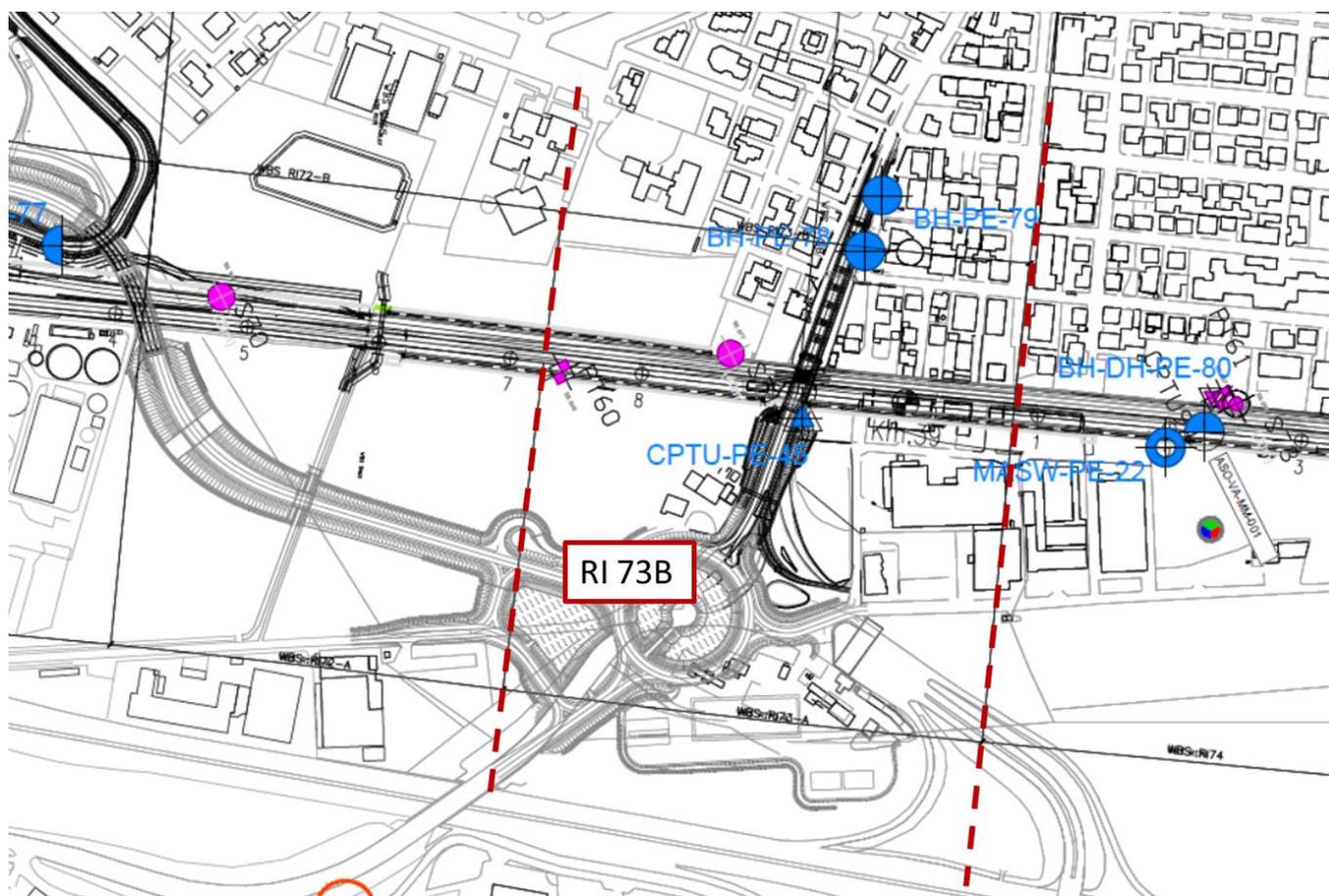


Figura 3 - Planimetria Rilevato RI73B, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

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 e a lungo termine: -1m da piano campagna.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 13 di 94</p> |

4.2 Condizioni geotecniche del sito

La Figura 5 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame.

La porzione più superficiale, localmente, potrà essere costituita da un sottile strato di terreno di riporto (Unità 1), che sarà, con ogni probabilità, rimosso completamente nell'ambito di attività di scotico.

Procedendo con la profondità si incontra uno strato superficiale di materiale a grana fine (Unità 2) costituito in prevalenza da limo argilloso sabbioso, che si estende da 1 m pc fino a circa 10 m da pc. Per quanto concerne i parametri di resistenza al taglio, dai risultati delle prove triassiali e dai risultati dei pocket penetrometer si stimano valori di resistenza al taglio non drenata variabili fra 50 e 80 kPa. Le curve edometriche definiscono materiali generalmente sovraconsolidati, specie in sommità, con valori della pressione di preconsolidazione stimati nel campo di 200-300 kPa. Infine, sempre a partire dai risultati delle prove edometriche, si sono stimati i valori di deformabilità:

- Rapporto di ricompressione $RR = 0.015-0.025$
- Rapporto di compressione $CR = 0.15-0.20$

Proseguendo in profondità si incontra uno strato di ghiaie sabbiose debolmente limose ben addensate (Unità 6), che si estende da 10 m pc a circa 15 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori al 20% e si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 40 colpi/30cm, con valori anche superiori a 60 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta generalmente variabile fra il 30 e il 50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato.

Infine più in profondità si individua un ulteriore strato di materiale fine (Unità 2), come mostrato nel profilo geotecnico in Figura 2, inserito nel substrato ghiaioso (Unità 6). Si evidenzia in ogni caso che i modestissimi incrementi di carico attesi, andranno ad interessare (e si esauriranno) all'interno dei primi due strati presenti in sommità. Si può pertanto concludere che il contributo ai cedimenti degli strati al disotto del primo strato ghiaioso sia del tutto trascurabile.

Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove DH, MASW e infine SPT, conferma la presenza, da p.c. fino a circa 8 – 10 m di profondità, di terreni limoso-argillosi (Unità 2) seguiti in profondità da materiali incoerenti da mediamente addensati ad addensati. Fino a 15 m da p.c., per le ghiaie superficiali si stimano valori di V_s crescenti e compresi tra 200 m/s e 350 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono da considerarsi pressoché costanti pari a circa 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 si ottengono valori crescenti con la profondità e compresi tra 80 MPa e 200 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori maggiori di 300 MPa.

Per i materiali a grana grossa, si è stimato il valore del modulo di Young (E_0) utilizzando da teoria dell'elasticità a

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 14 di 94</p> |

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

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 4);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 5);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 6);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 7);
- Coesione non drenata stimata da prove CPTU (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).

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 15 di 94</p> |

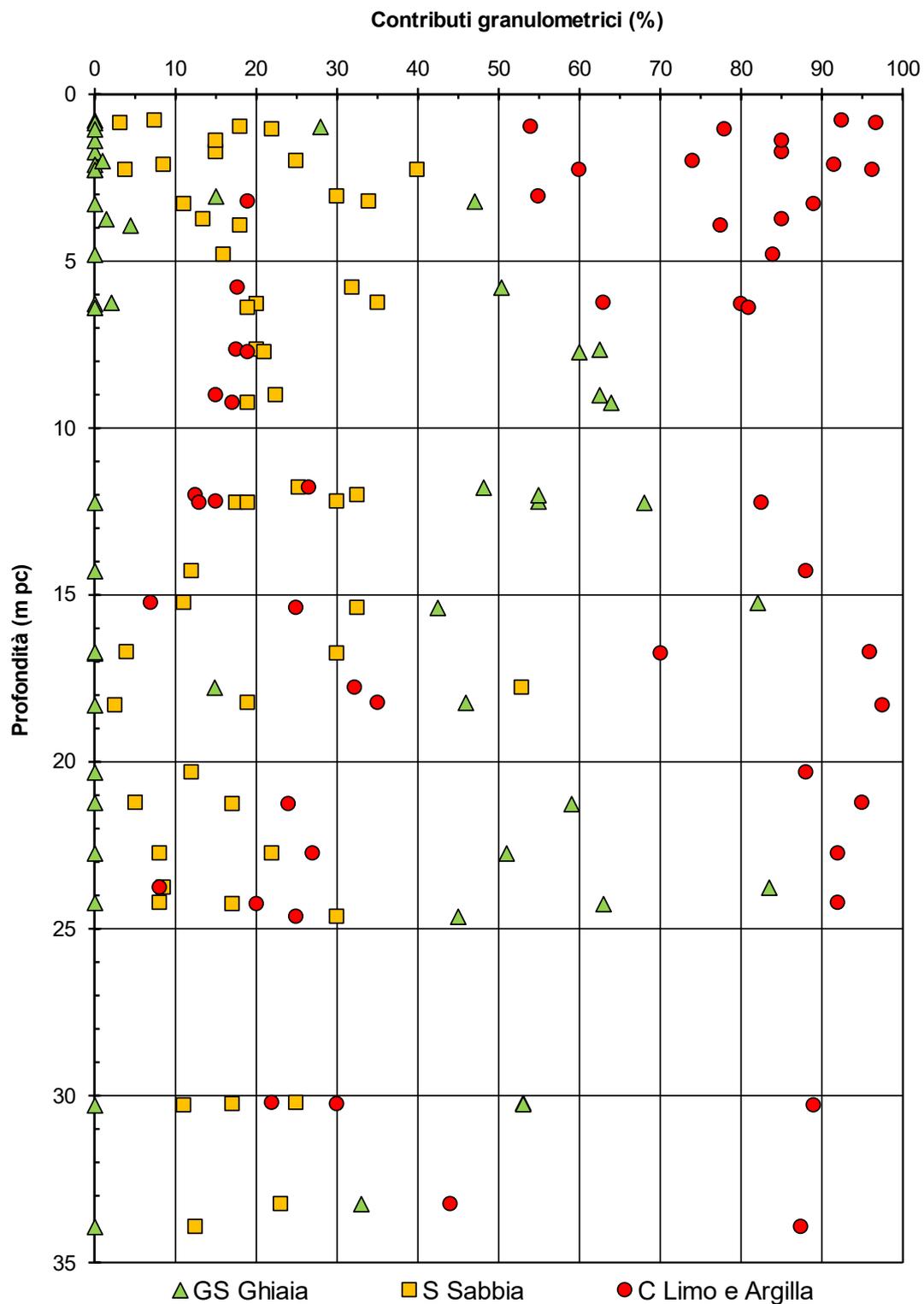


Figura 4 – Sintesi analisi granulometriche tra pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica

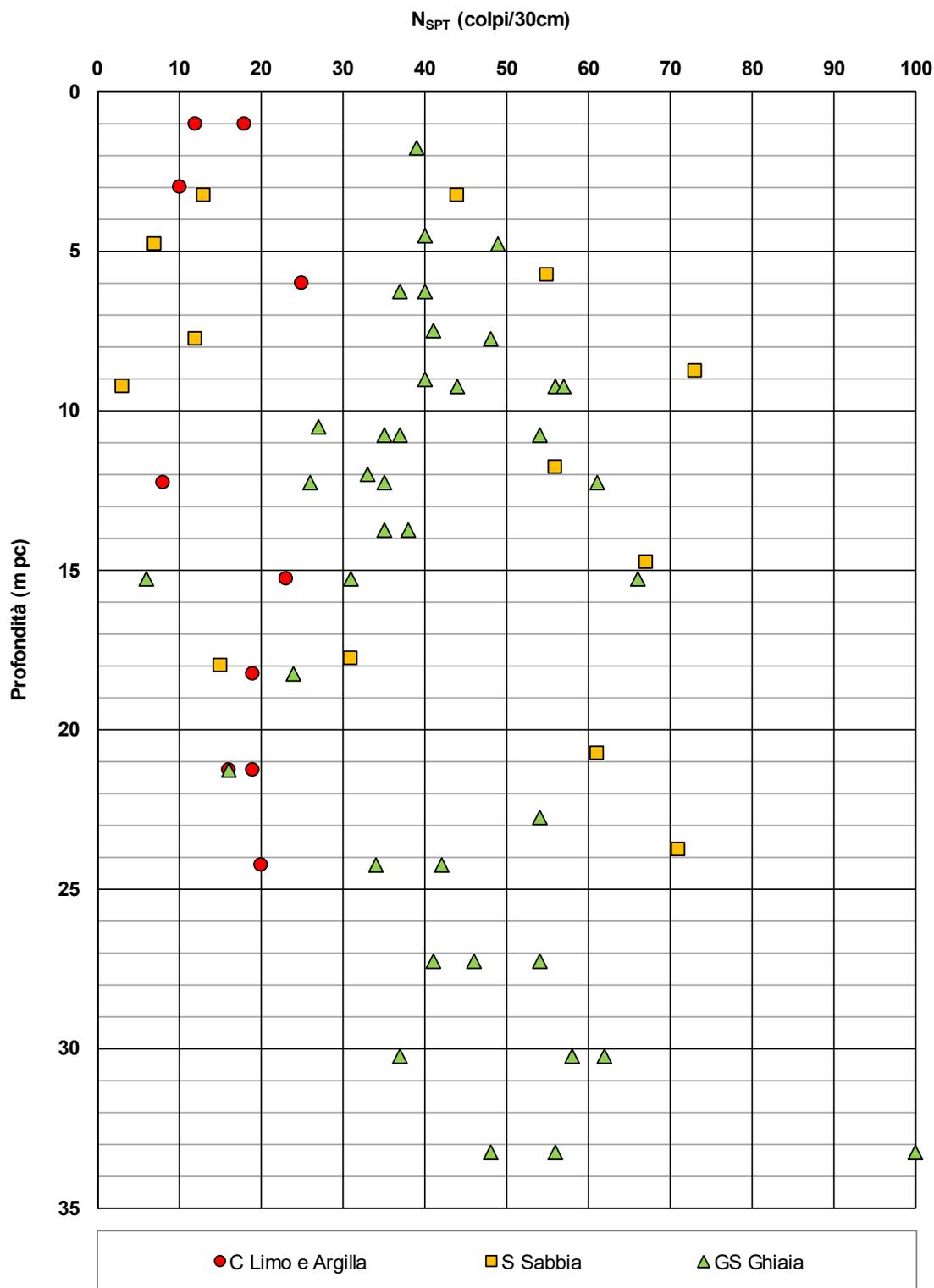


Figura 5 – Esito delle prove SPT tra pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica

| | | | | |
|--|--|------------------------------|--|-------------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 17 di 94</p> |

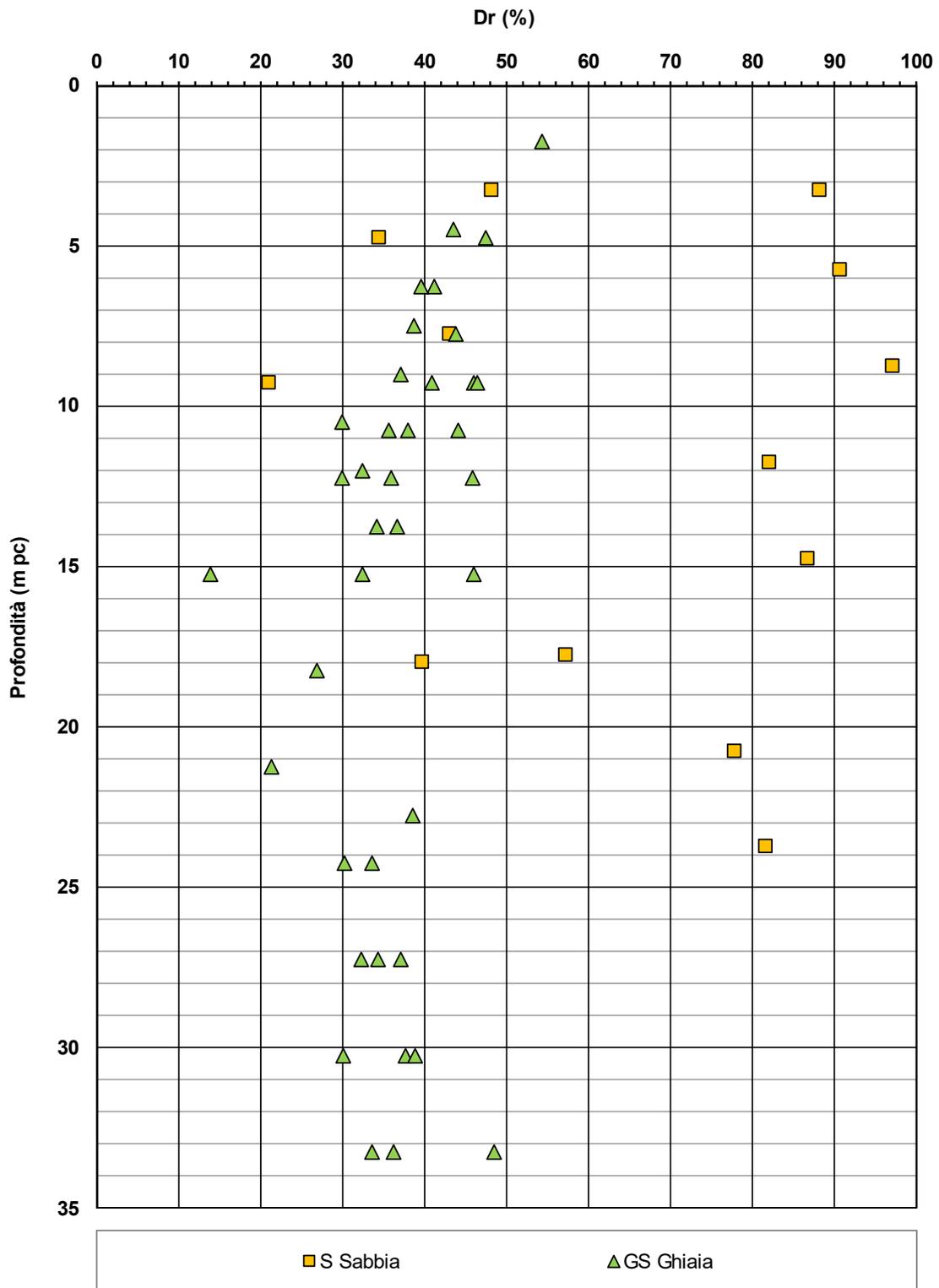


Figura 6 – Densità relativa da prove SPT tra pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
 188+900,45
 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI73B0001A

Foglio

18 di 94

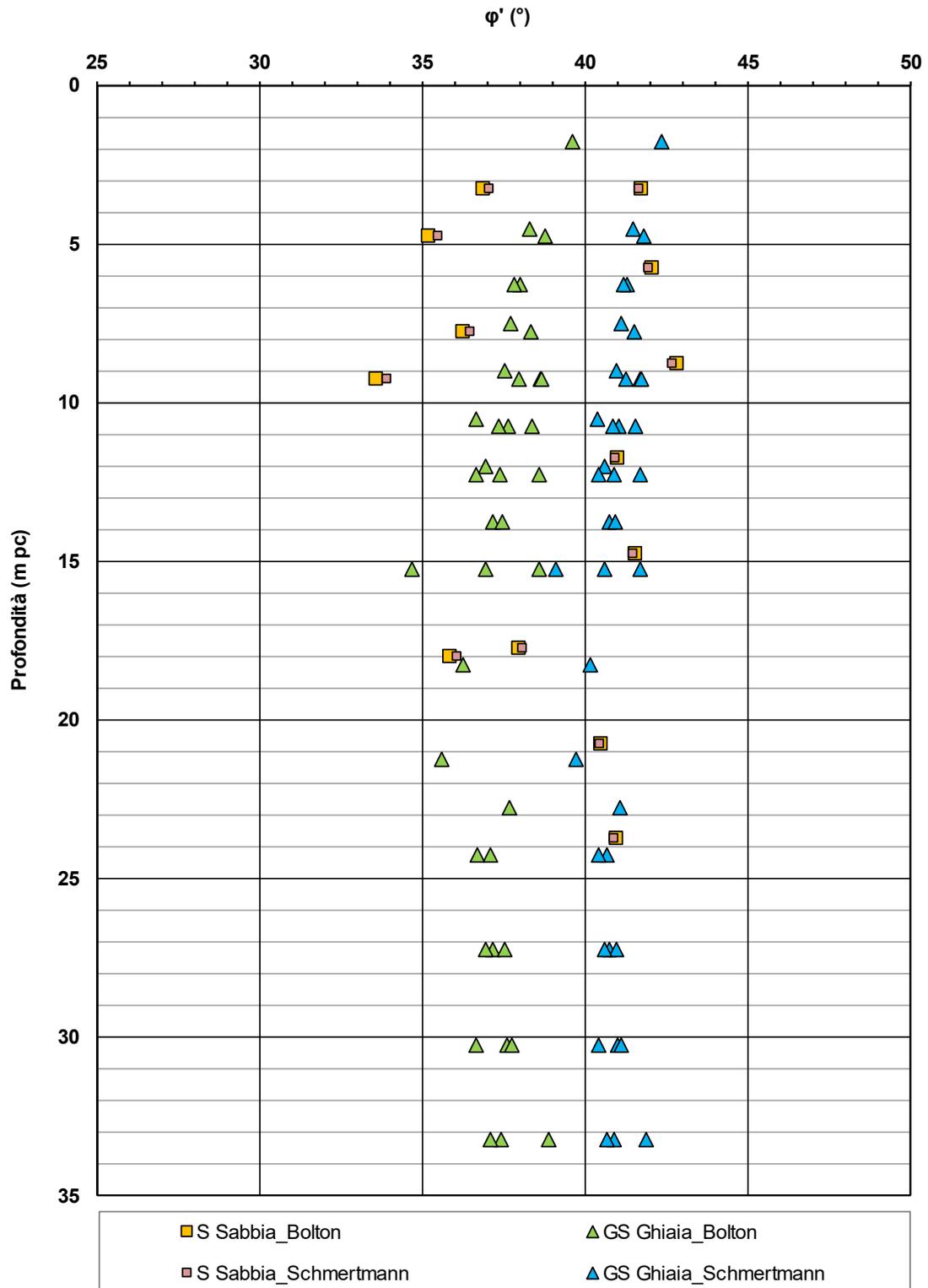


Figura 7 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 19 di 94</p> |

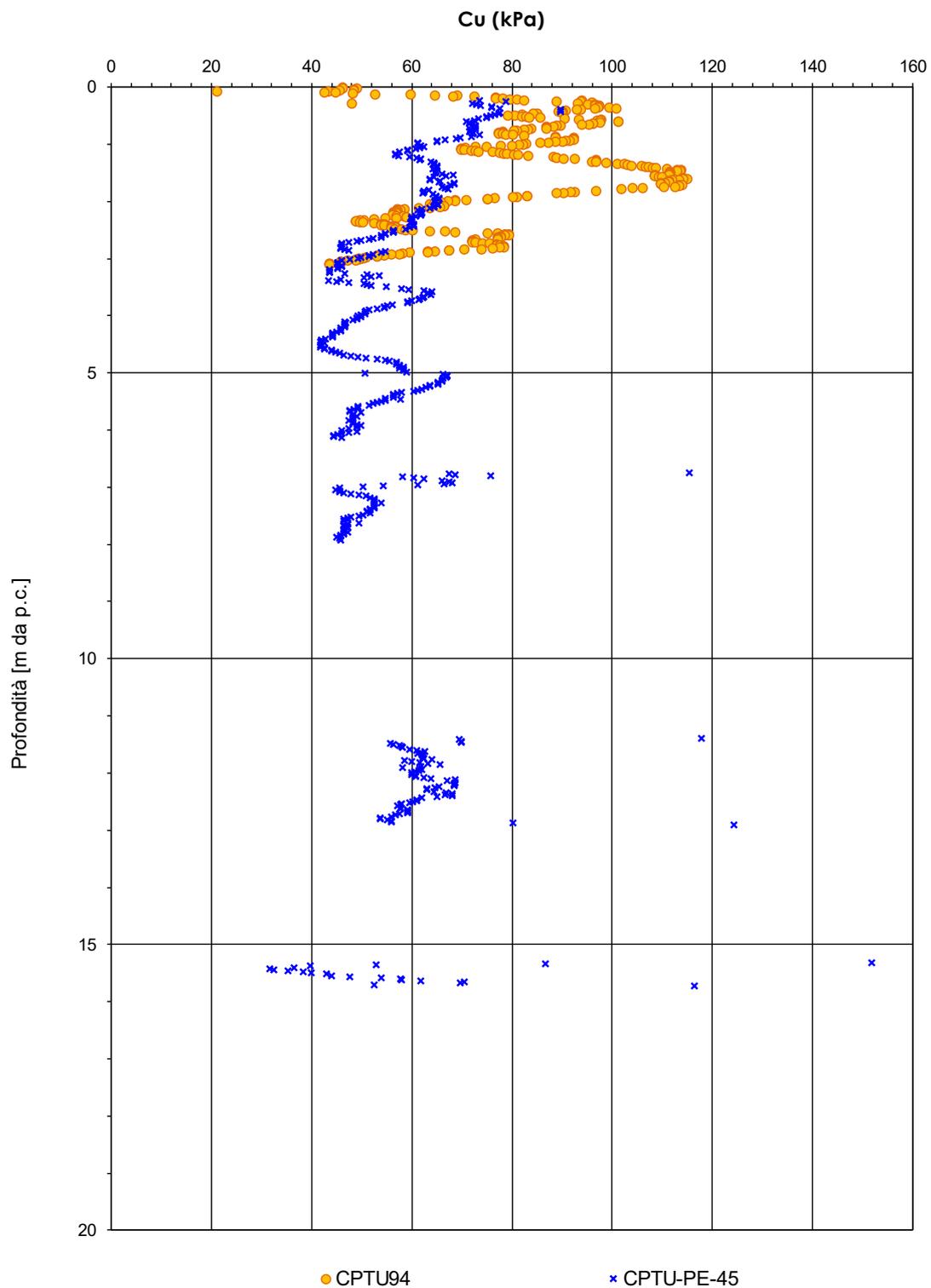


Figura 8 – Coesione non drenata da prove CPTU tra pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica

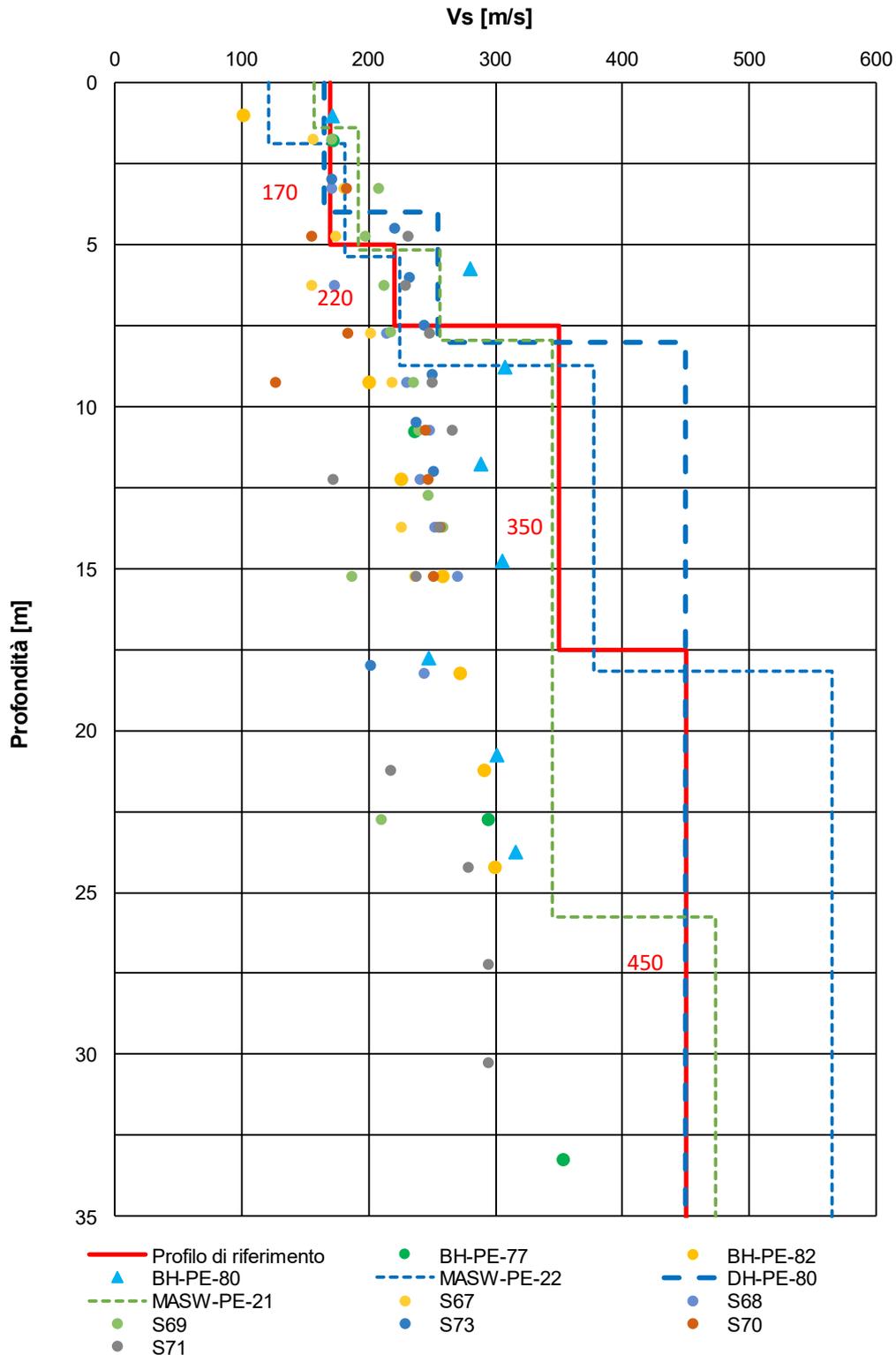


Figura 9 – Profilo di vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW tra pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica

AV/AC VERONA VICENZA

pk 37+500 - pk 39+500

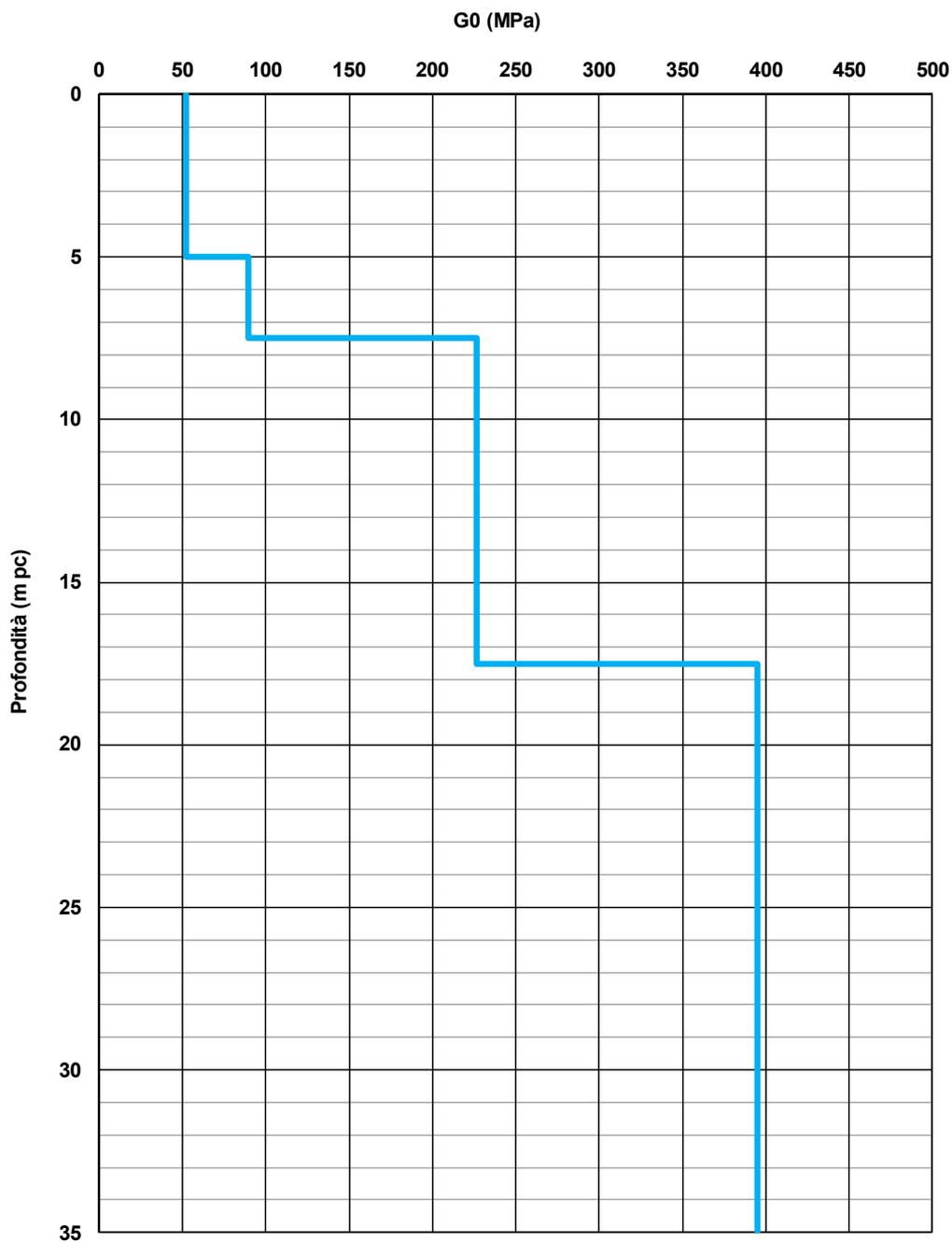


Figura 10 – Modulo di taglio G_0 tra pk 188+464,16 alla pk 188+900,45 della linea storica

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 22 di 94 |

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 pc* | a m pc* | γ kN/m ³ | φ_k ° | c_k' kPa | $c_{u,k}$ kPa | G_0 MPa | E'_{op} MPa |
|-------|-------------|------------|-------------------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|------------------|
| 2 | 1 | 3 | 19 | - | - | 70 | - | 15 |
| 2 | 3 | 10 | 19 | - | - | 50 | - | 10 |
| 6 | 10 | 15 | 19 | 39 | 0 | - | 80-200** | 60-100** |
| 2 | 15 | 25 | 19 | - | - | 80 | - | 16 |
| 6 | 25 | - | 19 | 45 | 0 | - | 350 | 250 |

* quota piano campagna = 53,00 m s.l.m.

** valori crescenti con la profondità. Si segnala comunque che i valori di deformabilità dei terreni non intervengono nel dimensionamento dell'opera in esame.

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 seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 23 di 94 |

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

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

5.1.2 Classe d'uso

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

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

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

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 24 di 94</p> |

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 $V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 1.5 = 150$ anni.

5.1.4 Categorie di Sottosuolo

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

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

5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 25 di 94</p> |

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

| | |
|--|-------|
| a_g (g) (SLV) | 0.217 |
| Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s | 1.378 |
| Coefficiente di amplificazione topografica S_t | 1.0 |
| Accelerazione massima attesa al suolo a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$) | 0.305 |

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 espresse in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.5.

La valutazione di suscettibilità alla liquefazione è stata quindi condotta in accordo al "metodo semplificato" 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 seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 26 di 94 |

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

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

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 $M=7.5$.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 27 di 94</p> |

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

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

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 ($p_a = 100$ kPa) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

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

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

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

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

dove:

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

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

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 28 di 94</p> |

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:

$$q_{c1Nes} = q_{c1N} \cdot k_c$$

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

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

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

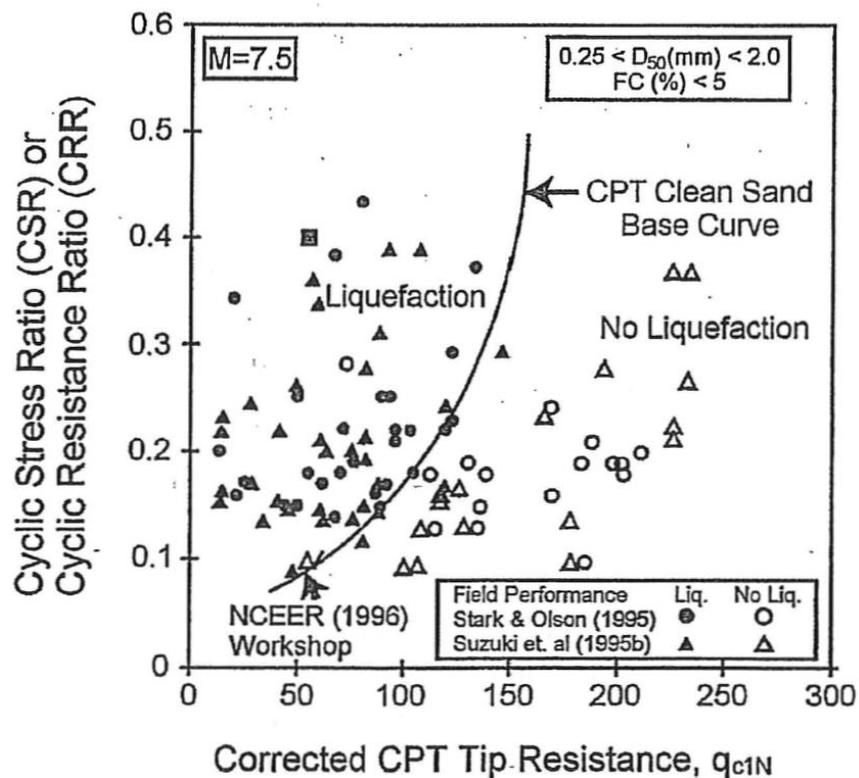


Figura 11 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 29 di 94</p> |

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 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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 30 di 94 |

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

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 31 di 94</p> |

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):

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

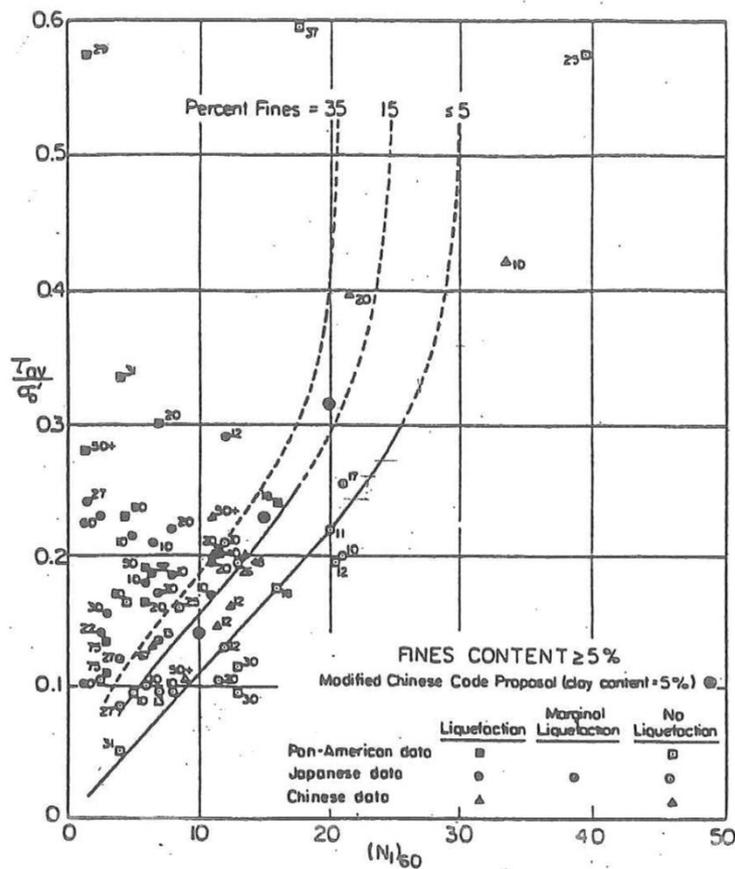


Figura 12 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N1(60)$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 32 di 94</p> |

5.3 Risultati delle verifiche a liquefazione

I risultati (cfr. da Figura 13 a Figura 19) indicano come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato R173B, in linea con gli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI73B0001A

Foglio
33 di 94

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova S70 Pr.38+480

Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.7

Am_{max}_calc / g = 0.305 M_{calc} = 6.5

Sovraccarico = 0 kPa

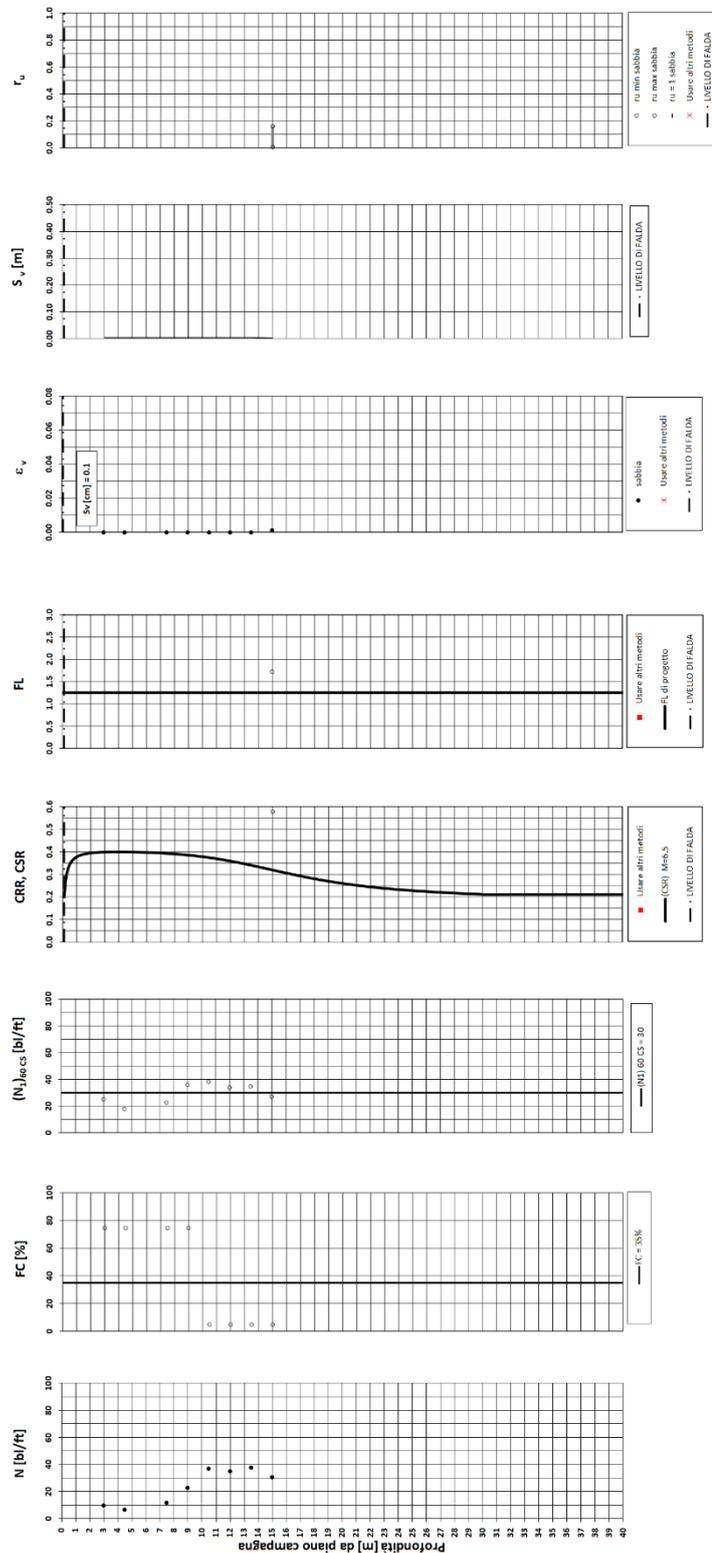


Figura 13 – Verifica Liquefazione da risultati SPT SP70

| | | | | |
|---|----------|-------|-----------------|----------|
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 12 | EI2RBRI73B0001A | 34 di 94 |

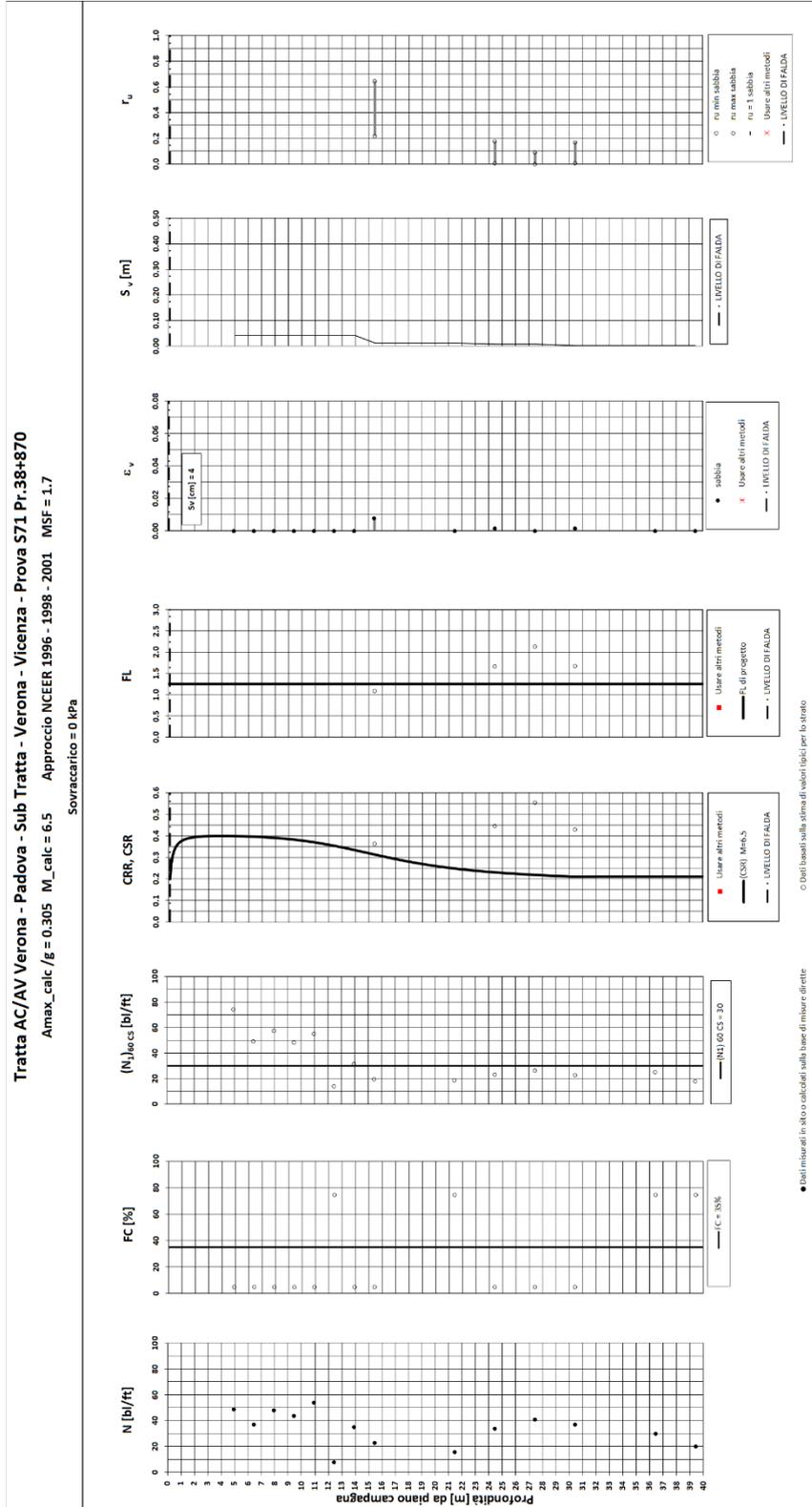


Figura 14 – Verifica Liquefazione da risultati SPT SP71

| | | | | |
|---|----------|-------|-----------------|----------|
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 12 | EI2RBRI73B0001A | 35 di 94 |

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-45 Pr. 38-924
 $a_{max} = 0.305g$ $M_{calc} = 6.5$ $MSF = 1.7$ Metodo NCFER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 0m

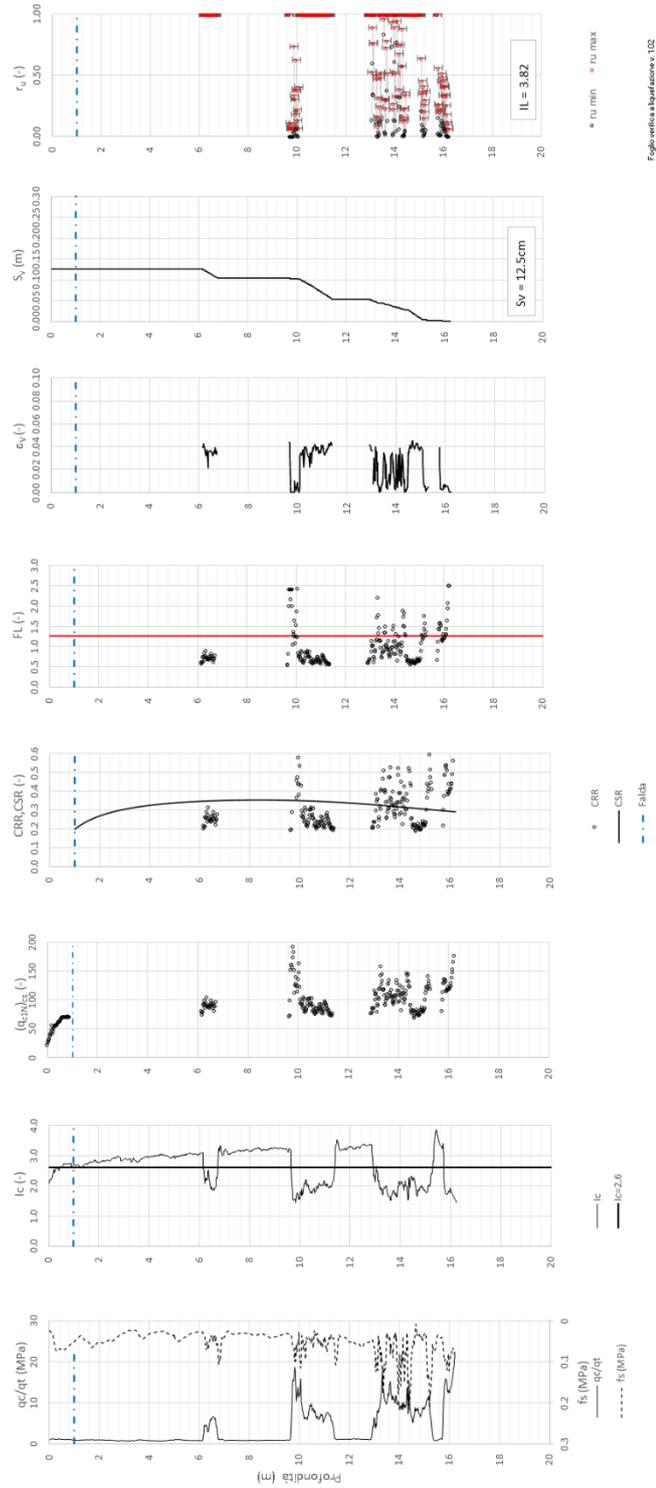


Figura 15 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-45

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

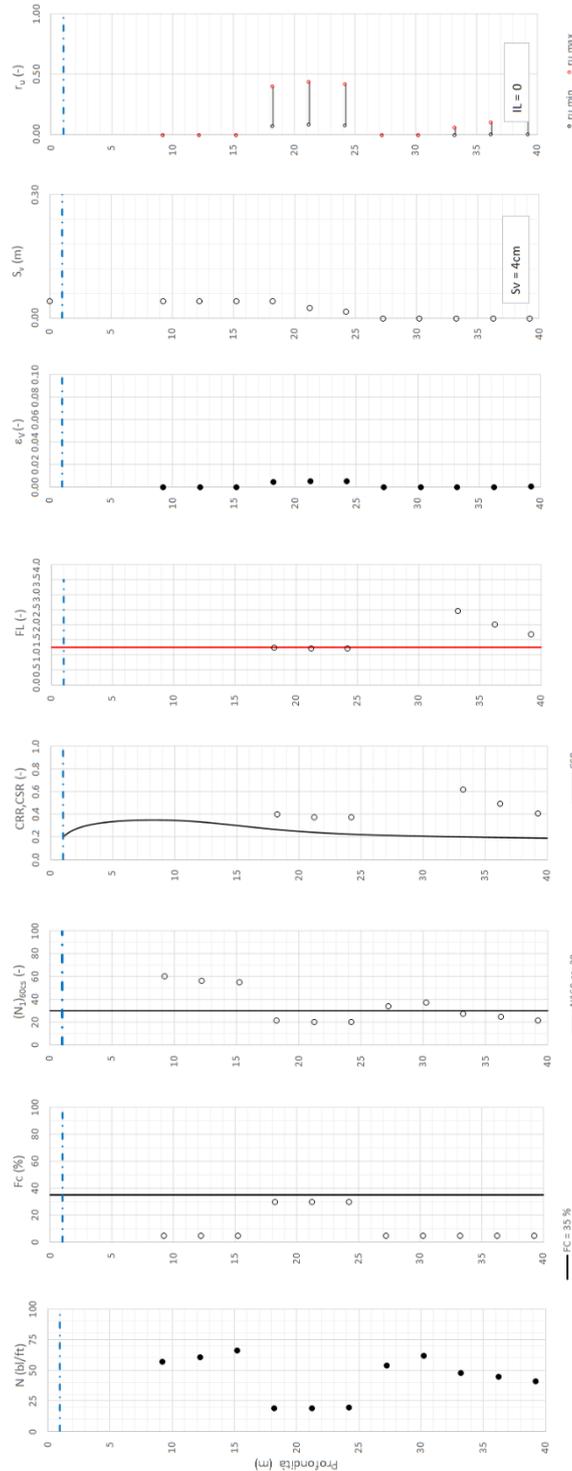
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI73B0001A

Foglio
36 di 94

T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-78 Pr. 38+910
a_max = 0.305g M_calk = 6.5 MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 0m



Foglio verifica a disposizione Napoli, 1/02

Figura 16 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-78

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

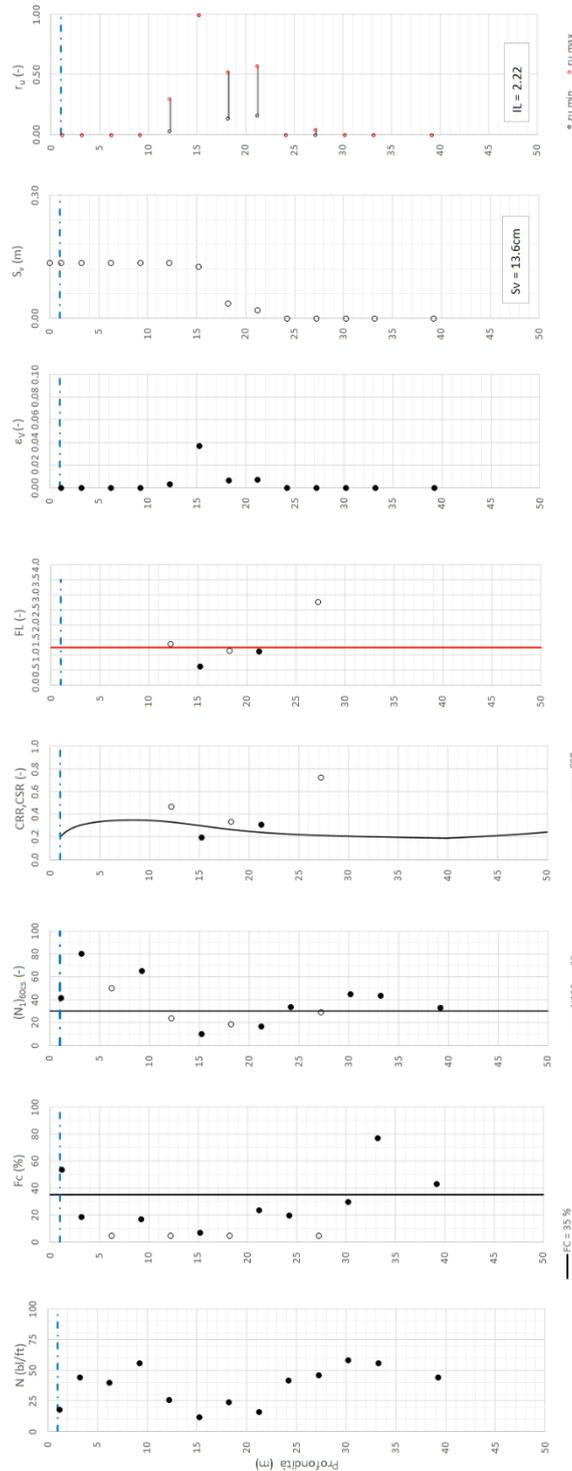
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI73B0001A

Foglio
37 di 94

Tretta AC/AV Verona-Padova - Sub Tretta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-79 Pr. 384950
a_{max} = 0.305g M_{calc} = 6.5 MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 0m



● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

Foglio verifica a base dati NCEER 1996 - 1998 - 2001

Figura 17 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-79

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI73B0001A

Foglio
38 di 94

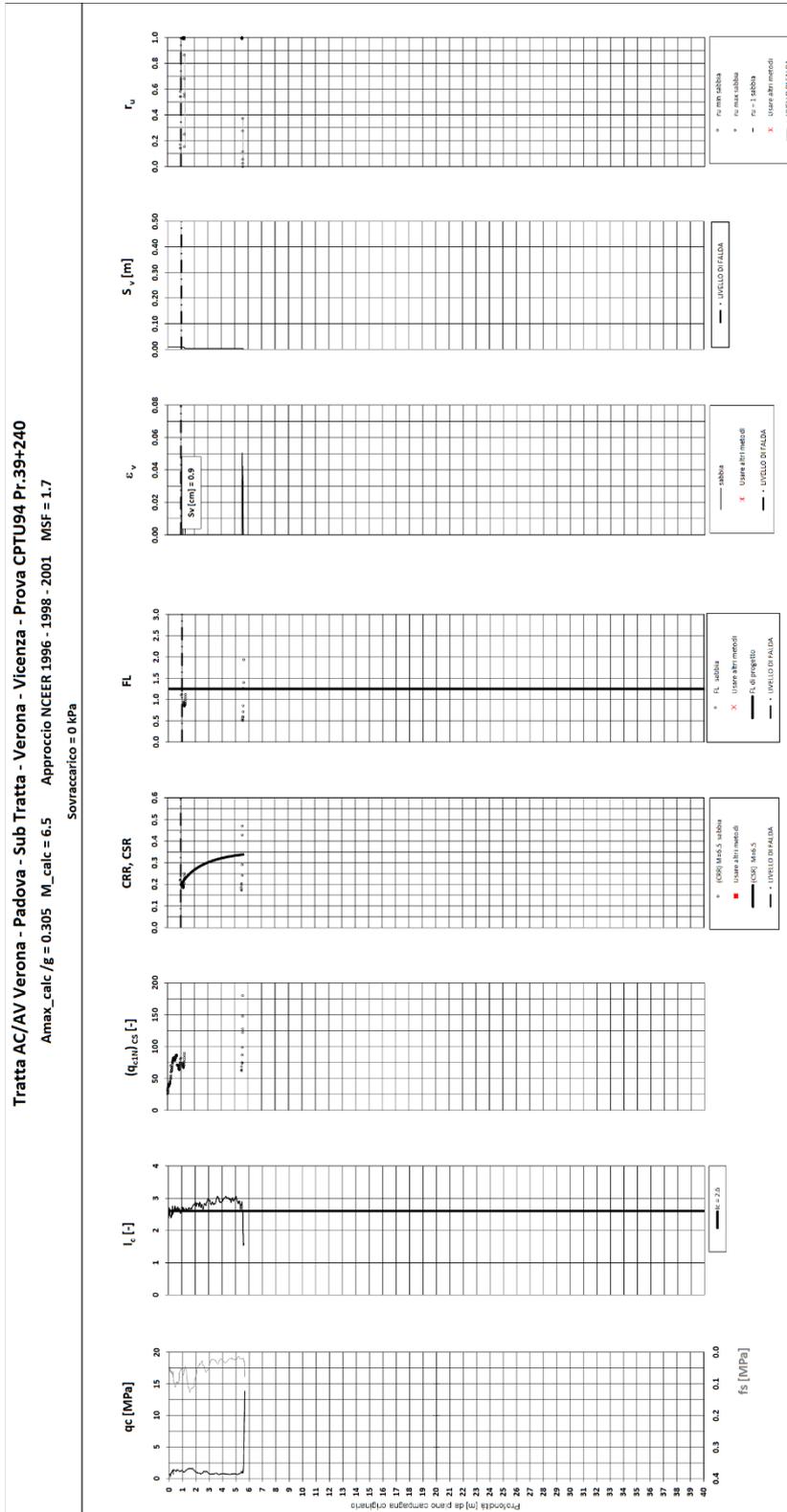


Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU94

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

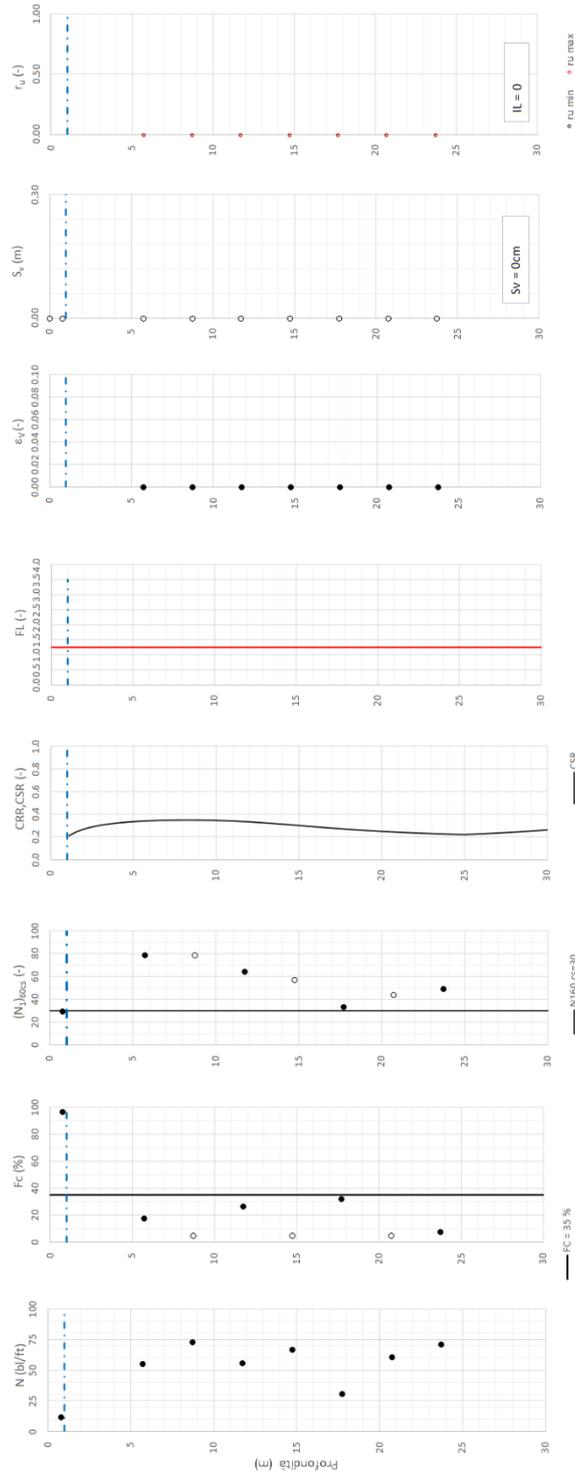
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI73B0001A

Foglio
39 di 94

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-80 Pr. 39+200
a,max = 0.305g M_calc = 6.5 MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 0m



Foglio verifica a base dati NCEER 1996 - 1998 - 2001

● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-80

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 40 di 94 |

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

Data la geometria del rilevato in esame, praticamente a raso del piano campagna (vedi paragrafo 3.1), e data la stratigrafia riportata nel paragrafo 4.3 non si evidenzia la necessità di condurre analisi di cedimento e di stabilità per l'assenza di problematiche di tipo geotecnico.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 41 di 94 |

7 RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

7.1 Introduzione

Il muro di contenimento/mitigazione del terrapieno sul versante Nord, sarà fondato su pali in calcestruzzo gettati in opera. L'utilizzo dei pali si evidenzia come necessario per resistere alle elevati azioni orizzontali dovute allo svio del treno.

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 per il diametro $D = 600$ mm e $D = 800$ 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) [35] utilizzando i seguenti valori di molle orizzontali:

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

In particolare:

$E_h = 400 \cdot C_u = 28000$ kN/m² per argilla da p.c. a 3 m di profondità

$E_h = 400 \cdot C_u = 20000$ kN/m² per argilla da 3 m a 10 m di profondità

$E_h = k_h \cdot z = 15000 \cdot z$ kN/m² ($k_h = 15000$ kN/m³, con z profondità da p.c.) per ghiaie da 10 m a 15 m di profondità

$E_h = 400 \cdot C_u = 32000$ kN/m² per argilla da 15 m a 25 m di profondità

$E_h = k_h \cdot z = 15000 \cdot z$ kN/m² ($k_h = 15000$ kN/m³, con z profondità da p.c.) per ghiaie da 25 m di profondità

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 42 di 94 |

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:

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 6 e Tabella 7.

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 6.

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 8) 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 6 – Tab. 5.2.V, NTC 2008

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 43 di 94 |

| | | 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 |

Tabella 7 – 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 8 – 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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 44 di 94 |

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.

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 $1.5 \leq (c_u/p_a) \leq 2.5$

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 45 di 94</p> |

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:

$$\sigma'_{v0} \text{ tensione verticale efficace alla quota di riferimento.}$$

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):

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

dove:

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

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

$$\sigma'_{v0} \text{ tensione verticale efficace alla quota di riferimento.}$$

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

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:

$$A_p \text{ area della base del palo,}$$

$$q_{bl} \text{ portata limite specifica di base.}$$

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:

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

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, 1988, Fioravante et al., 1995:

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 46 di 94</p> |

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

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

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

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

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), 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 20).

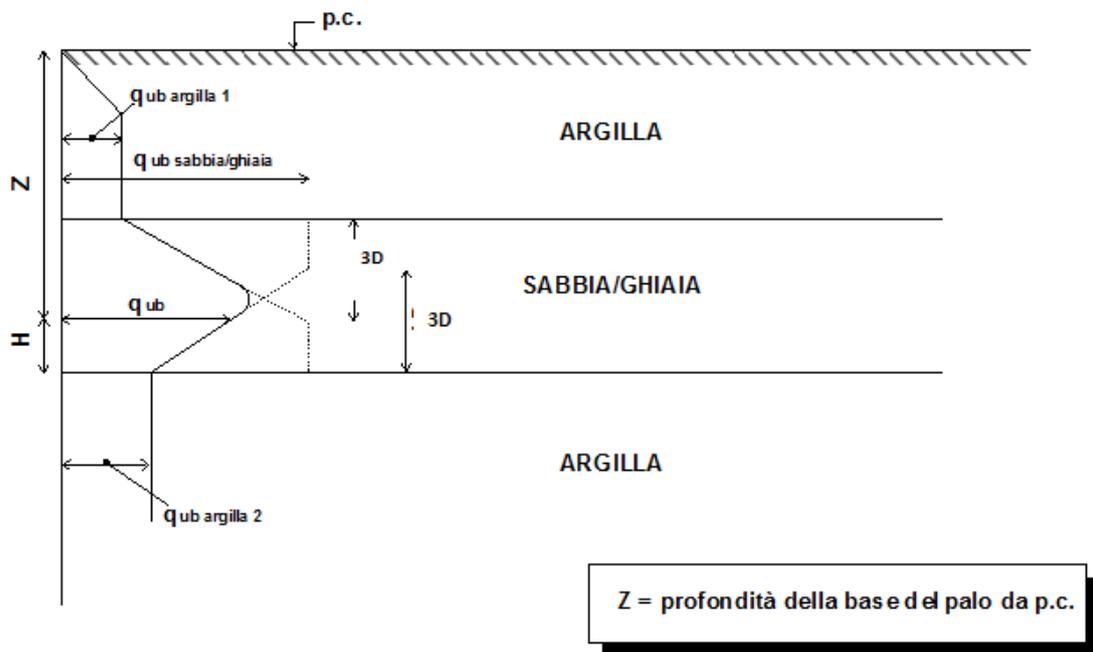


Figura 20 - Criterio di valutazione della pressione ultima di base (q_{ub}) in terreni stratificati

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 47 di 94 |

7.4 Stratigrafia di calcolo e fattori parziali

I calcoli sono stati eseguiti con riferimento alla stratigrafia riportata nel paragrafo 4.3.

La testa pali è stata considerata a 2 m dal p.c.

La falda è stata considerata 1 m sotto al 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 $\xi_4 = 1.55$.

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, per pali $D = 600$ mm e $D = 800$ mm. Per quanto riguarda le condizioni sismiche, si faccia riferimento alle curve agli SLU.

I tabulati di calcolo sono riportati in ALLEGATO 3 - e ALLEGATO 4 -

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 48 di 94</p> |

7.5.1 PALI D = 600 mm

| lpalo m | CARICO LIMITE ULTIMO | | | CURVE SLU | | | | |
|------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Q _{u,lim} kN | Q _{b,cr} kN | Q _{TOT,lim} 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 | 153 | 153 | 0 | 0 | 73 | 73 | 0 |
| 0.50 | 36 | 140 | 175 | 20 | 19 | 67 | 86 | 20 |
| 1.00 | 70 | 127 | 196 | 39 | 36 | 61 | 97 | 38 |
| 1.50 | 98 | 127 | 223 | 55 | 51 | 61 | 112 | 54 |
| 2.00 | 124 | 127 | 248 | 70 | 64 | 61 | 126 | 67 |
| 2.50 | 150 | 127 | 273 | 84 | 77 | 61 | 139 | 81 |
| 3.00 | 176 | 127 | 298 | 99 | 91 | 61 | 153 | 96 |
| 3.50 | 202 | 127 | 323 | 113 | 104 | 61 | 166 | 110 |
| 4.00 | 228 | 127 | 349 | 128 | 118 | 61 | 179 | 125 |
| 4.50 | 254 | 127 | 374 | 142 | 131 | 61 | 192 | 139 |
| 5.00 | 280 | 127 | 399 | 157 | 145 | 61 | 207 | 153 |
| 5.50 | 306 | 127 | 424 | 172 | 158 | 61 | 220 | 167 |
| 6.00 | 332 | 127 | 449 | 186 | 171 | 61 | 233 | 181 |
| 6.50 | 358 | 127 | 474 | 201 | 185 | 61 | 247 | 196 |
| 7.00 | 384 | 127 | 499 | 215 | 198 | 61 | 260 | 210 |
| 7.50 | 410 | 127 | 524 | 230 | 212 | 61 | 273 | 225 |
| 8.00 | 457 | 127 | 570 | 256 | 236 | 61 | 298 | 250 |
| 8.50 | 547 | 272 | 805 | 307 | 282 | 130 | 418 | 296 |
| 9.00 | 660 | 417 | 1062 | 370 | 341 | 199 | 549 | 356 |
| 9.50 | 775 | 562 | 1321 | 435 | 400 | 269 | 682 | 416 |
| 10.00 | 892 | 707 | 1582 | 500 | 460 | 338 | 815 | 477 |
| 10.50 | 1009 | 707 | 1698 | 566 | 521 | 338 | 880 | 539 |
| 11.00 | 1128 | 707 | 1816 | 633 | 582 | 338 | 945 | 601 |
| 11.50 | 1247 | 581 | 1809 | 700 | 644 | 278 | 950 | 664 |
| 12.00 | 1367 | 455 | 1802 | 767 | 706 | 217 | 957 | 726 |
| 12.50 | 1487 | 329 | 1795 | 834 | 767 | 157 | 963 | 788 |
| 13.00 | 1587 | 204 | 1769 | 890 | 819 | 97 | 958 | 841 |
| 13.50 | 1649 | 204 | 1829 | 925 | 851 | 97 | 992 | 874 |
| 14.00 | 1690 | 204 | 1870 | 948 | 872 | 97 | 1013 | 896 |
| 14.50 | 1732 | 204 | 1910 | 972 | 894 | 97 | 1035 | 919 |
| 15.00 | 1773 | 204 | 1951 | 995 | 915 | 97 | 1058 | 940 |
| 15.50 | 1814 | 204 | 1992 | 1018 | 936 | 97 | 1080 | 962 |
| 16.00 | 1856 | 204 | 2032 | 1041 | 958 | 97 | 1102 | 985 |
| 16.50 | 1897 | 204 | 2073 | 1064 | 979 | 97 | 1124 | 1007 |
| 17.00 | 1939 | 204 | 2114 | 1088 | 1001 | 97 | 1146 | 1030 |
| 17.50 | 1980 | 204 | 2154 | 1111 | 1022 | 97 | 1168 | 1052 |
| 18.00 | 2022 | 204 | 2195 | 1134 | 1044 | 97 | 1190 | 1075 |
| 18.50 | 2064 | 204 | 2236 | 1158 | 1065 | 97 | 1214 | 1096 |
| 19.00 | 2106 | 204 | 2278 | 1181 | 1087 | 97 | 1236 | 1119 |
| 19.50 | 2150 | 204 | 2320 | 1206 | 1110 | 97 | 1259 | 1143 |
| 20.00 | 2194 | 204 | 2364 | 1231 | 1132 | 97 | 1282 | 1166 |
| 20.50 | 2240 | 204 | 2409 | 1257 | 1156 | 97 | 1307 | 1191 |
| 21.00 | 2287 | 204 | 2455 | 1283 | 1180 | 97 | 1332 | 1216 |
| 21.50 | 2334 | 204 | 2501 | 1309 | 1205 | 97 | 1358 | 1241 |
| 22.00 | 2383 | 204 | 2549 | 1337 | 1230 | 97 | 1384 | 1267 |
| 22.50 | 2432 | 204 | 2598 | 1364 | 1255 | 97 | 1411 | 1293 |
| 23.00 | 2490 | 204 | 2654 | 1397 | 1285 | 97 | 1442 | 1324 |
| 23.50 | 2560 | 400 | 2920 | 1436 | 1321 | 191 | 1573 | 1361 |
| 24.00 | 2632 | 597 | 3188 | 1477 | 1358 | 285 | 1707 | 1399 |
| 24.50 | 2701 | 793 | 3452 | 1515 | 1394 | 379 | 1838 | 1436 |
| 25.00 | 2765 | 990 | 3712 | 1551 | 1427 | 473 | 1968 | 1469 |

Figura 21 – Riassunto curve di carico limite ultimo e di resistenza di progetto SLU per pali D=600 mm

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI73B0001A

Foglio

49 di 94

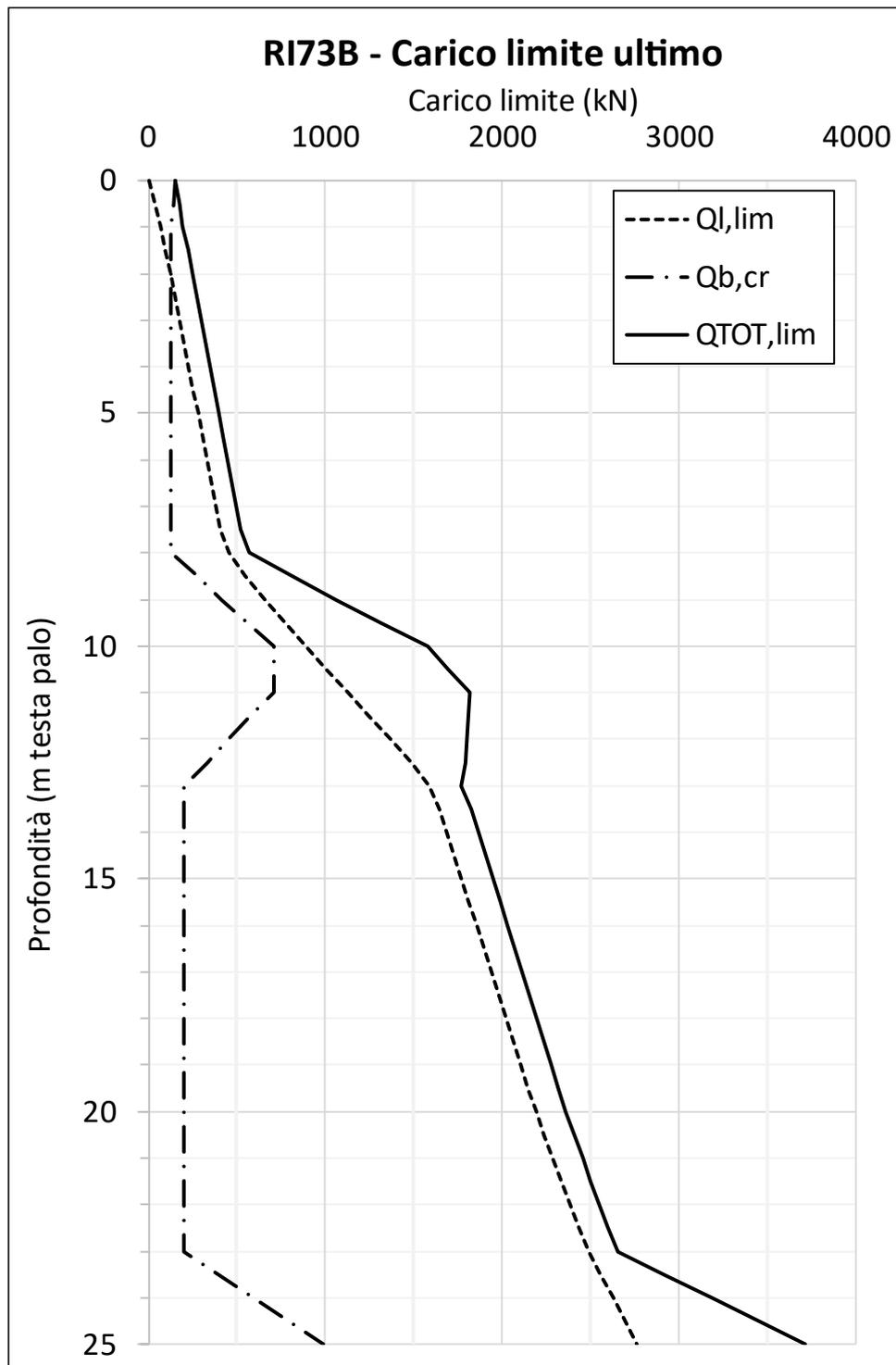


Figura 22 – Curve di carico limite ultimo per pali D=600 mm

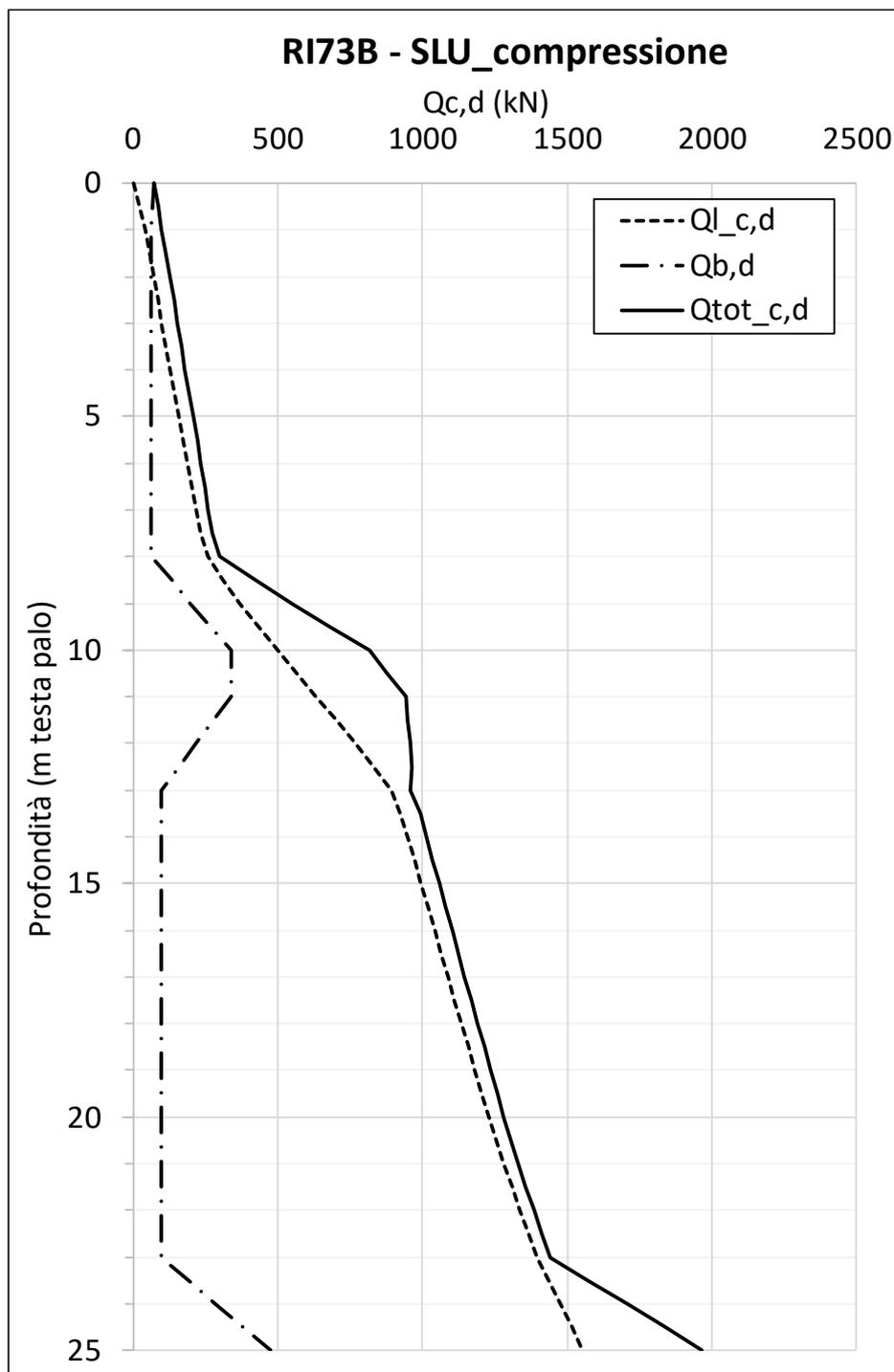


Figura 23 – Curve di resistenza di progetto SLU, compressione per pali $D=600$ mm

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI73B0001A

Foglio

51 di 94

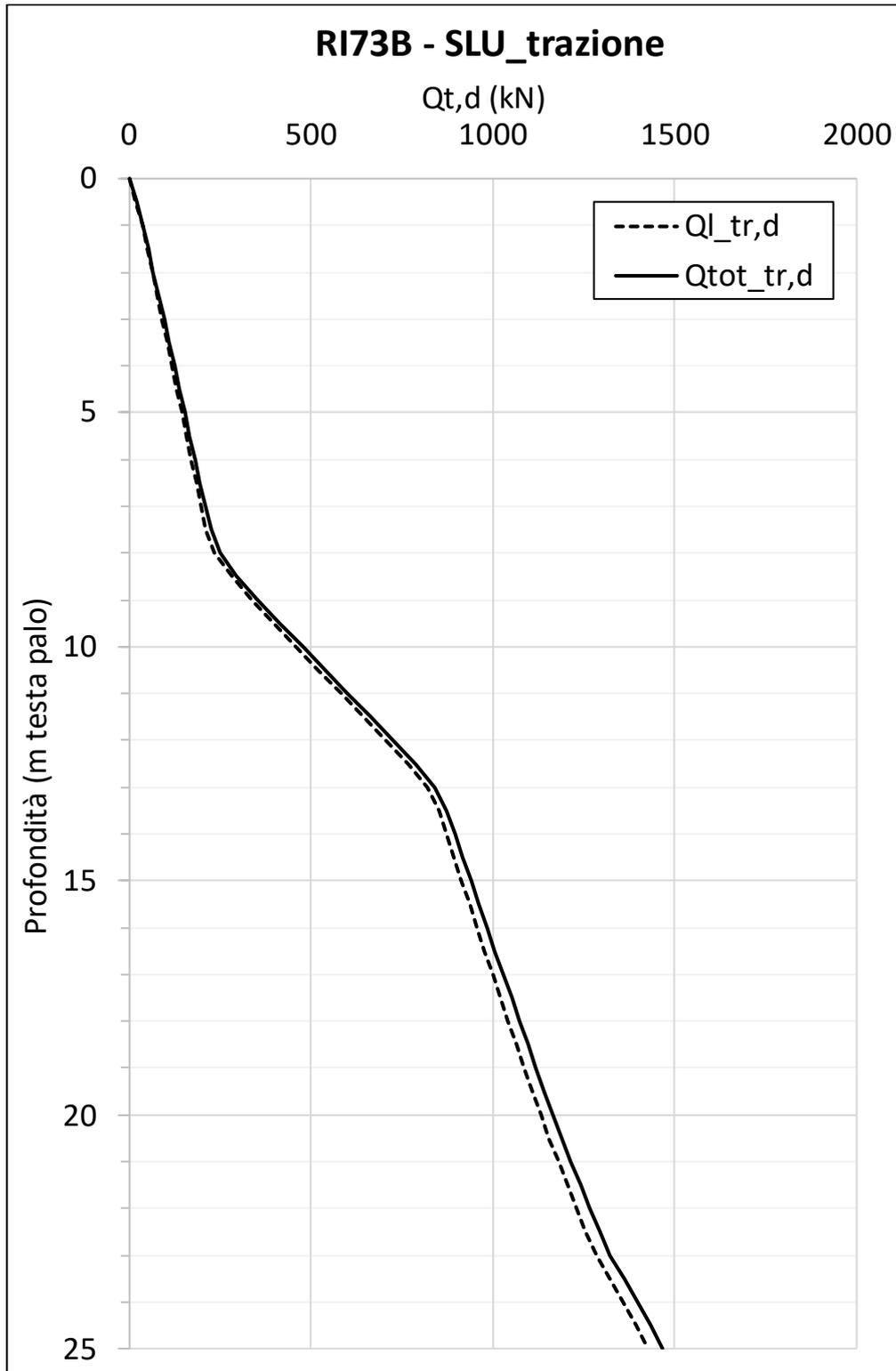


Figura 24 – Curve di resistenza di progetto SLU, trazione per pali D=600 mm

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 52 di 94</p> |

7.5.2 PALI D = 800 mm

| lpalo m | CARICO LIMITE ULTIMO | | | CURVE SLU | | | | |
|------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Q _{u,lim} kN | Q _{b,cr} kN | Q _{TOT,lim} 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 | 262 | 262 | 0 | 0 | 125 | 125 | 0 |
| 0.50 | 48 | 244 | 291 | 27 | 25 | 117 | 141 | 27 |
| 1.00 | 93 | 226 | 316 | 52 | 48 | 108 | 156 | 51 |
| 1.50 | 131 | 226 | 353 | 73 | 68 | 108 | 175 | 73 |
| 2.00 | 166 | 226 | 386 | 93 | 86 | 108 | 193 | 92 |
| 2.50 | 200 | 226 | 419 | 112 | 103 | 108 | 209 | 111 |
| 3.00 | 235 | 226 | 452 | 132 | 121 | 108 | 228 | 130 |
| 3.50 | 270 | 226 | 485 | 151 | 139 | 108 | 245 | 150 |
| 4.00 | 304 | 226 | 518 | 171 | 157 | 108 | 262 | 169 |
| 4.50 | 339 | 226 | 551 | 190 | 175 | 108 | 279 | 189 |
| 5.00 | 373 | 226 | 584 | 209 | 193 | 108 | 297 | 208 |
| 5.50 | 408 | 226 | 617 | 229 | 211 | 108 | 314 | 228 |
| 6.00 | 442 | 226 | 650 | 248 | 228 | 108 | 332 | 246 |
| 6.50 | 477 | 226 | 683 | 268 | 246 | 108 | 349 | 266 |
| 7.00 | 511 | 226 | 717 | 287 | 264 | 108 | 366 | 285 |
| 7.50 | 546 | 226 | 750 | 306 | 282 | 108 | 383 | 305 |
| 8.00 | 609 | 226 | 811 | 342 | 314 | 108 | 417 | 338 |
| 8.50 | 729 | 432 | 1136 | 409 | 376 | 206 | 580 | 402 |
| 9.00 | 880 | 638 | 1492 | 494 | 454 | 305 | 762 | 481 |
| 9.50 | 1034 | 844 | 1850 | 580 | 534 | 403 | 944 | 563 |
| 10.00 | 1189 | 1051 | 2209 | 667 | 614 | 502 | 1129 | 644 |
| 10.50 | 1346 | 1257 | 2571 | 755 | 695 | 601 | 1313 | 727 |
| 11.00 | 1504 | 1078 | 2548 | 844 | 776 | 515 | 1314 | 809 |
| 11.50 | 1663 | 899 | 2527 | 933 | 858 | 430 | 1315 | 893 |
| 12.00 | 1822 | 720 | 2506 | 1022 | 940 | 344 | 1318 | 976 |
| 12.50 | 1983 | 541 | 2486 | 1112 | 1023 | 259 | 1320 | 1061 |
| 13.00 | 2117 | 362 | 2439 | 1188 | 1093 | 173 | 1308 | 1132 |
| 13.50 | 2198 | 362 | 2519 | 1233 | 1134 | 173 | 1351 | 1175 |
| 14.00 | 2253 | 362 | 2573 | 1264 | 1163 | 173 | 1380 | 1205 |
| 14.50 | 2309 | 362 | 2627 | 1295 | 1192 | 173 | 1409 | 1236 |
| 15.00 | 2364 | 362 | 2681 | 1326 | 1220 | 173 | 1438 | 1265 |
| 15.50 | 2419 | 362 | 2734 | 1357 | 1249 | 173 | 1467 | 1296 |
| 16.00 | 2475 | 362 | 2788 | 1388 | 1277 | 173 | 1497 | 1325 |
| 16.50 | 2530 | 362 | 2842 | 1419 | 1306 | 173 | 1525 | 1356 |
| 17.00 | 2585 | 362 | 2896 | 1450 | 1334 | 173 | 1554 | 1385 |
| 17.50 | 2640 | 362 | 2950 | 1481 | 1363 | 173 | 1583 | 1416 |
| 18.00 | 2696 | 362 | 3003 | 1512 | 1391 | 173 | 1613 | 1445 |
| 18.50 | 2751 | 362 | 3058 | 1543 | 1420 | 173 | 1641 | 1476 |
| 19.00 | 2808 | 362 | 3113 | 1575 | 1449 | 173 | 1671 | 1506 |
| 19.50 | 2867 | 362 | 3170 | 1608 | 1480 | 173 | 1702 | 1539 |
| 20.00 | 2926 | 362 | 3228 | 1642 | 1510 | 173 | 1734 | 1570 |
| 20.50 | 2987 | 362 | 3287 | 1676 | 1542 | 173 | 1765 | 1604 |
| 21.00 | 3049 | 362 | 3347 | 1711 | 1574 | 173 | 1798 | 1637 |
| 21.50 | 3112 | 362 | 3409 | 1746 | 1606 | 173 | 1831 | 1671 |
| 22.00 | 3177 | 362 | 3472 | 1782 | 1640 | 173 | 1866 | 1706 |
| 22.50 | 3243 | 362 | 3537 | 1819 | 1674 | 173 | 1901 | 1742 |
| 23.00 | 3319 | 362 | 3612 | 1862 | 1713 | 173 | 1942 | 1782 |
| 23.50 | 3413 | 641 | 3983 | 1915 | 1762 | 306 | 2125 | 1833 |
| 24.00 | 3510 | 921 | 4358 | 1969 | 1812 | 440 | 2312 | 1884 |
| 24.50 | 3601 | 1200 | 4728 | 2020 | 1859 | 573 | 2494 | 1933 |
| 25.00 | 3686 | 1480 | 5091 | 2068 | 1902 | 707 | 2674 | 1977 |

Figura 25 – Riassunto curve di carico limite ultimo e di resistenza di progetto SLU per pali D=800 mm

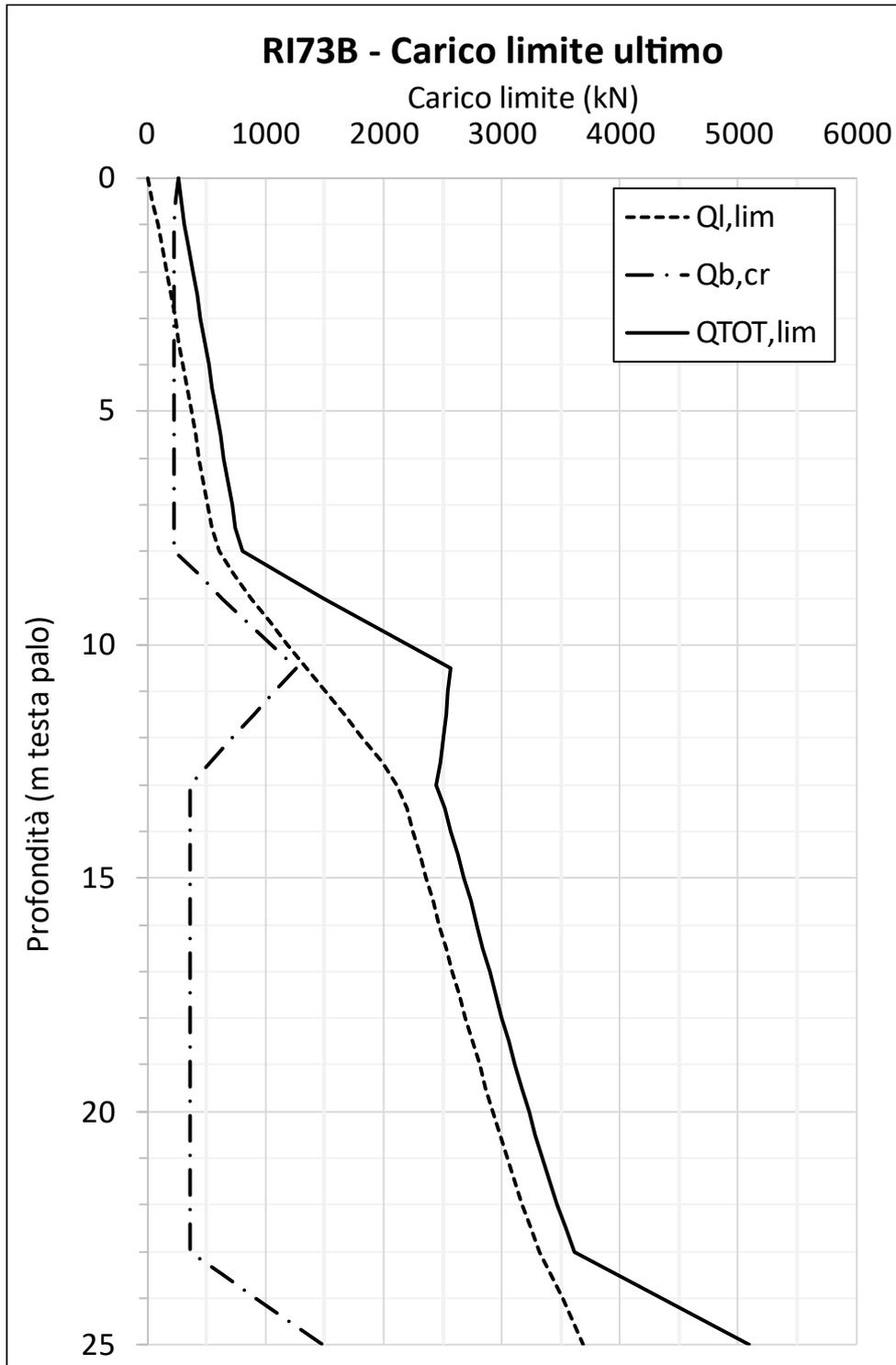


Figura 26 – Curve di carico limite ultimo per pali D=800 mm

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI73B0001A

Foglio

54 di 94

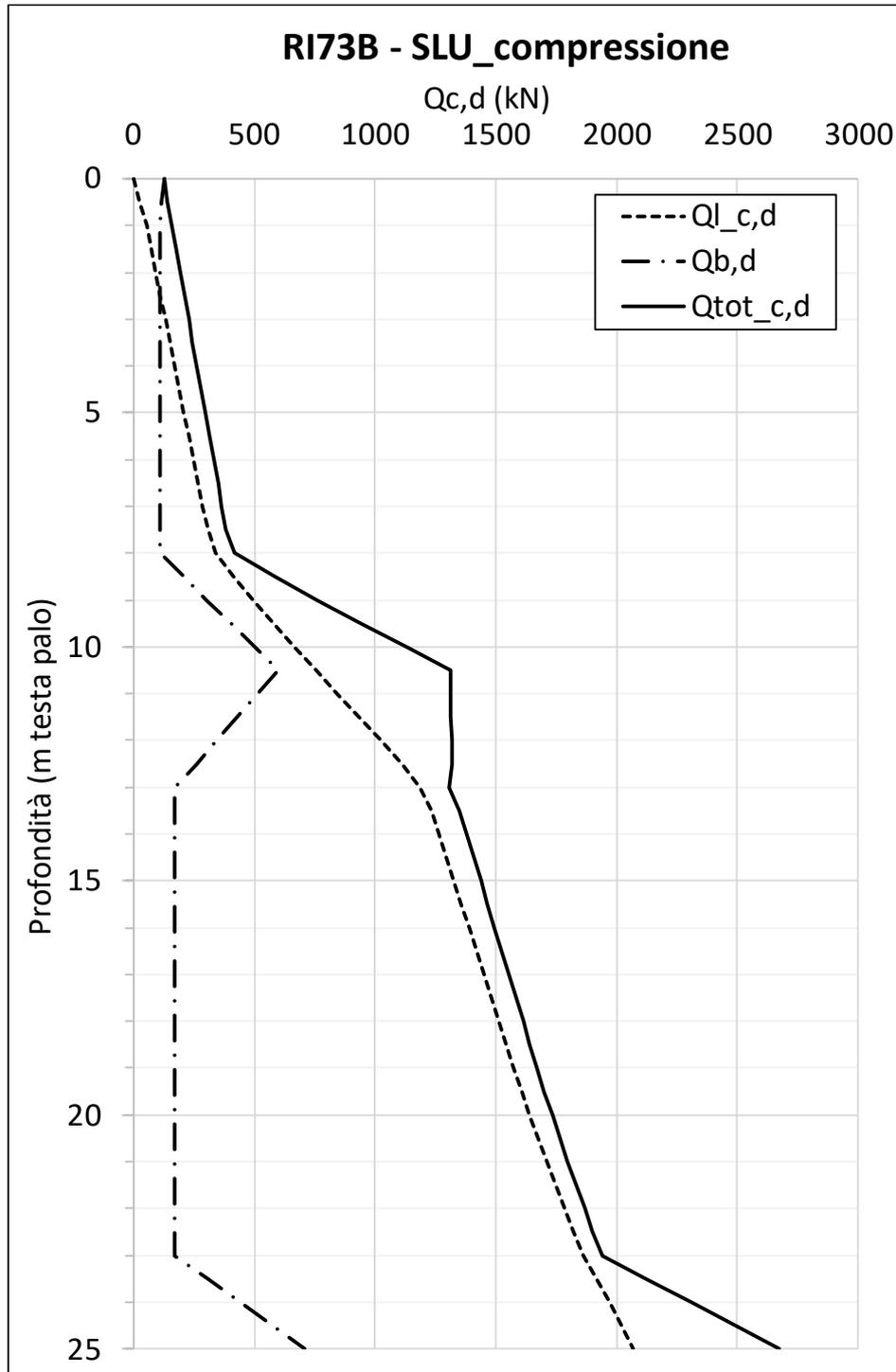


Figura 27 – Curve di resistenza di progetto SLU, compressione per pali $D=800$ mm

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI73B0001A

Foglio

55 di 94

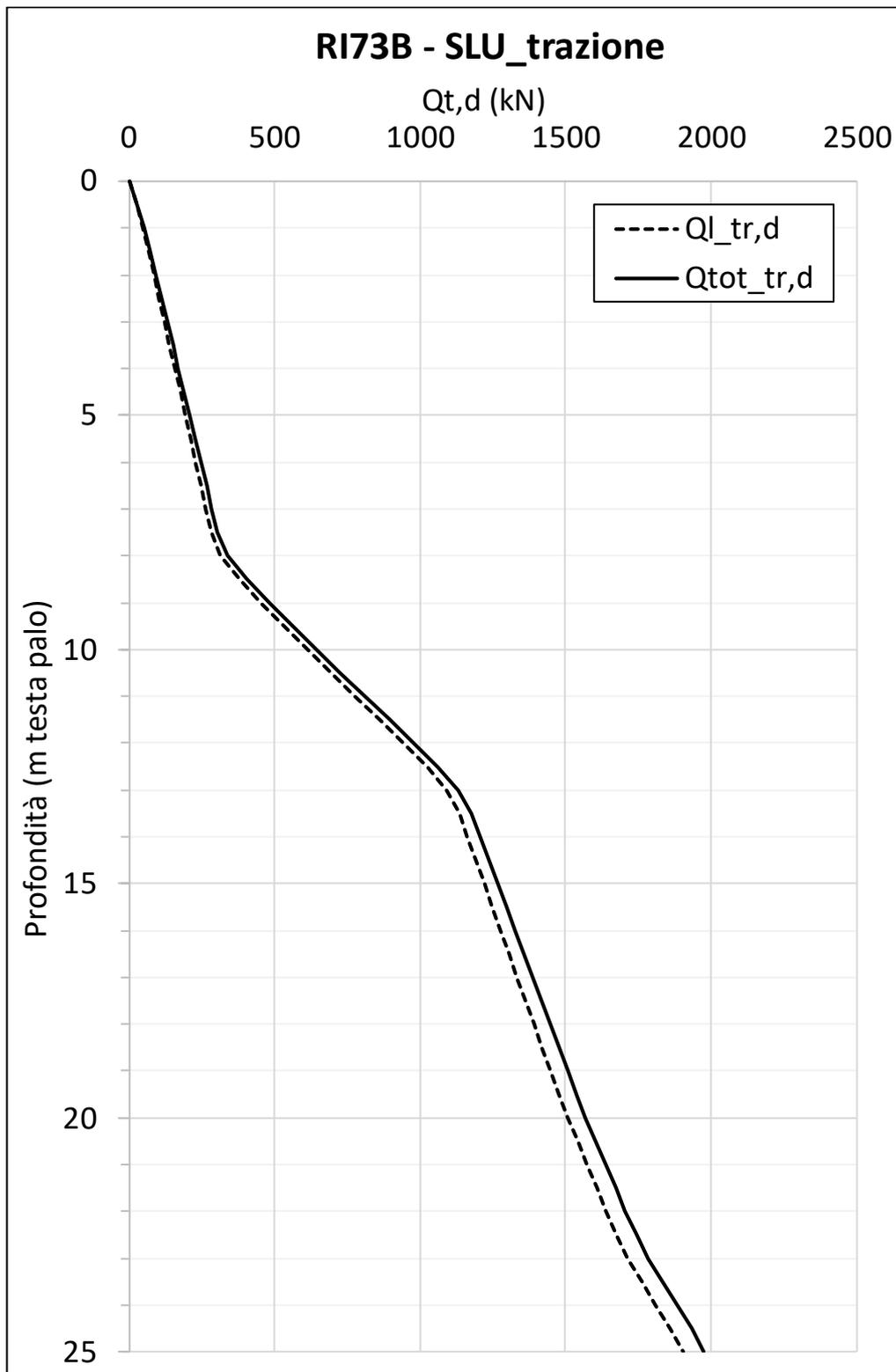


Figura 28 – Curve di resistenza di progetto SLU, trazione per pali D=800 mm

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 56 di 94</p> |

8 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

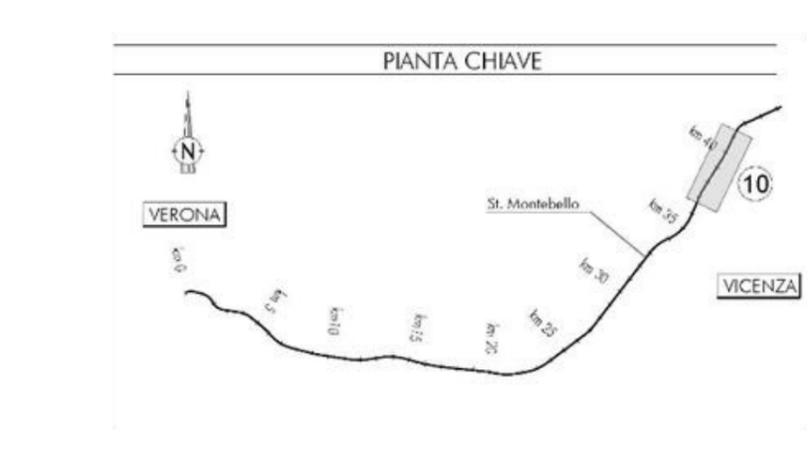
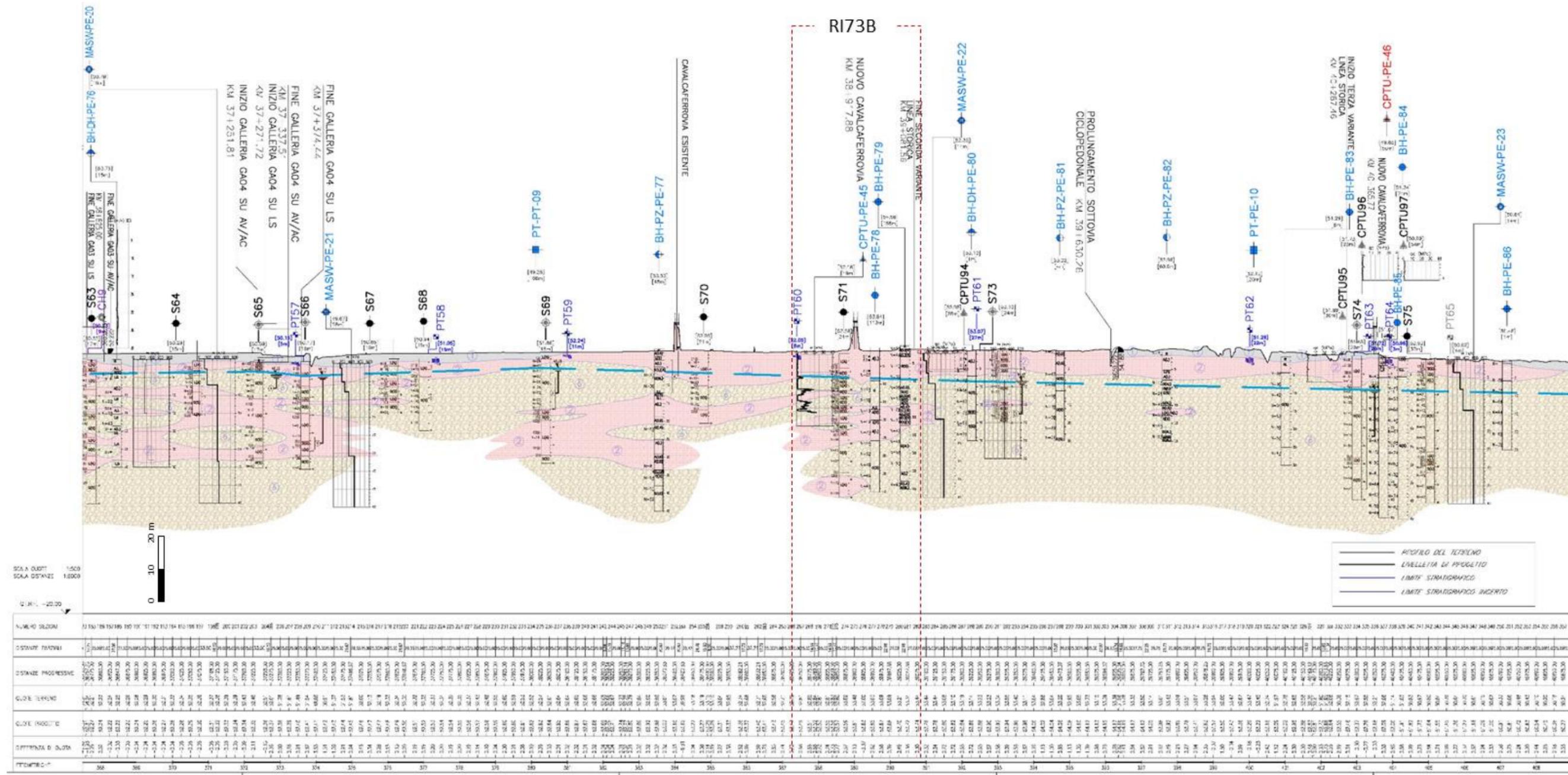
In conclusione, per il rilevato in oggetto non si evidenziano criticità di tipo geotecnico e pertanto non è previsto un monitoraggio.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 57 di 94</p> |

ALLEGATI

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 58 di 94</p> |

ALLEGATO 1 - STRATIGRAFIE



LEGENDA

Campagna indagini integrative PE

- BH-PE-A: Sondaggio a carotaggio continuo
- BH-PZ-PE-A: Sondaggio a carotaggio continuo con l'installazione di piezometro a tubo aperto a Casagrande
- MASW-PE-A: Indagini MSW
- CPTU-PE-A: Prova penetrometrica statica con piezometro

Campagna indagini 2018 per CDS

- SP: Sondaggio geognostico

Campagna indagini 2015

- PI+P15, P20: Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
- PI+15Bis: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C)

Campagna indagini 2014

- SP: Sondaggio a carotaggio continuo
- SP-A: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
- SP-C: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
- CPTU: Prova penetrometrica statica con piezometro (possibilità di avanzamento con trivellazione)
- CPTU-A: Prova penetrometrica statica con piezometro "tradizionale"
- CH: Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
- PE: Pozzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
- PT: Profondità delle indagini

Campagna indagini pregresse

- MSW-2002: Sondaggio geognostico (campagna 1998)
- MSW-2002: Sondaggio geognostico, numero di riferimento (campagna 2002)
- CPTU-2002: CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
- 400000: Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (VI) per gentile concessione Centro Idrico Novoledo s.r.l.)

Classi dei terreni

- 1: Riperto
- 2: Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovracconsolidati
- 3a: Area con prevalenza di sabbie limose/ con limo e limi sabbiosi/ con sabbia, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati
- 3b: Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC a debolmente OC
- 3c: Area di alternanza, sia in verticale che planimetrica, di materiali 3a e 3b
- 4: Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
- 6: Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

| | | | | |
|---|--|---------------------|------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante da pk 6+039,06 a pk 6+395,49 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001</p> | <p>Foglio 60 di 94</p> |

ALLEGATO 2 - SONDAGGI

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

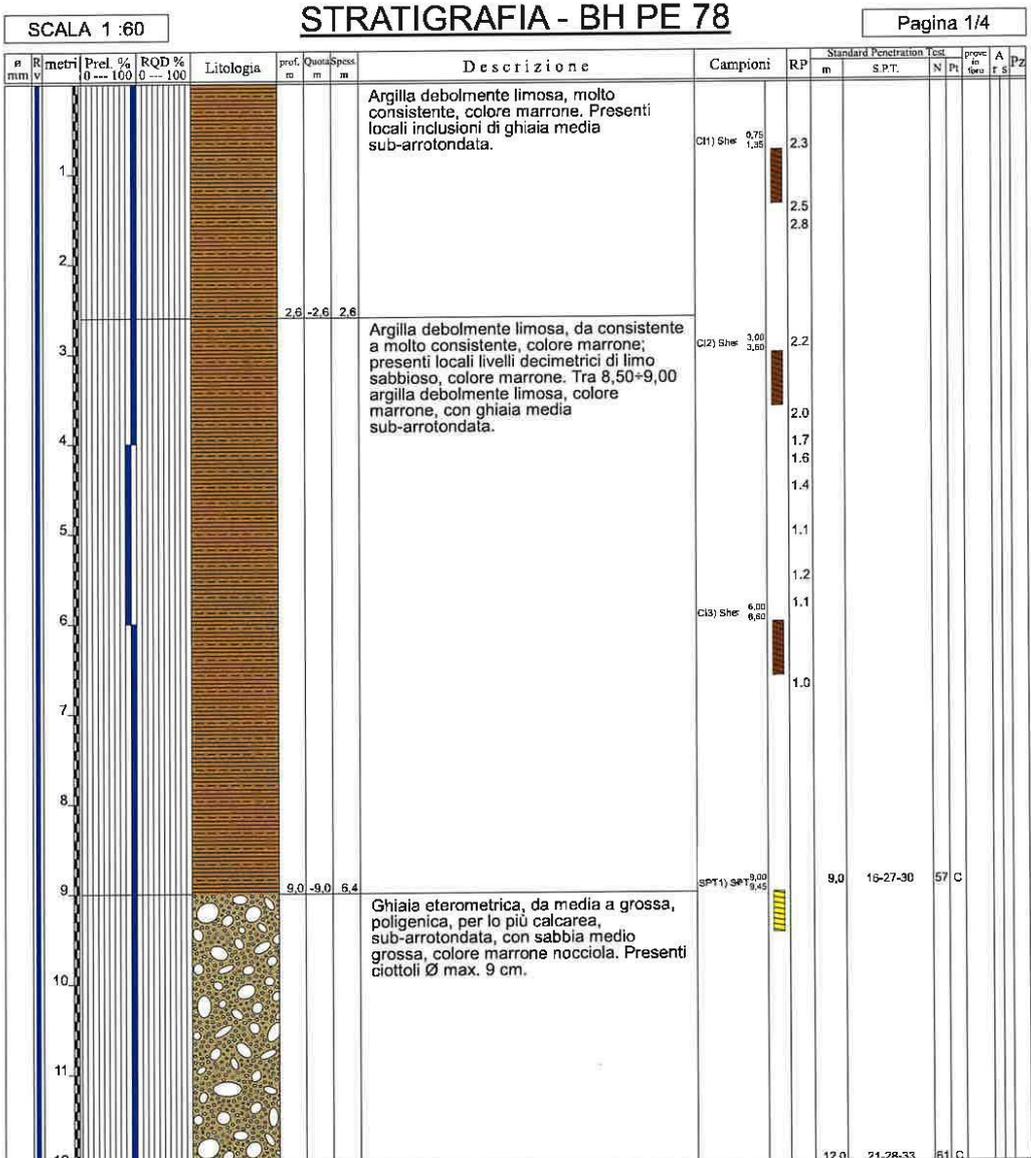
Lotto
12

Codifica
EI2RBRI73B0001A

Foglio
67 di 94



| | |
|--|-------------------------------|
| Committente: IricAV Due | Sondaggio: BH PE 78 |
| Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza | Data: 25/11/2020 - 27/11/2020 |
| Coordinate: | Quota: |
| Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 65, prog. 38+910 | |



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sprocati

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI73B0001A

Foglio
68 di 94

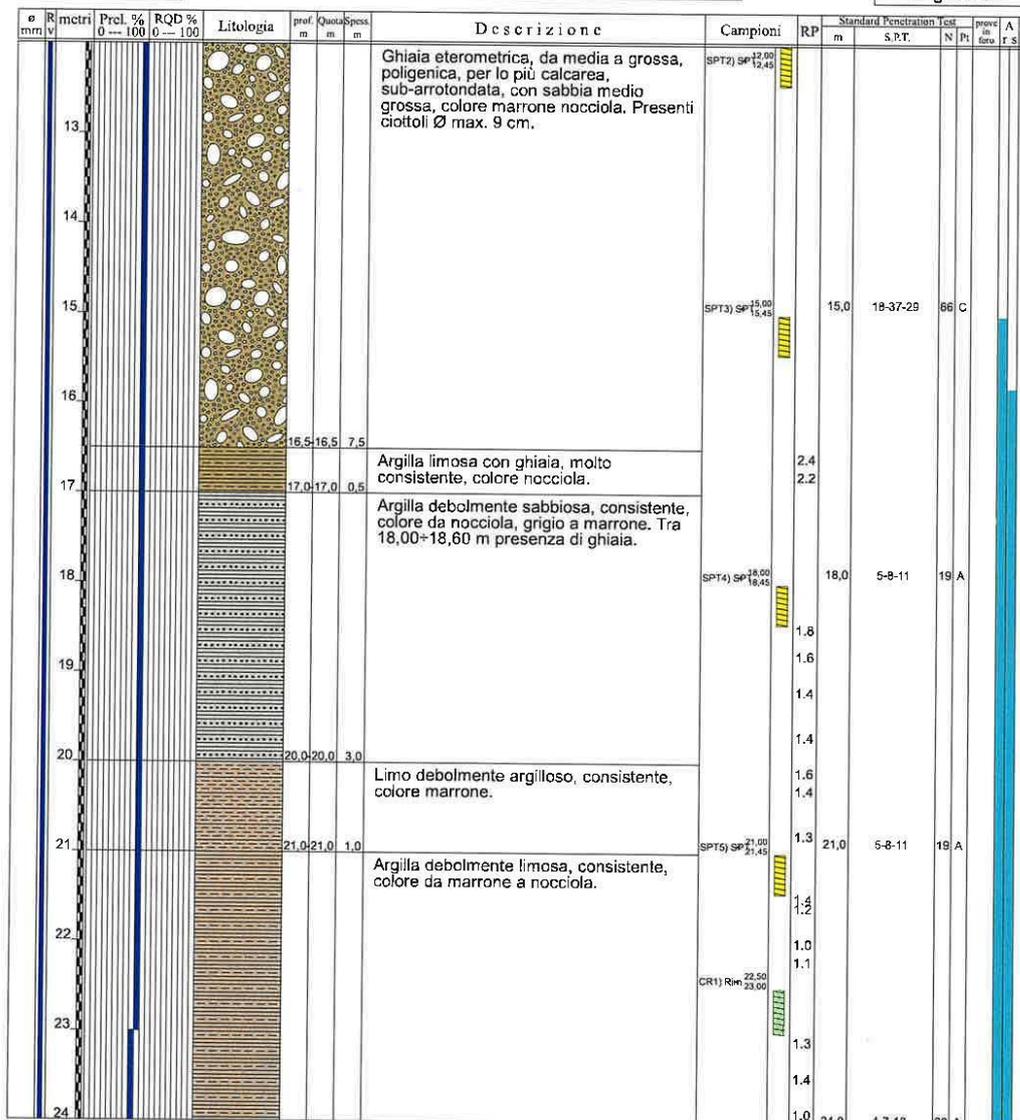


| | |
|--|-------------------------------|
| Committente: IricAV Due | Sondaggio: BH PE 78 |
| Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza | Data: 25/11/2020 - 27/11/2020 |
| Coordinate: | Quota: |
| Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 65, prog. 38+910 | |

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 78

Pagina 2/4



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sproccati

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

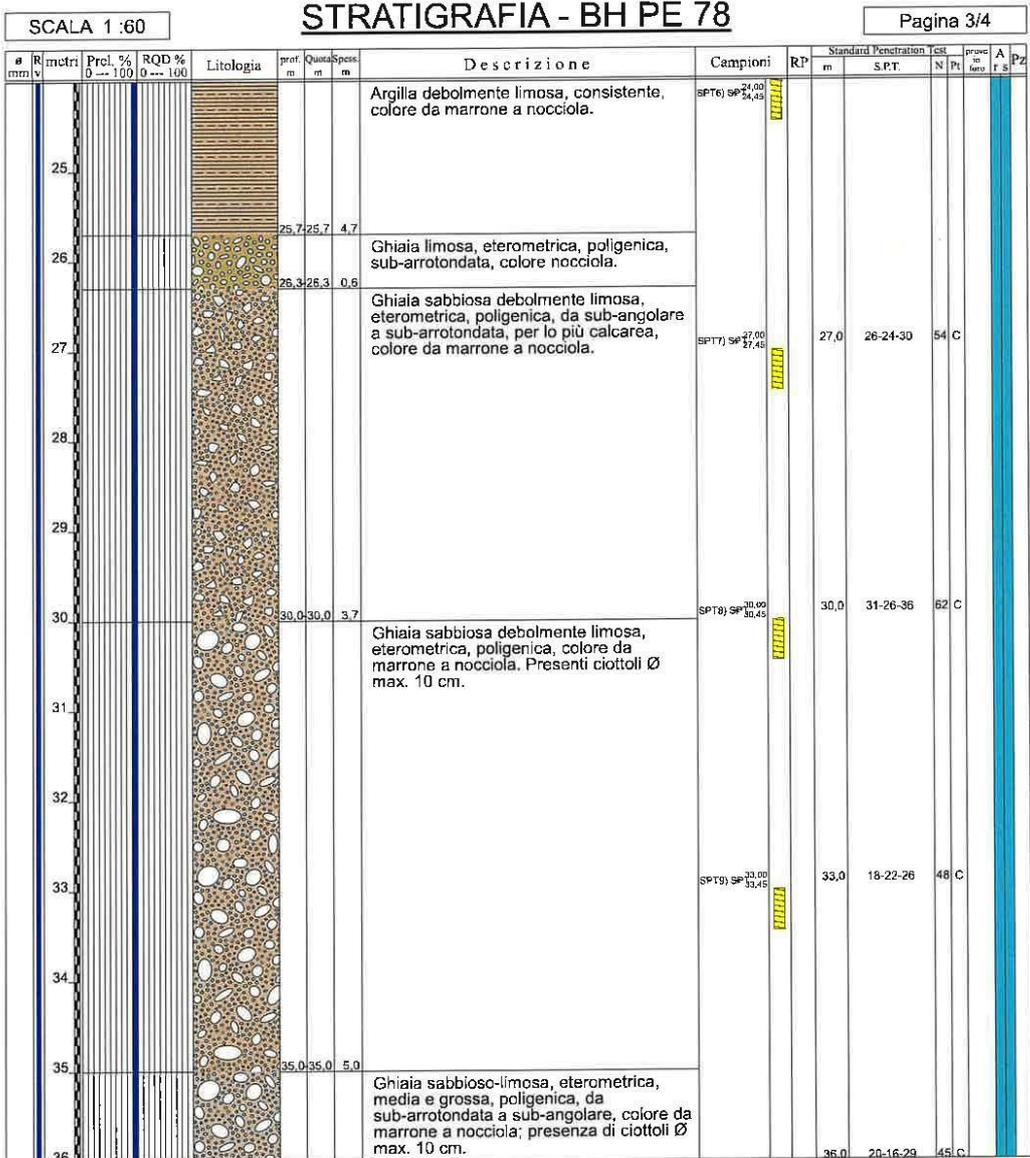
Lotto
12

Codifica
EI2RBRI73B0001A

Foglio
69 di 94



| | |
|--|-------------------------------|
| Committente: IricAV Due | Sondaggio: BH PE 78 |
| Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza | Data: 25/11/2020 - 27/11/2020 |
| Coordinate: | Quota: |
| Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 65, prog. 38+910 | |



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sprocati

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI73B0001A

Foglio

70 di 94



| | |
|--|-------------------------------|
| Committente: IricAV Due | Sondaggio: BH PE 78 |
| Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza | Data: 25/11/2020 - 27/11/2020 |
| Coordinate: | Quota: |
| Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 65, prog. 38+910 | |

SCALA 1 :60

STRATIGRAFIA - BH PE 78

Pagina 4/4

| Prof. m | Rimetri | Prel. % | RQD % | Litologia | Descrizione | Campioni | RP | Standard Penetration Test | | Cat | prove in sito | A | Pz | |
|---------|---------|---------|-------|--|---|-----------------------|----|---------------------------|--------|----------|---------------|---|----|---|
| | | | | | | | | m | S.P.T. | | | | | N |
| 37,0 | | | |  | Ghiaia sabbioso-limosa, eterometrica, media e grossa, poligenica, da sub-arrotondata a sub-angolare, colore da marrone a nocciola; presenza di ciottoli Ø max. 10 cm. | SPT10) 36,00 38,45 | | | | | | | | |
| 38,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 39,0 | | | | | | | | SPT11) 39,00 39,45 | 39,0 | 25-19-22 | 41 | C | | |
| 40,0 | | | | | | | | | | | | | | |

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevati n. 3 campioni indisturbati.
Prelevato n. 1 campione rimaneggiato.
Prelevati n. 11 campioni rimaneggiati SPT.
Eseguite n. 11 prove SPT.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 75 di 94 |

GEOSERVING S.r.l.
Laboratorio Sperimentale
per prove geotecniche terra, rocce e prove in situ
Via Collemaroni, 3 - San Vittone del Lazio (FR)
e-mail: info@geoserving.it

| | |
|--|--|
| Certificato n° del | Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020 |
| Committente: IricAV Due | Sondaggio: BH PE 80 |
| Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza | Data: 14/11/2020 - 15/11/2020 |
| Coordinate: | Quota: |
| Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. 39+200 | |

| SCALA 1 : 60 | | STRATIGRAFIA BH PE 80 | | Pagina 3/3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|------------------------------|---------|---|-----------|---------|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|---------|----|-----|----|--|--|---|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ø mm</th> <th>R metri</th> <th>Prel. %</th> <th>RQD %</th> <th>Litologia</th> <th>prof. m</th> <th>Quota m</th> <th>pesi m</th> <th>Campioni</th> <th>RP</th> <th>Standard Penetration</th> <th>Test</th> <th>prove in foro</th> <th>A r. s.</th> <th>Pz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>101</td> <td>25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25,0</td> <td>25,0</td> <td>18,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Ø mm | R metri | Prel. % | RQD % | Litologia | prof. m | Quota m | pesi m | Campioni | RP | Standard Penetration | Test | prove in foro | A r. s. | Pz | 101 | 25 | | |  | 25,0 | 25,0 | 18,0 | | | | | | | | <p>Sabbia ghiaiosa, media e ghiaia sabbiosa da sciuma ad addensata colore da marrone chiaro ad avana.</p> <p>Presenti clasti e ciottoli da sub-arrotondati ad arrotondati da millimetrici a centimetrici con Ø max. 6+9 cm. Tra 16,60+17,50 m presente livello di argilla limosa sabbiosa e debolmente ghiaiosa, mediamente consistente, colore marrone-rossastro.</p> | | | | | | | | | | | |
| Ø mm | R metri | Prel. % | RQD % | Litologia | prof. m | Quota m | pesi m | Campioni | RP | Standard Penetration | Test | prove in foro | A r. s. | Pz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 101 | 25 | | |  | 25,0 | 25,0 | 18,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevati n. 2 campioni indisturbati.
Prelevati n. 8 campioni rimaneggiati S.P.T.
Eseguite n. 8 prove S.P.T.
Installato tubo pcv per down-hole da 3".
Installato chiusino in ferro.
Approvvigionamento e trasporto di acqua necessaria per la perforazione.

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 76 di 94</p> |

ALLEGATO 3 - TABULATI DI CALCOLO PALI D = 600

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 77 di 94 |

*** 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 RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=600mm SLE

| | | |
|---------------------------------------|---|-------------|
| Quota testa palo da p.c. | = | 2.00 m |
| Quota falda da p.c. | = | 1.00 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 = 600. 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: $3.0 * .600 = 1.80$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * .600 = 1.80$ 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 seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 78 di 94 |

pag. 2

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=600mm SLE

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "LA " (Coesivo) da .00 a 3.00 m

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

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

$$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 70.0 \text{ a } 70.0 \text{ kPa}$$

Strato 2 "LA " (Coesivo) da 3.00 a 10.00 m

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

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

$$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 50.0 \text{ a } 50.0 \text{ kPa}$$

Strato 3 "G " (Incoerente) da 10.00 a 15.00 m

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

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

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

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

Z = profondita da piano campagna

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

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

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 79 di 94</p> |

Qb variabile lin. da 2500. a 2500. kPa

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 80 di 94 |

pag. 3

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=600mm SLE

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "LA " (Coesivo) da 15.00 a 25.00 m

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

$$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .23 * S'_v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 80.0 \text{ a } 80.0 \text{ kPa}$$

Strato 5 "G " (Incoerente) da 25.00 a 30.00 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

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

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

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 3500. \text{ a } 3500. \text{ kPa}$$

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 81 di 94 |

pag. 4

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=600mm SLE

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

| strato | Molt. Tau | Molt. Qb | Molt. Cu |
|---------|-----------|----------|----------|
| 1 "LA " | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2 "LA " | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 "G " | 1.00 | 1.00 | - |
| 4 "LA " | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 5 "G " | 1.00 | 1.00 | - |

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

Per terreni coesivi: Criterio $\tau = \alpha * C_u$

| Cu kPa | alfa |
|-----------|------|
| .0 | .55 |
| 150.0 | .55 |
| 250.0 | .45 |
| 400.0 | .45 |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 82 di 94 |

pag. 5

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=600mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz m | S'v kPa | Sv kPa | Cu kPa | Tau/S'v - | Tau kPa | qb kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|
| 2.00 | 28.0 | 38.0 | 70.0 | 1.38 | 38.5 | 540. |
| 2.50 | 32.5 | 47.5 | 70.0 | 1.18 | 38.5 | 495. |
| 3.00 | 37.0 | 57.0 | 70.0 | .89 | 33.0 | 450. |
| 3.50 | 41.5 | 66.5 | 50.0 | .66 | 27.5 | 450. |
| 4.00 | 46.0 | 76.0 | 50.0 | .60 | 27.5 | 450. |
| 4.50 | 50.5 | 85.5 | 50.0 | .54 | 27.5 | 450. |
| 5.00 | 55.0 | 95.0 | 50.0 | .50 | 27.5 | 450. |
| 5.50 | 59.5 | 104.5 | 50.0 | .46 | 27.5 | 450. |
| 6.00 | 64.0 | 114.0 | 50.0 | .43 | 27.5 | 450. |
| 6.50 | 68.5 | 123.5 | 50.0 | .40 | 27.5 | 450. |
| 7.00 | 73.0 | 133.0 | 50.0 | .38 | 27.5 | 450. |
| 7.50 | 77.5 | 142.5 | 50.0 | .35 | 27.5 | 450. |
| 8.00 | 82.0 | 152.0 | 50.0 | .34 | 27.5 | 450. |
| 8.50 | 86.5 | 161.5 | 50.0 | .32 | 27.5 | 450. |
| 9.00 | 91.0 | 171.0 | 50.0 | .30 | 27.5 | 450. |
| 9.50 | 95.5 | 180.5 | 50.0 | .29 | 27.5 | 450. |
| 10.00 | 100.0 | 190.0 | 50.0 | .72 | 72.4 | 450. |
| 10.50 | 104.5 | 199.5 | -- | 1.14 | 119.4 | 963. |
| 11.00 | 109.0 | 209.0 | -- | 1.11 | 121.2 | 1475. |
| 11.50 | 113.5 | 218.5 | -- | 1.08 | 122.8 | 1988. |
| 12.00 | 118.0 | 228.0 | -- | 1.05 | 124.2 | 2500. |
| 12.50 | 122.5 | 237.5 | -- | 1.02 | 125.3 | 2500. |
| 13.00 | 127.0 | 247.0 | -- | .99 | 126.2 | 2500. |
| 13.50 | 131.5 | 256.5 | -- | .96 | 126.9 | 2055. |
| 14.00 | 136.0 | 266.0 | -- | .94 | 127.3 | 1610. |
| 14.50 | 140.5 | 275.5 | -- | .91 | 127.5 | 1165. |
| 15.00 | 145.0 | 285.0 | -- | .59 | 85.8 | 720. |
| 15.50 | 149.5 | 294.5 | 80.0 | .29 | 44.0 | 720. |
| 16.00 | 154.0 | 304.0 | 80.0 | .29 | 44.0 | 720. |
| 16.50 | 158.5 | 313.5 | 80.0 | .28 | 44.0 | 720. |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 83 di 94 |

pag. 6

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=600mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz | S'v | Sv | Cu | Tau/S'v | Tau | qb |
|-------|-------|-------|------|---------|------|-------|
| m | kPa | kPa | kPa | - | kPa | kPa |
| 17.00 | 163.0 | 323.0 | 80.0 | .27 | 44.0 | 720. |
| 17.50 | 167.5 | 332.5 | 80.0 | .26 | 44.0 | 720. |
| 18.00 | 172.0 | 342.0 | 80.0 | .26 | 44.0 | 720. |
| 18.50 | 176.5 | 351.5 | 80.0 | .25 | 44.0 | 720. |
| 19.00 | 181.0 | 361.0 | 80.0 | .24 | 44.0 | 720. |
| 19.50 | 185.5 | 370.5 | 80.0 | .24 | 44.0 | 720. |
| 20.00 | 190.0 | 380.0 | 80.0 | .23 | 44.0 | 720. |
| 20.50 | 194.5 | 389.5 | 80.0 | .23 | 44.7 | 720. |
| 21.00 | 199.0 | 399.0 | 80.0 | .23 | 45.8 | 720. |
| 21.50 | 203.5 | 408.5 | 80.0 | .23 | 46.8 | 720. |
| 22.00 | 208.0 | 418.0 | 80.0 | .23 | 47.8 | 720. |
| 22.50 | 212.5 | 427.5 | 80.0 | .23 | 48.9 | 720. |
| 23.00 | 217.0 | 437.0 | 80.0 | .23 | 49.9 | 720. |
| 23.50 | 221.5 | 446.5 | 80.0 | .23 | 50.9 | 720. |
| 24.00 | 226.0 | 456.0 | 80.0 | .23 | 52.0 | 720. |
| 24.50 | 230.5 | 465.5 | 80.0 | .23 | 53.0 | 720. |
| 25.00 | 235.0 | 475.0 | 80.0 | .29 | 68.9 | 720. |
| 25.50 | 239.5 | 484.5 | -- | .33 | 79.5 | 1415. |
| 26.00 | 244.0 | 494.0 | -- | .31 | 75.0 | 2110. |
| 26.50 | 248.5 | 503.5 | -- | .28 | 70.3 | 2805. |
| 27.00 | 253.0 | 513.0 | -- | .26 | 65.5 | 3500. |
| 27.50 | 257.5 | 522.5 | -- | .25 | 64.4 | 3500. |
| 28.00 | 262.0 | 532.0 | -- | .25 | 65.5 | 3500. |
| 28.50 | 266.5 | 541.5 | -- | .25 | 66.6 | 3500. |
| 29.00 | 271.0 | 551.0 | -- | .25 | 67.8 | 3500. |
| 29.50 | 275.5 | 560.5 | -- | .25 | 68.9 | 3500. |
| 30.00 | 280.0 | 570.0 | -- | .25 | 70.0 | 3500. |

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 seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 84 di 94 |

pag. 7

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=600mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Q11 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00 | 0. | 153. | 0. | 153. | 153. |
| .50 | 36. | 140. | 1. | 175. | 175. |
| 1.00 | 70. | 127. | 2. | 196. | 196. |
| 1.50 | 98. | 127. | 3. | 223. | 223. |
| 2.00 | 124. | 127. | 3. | 248. | 248. |
| 2.50 | 150. | 127. | 4. | 273. | 273. |
| 3.00 | 176. | 127. | 5. | 298. | 298. |
| 3.50 | 202. | 127. | 6. | 323. | 323. |
| 4.00 | 228. | 127. | 7. | 349. | 349. |
| 4.50 | 254. | 127. | 8. | 374. | 374. |
| 5.00 | 280. | 127. | 8. | 399. | 399. |
| 5.50 | 306. | 127. | 9. | 424. | 424. |
| 6.00 | 332. | 127. | 10. | 449. | 449. |
| 6.50 | 358. | 127. | 11. | 474. | 474. |
| 7.00 | 384. | 127. | 12. | 499. | 499. |
| 7.50 | 410. | 127. | 13. | 524. | 524. |
| 8.00 | 457. | 127. | 14. | 570. | 570. |
| 8.50 | 547. | 272. | 14. | 805. | 805. |
| 9.00 | 660. | 417. | 15. | 1062. | 1062. |
| 9.50 | 775. | 562. | 16. | 1321. | 1321. |
| 10.00 | 892. | 707. | 17. | 1582. | 1582. |
| 10.50 | 1009. | 707. | 18. | 1698. | 1698. |
| 11.00 | 1128. | 707. | 19. | 1816. | 1816. |
| 11.50 | 1247. | 581. | 20. | 1809. | 1809. |
| 12.00 | 1367. | 455. | 20. | 1802. | 1802. |
| 12.50 | 1487. | 329. | 21. | 1795. | 1795. |
| 13.00 | 1587. | 204. | 22. | 1769. | 1769. |
| 13.50 | 1649. | 204. | 23. | 1829. | 1829. |
| 14.00 | 1690. | 204. | 24. | 1870. | 1870. |
| 14.50 | 1732. | 204. | 25. | 1910. | 1910. |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 85 di 94 |

pag. 8

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=600mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Ql1 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 15.00 | 1773. | 204. | 25. | 1951. | 1951. |
| 15.50 | 1814. | 204. | 26. | 1992. | 1992. |
| 16.00 | 1856. | 204. | 27. | 2032. | 2032. |
| 16.50 | 1897. | 204. | 28. | 2073. | 2073. |
| 17.00 | 1939. | 204. | 29. | 2114. | 2114. |
| 17.50 | 1980. | 204. | 30. | 2154. | 2154. |
| 18.00 | 2022. | 204. | 31. | 2195. | 2195. |
| 18.50 | 2064. | 204. | 31. | 2236. | 2236. |
| 19.00 | 2106. | 204. | 32. | 2278. | 2278. |
| 19.50 | 2150. | 204. | 33. | 2320. | 2320. |
| 20.00 | 2194. | 204. | 34. | 2364. | 2364. |
| 20.50 | 2240. | 204. | 35. | 2409. | 2409. |
| 21.00 | 2287. | 204. | 36. | 2455. | 2455. |
| 21.50 | 2334. | 204. | 36. | 2501. | 2501. |
| 22.00 | 2383. | 204. | 37. | 2549. | 2549. |
| 22.50 | 2432. | 204. | 38. | 2598. | 2598. |
| 23.00 | 2490. | 204. | 39. | 2654. | 2654. |
| 23.50 | 2560. | 400. | 40. | 2920. | 2920. |
| 24.00 | 2632. | 597. | 41. | 3188. | 3188. |
| 24.50 | 2701. | 793. | 42. | 3452. | 3452. |
| 25.00 | 2765. | 990. | 42. | 3712. | 3712. |
| 25.50 | 2826. | 990. | 43. | 3772. | 3772. |
| 26.00 | 2887. | 990. | 44. | 3833. | 3833. |
| 26.50 | 2949. | 990. | 45. | 3894. | 3894. |
| 27.00 | 3013. | 990. | 46. | 3957. | 3957. |
| 27.50 | 3077. | 990. | 47. | 4020. | 4020. |
| 28.00 | 3143. | 990. | 48. | 4085. | 4085. |

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 = $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 12</p> | <p>Codifica EI2RBRI73B0001A</p> | <p>Foglio 86 di 94</p> |

ALLEGATO 4 - TABULATI DI CALCOLO PALI D = 800

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 87 di 94 |

*** 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 RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=800mm SLE

| | | |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| Quota testa palo da p.c. | = | 2.00 m |
| Quota falda da p.c. | = | 1.00 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 seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 88 di 94 |

pag. 2

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=800mm SLE

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "LA " (Coesivo) da .00 a 3.00 m

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

$$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 70.0 \text{ a } 70.0 \text{ kPa}$$

Strato 2 "LA " (Coesivo) da 3.00 a 10.00 m

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

$$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 50.0 \text{ a } 50.0 \text{ kPa}$$

Strato 3 "G " (Incoerente) da 10.00 a 15.00 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

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

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

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

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 89 di 94 |

pag. 3

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=800mm SLE

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "LA " (Coesivo) da 15.00 a 25.00 m

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

$$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 80.0 \text{ a } 80.0 \text{ kPa}$$

Strato 5 "G " (Incoerente) da 25.00 a 30.00 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

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

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

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 3500. \text{ a } 3500. \text{ kPa}$$

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 90 di 94 |

pag. 4

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=800mm SLE

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

| strato | Molt. Tau | Molt. Qb | Molt. Cu |
|---------|-----------|----------|----------|
| 1 "LA " | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2 "LA " | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 "G " | 1.00 | 1.00 | - |
| 4 "LA " | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 5 "G " | 1.00 | 1.00 | - |

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

Per terreni coesivi: Criterio $\tau = \alpha * C_u$

| Cu kPa | alfa |
|-----------|------|
| .0 | .55 |
| 150.0 | .55 |
| 250.0 | .45 |
| 400.0 | .45 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 91 di 94 |

pag. 5

MURO RI73B - CURVE 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 |
| 2.00 | 28.0 | 38.0 | 70.0 | 1.38 | 38.5 | 522. |
| 2.50 | 32.5 | 47.5 | 70.0 | 1.18 | 38.5 | 486. |
| 3.00 | 37.0 | 57.0 | 70.0 | .89 | 33.0 | 450. |
| 3.50 | 41.5 | 66.5 | 50.0 | .66 | 27.5 | 450. |
| 4.00 | 46.0 | 76.0 | 50.0 | .60 | 27.5 | 450. |
| 4.50 | 50.5 | 85.5 | 50.0 | .54 | 27.5 | 450. |
| 5.00 | 55.0 | 95.0 | 50.0 | .50 | 27.5 | 450. |
| 5.50 | 59.5 | 104.5 | 50.0 | .46 | 27.5 | 450. |
| 6.00 | 64.0 | 114.0 | 50.0 | .43 | 27.5 | 450. |
| 6.50 | 68.5 | 123.5 | 50.0 | .40 | 27.5 | 450. |
| 7.00 | 73.0 | 133.0 | 50.0 | .38 | 27.5 | 450. |
| 7.50 | 77.5 | 142.5 | 50.0 | .35 | 27.5 | 450. |
| 8.00 | 82.0 | 152.0 | 50.0 | .34 | 27.5 | 450. |
| 8.50 | 86.5 | 161.5 | 50.0 | .32 | 27.5 | 450. |
| 9.00 | 91.0 | 171.0 | 50.0 | .30 | 27.5 | 450. |
| 9.50 | 95.5 | 180.5 | 50.0 | .29 | 27.5 | 450. |
| 10.00 | 100.0 | 190.0 | 50.0 | .72 | 72.4 | 450. |
| 10.50 | 104.5 | 199.5 | -- | 1.14 | 119.4 | 860. |
| 11.00 | 109.0 | 209.0 | -- | 1.11 | 121.2 | 1270. |
| 11.50 | 113.5 | 218.5 | -- | 1.08 | 122.8 | 1680. |
| 12.00 | 118.0 | 228.0 | -- | 1.05 | 124.2 | 2090. |
| 12.50 | 122.5 | 237.5 | -- | 1.02 | 125.3 | 2500. |
| 13.00 | 127.0 | 247.0 | -- | .99 | 126.2 | 2144. |
| 13.50 | 131.5 | 256.5 | -- | .96 | 126.9 | 1788. |
| 14.00 | 136.0 | 266.0 | -- | .94 | 127.3 | 1432. |
| 14.50 | 140.5 | 275.5 | -- | .91 | 127.5 | 1076. |
| 15.00 | 145.0 | 285.0 | -- | .59 | 85.8 | 720. |
| 15.50 | 149.5 | 294.5 | 80.0 | .29 | 44.0 | 720. |
| 16.00 | 154.0 | 304.0 | 80.0 | .29 | 44.0 | 720. |
| 16.50 | 158.5 | 313.5 | 80.0 | .28 | 44.0 | 720. |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 92 di 94 |

pag. 6

MURO RI73B - CURVE 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 |
| 17.00 | 163.0 | 323.0 | 80.0 | .27 | 44.0 | 720. |
| 17.50 | 167.5 | 332.5 | 80.0 | .26 | 44.0 | 720. |
| 18.00 | 172.0 | 342.0 | 80.0 | .26 | 44.0 | 720. |
| 18.50 | 176.5 | 351.5 | 80.0 | .25 | 44.0 | 720. |
| 19.00 | 181.0 | 361.0 | 80.0 | .24 | 44.0 | 720. |
| 19.50 | 185.5 | 370.5 | 80.0 | .24 | 44.0 | 720. |
| 20.00 | 190.0 | 380.0 | 80.0 | .23 | 44.0 | 720. |
| 20.50 | 194.5 | 389.5 | 80.0 | .23 | 44.7 | 720. |
| 21.00 | 199.0 | 399.0 | 80.0 | .23 | 45.8 | 720. |
| 21.50 | 203.5 | 408.5 | 80.0 | .23 | 46.8 | 720. |
| 22.00 | 208.0 | 418.0 | 80.0 | .23 | 47.8 | 720. |
| 22.50 | 212.5 | 427.5 | 80.0 | .23 | 48.9 | 720. |
| 23.00 | 217.0 | 437.0 | 80.0 | .23 | 49.9 | 720. |
| 23.50 | 221.5 | 446.5 | 80.0 | .23 | 50.9 | 720. |
| 24.00 | 226.0 | 456.0 | 80.0 | .23 | 52.0 | 720. |
| 24.50 | 230.5 | 465.5 | 80.0 | .23 | 53.0 | 720. |
| 25.00 | 235.0 | 475.0 | 80.0 | .29 | 68.9 | 720. |
| 25.50 | 239.5 | 484.5 | -- | .33 | 79.5 | 1276. |
| 26.00 | 244.0 | 494.0 | -- | .31 | 75.0 | 1832. |
| 26.50 | 248.5 | 503.5 | -- | .28 | 70.3 | 2388. |
| 27.00 | 253.0 | 513.0 | -- | .26 | 65.5 | 2944. |
| 27.50 | 257.5 | 522.5 | -- | .25 | 64.4 | 3500. |
| 28.00 | 262.0 | 532.0 | -- | .25 | 65.5 | 3500. |
| 28.50 | 266.5 | 541.5 | -- | .25 | 66.6 | 3500. |
| 29.00 | 271.0 | 551.0 | -- | .25 | 67.8 | 3500. |
| 29.50 | 275.5 | 560.5 | -- | .25 | 68.9 | 3500. |
| 30.00 | 280.0 | 570.0 | -- | .25 | 70.0 | 3500. |

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 seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 93 di 94 |

pag. 7

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=800mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Q11 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00 | 0. | 262. | 0. | 262. | 262. |
| .50 | 48. | 244. | 2. | 291. | 291. |
| 1.00 | 93. | 226. | 3. | 316. | 316. |
| 1.50 | 131. | 226. | 5. | 353. | 353. |
| 2.00 | 166. | 226. | 6. | 386. | 386. |
| 2.50 | 200. | 226. | 8. | 419. | 419. |
| 3.00 | 235. | 226. | 9. | 452. | 452. |
| 3.50 | 270. | 226. | 11. | 485. | 485. |
| 4.00 | 304. | 226. | 12. | 518. | 518. |
| 4.50 | 339. | 226. | 14. | 551. | 551. |
| 5.00 | 373. | 226. | 15. | 584. | 584. |
| 5.50 | 408. | 226. | 17. | 617. | 617. |
| 6.00 | 442. | 226. | 18. | 650. | 650. |
| 6.50 | 477. | 226. | 20. | 683. | 683. |
| 7.00 | 511. | 226. | 21. | 717. | 717. |
| 7.50 | 546. | 226. | 23. | 750. | 750. |
| 8.00 | 609. | 226. | 24. | 811. | 811. |
| 8.50 | 729. | 432. | 26. | 1136. | 1136. |
| 9.00 | 880. | 638. | 27. | 1492. | 1492. |
| 9.50 | 1034. | 844. | 29. | 1850. | 1850. |
| 10.00 | 1189. | 1051. | 30. | 2209. | 2209. |
| 10.50 | 1346. | 1257. | 32. | 2571. | 2571. |
| 11.00 | 1504. | 1078. | 33. | 2548. | 2548. |
| 11.50 | 1663. | 899. | 35. | 2527. | 2527. |
| 12.00 | 1822. | 720. | 36. | 2506. | 2506. |
| 12.50 | 1983. | 541. | 38. | 2486. | 2486. |
| 13.00 | 2117. | 362. | 39. | 2439. | 2439. |
| 13.50 | 2198. | 362. | 41. | 2519. | 2519. |
| 14.00 | 2253. | 362. | 42. | 2573. | 2573. |
| 14.50 | 2309. | 362. | 44. | 2627. | 2627. |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464,16 a pk 188+900,45 Relazione Geotecnica | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2RBRI73B0001A | Foglio 94 di 94 |

pag. 8

MURO RI73B - CURVE CAPACITA' PORTANTE
Palo D=800mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp m | Ql1 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 15.00 | 2364. | 362. | 45. | 2681. | 2681. |
| 15.50 | 2419. | 362. | 47. | 2734. | 2734. |
| 16.00 | 2475. | 362. | 48. | 2788. | 2788. |
| 16.50 | 2530. | 362. | 50. | 2842. | 2842. |
| 17.00 | 2585. | 362. | 51. | 2896. | 2896. |
| 17.50 | 2640. | 362. | 53. | 2950. | 2950. |
| 18.00 | 2696. | 362. | 54. | 3003. | 3003. |
| 18.50 | 2751. | 362. | 56. | 3058. | 3058. |
| 19.00 | 2808. | 362. | 57. | 3113. | 3113. |
| 19.50 | 2867. | 362. | 59. | 3170. | 3170. |
| 20.00 | 2926. | 362. | 60. | 3228. | 3228. |
| 20.50 | 2987. | 362. | 62. | 3287. | 3287. |
| 21.00 | 3049. | 362. | 63. | 3347. | 3347. |
| 21.50 | 3112. | 362. | 65. | 3409. | 3409. |
| 22.00 | 3177. | 362. | 66. | 3472. | 3472. |
| 22.50 | 3243. | 362. | 68. | 3537. | 3537. |
| 23.00 | 3319. | 362. | 69. | 3612. | 3612. |
| 23.50 | 3413. | 641. | 71. | 3983. | 3983. |
| 24.00 | 3510. | 921. | 72. | 4358. | 4358. |
| 24.50 | 3601. | 1200. | 74. | 4728. | 4728. |
| 25.00 | 3686. | 1480. | 75. | 5091. | 5091. |
| 25.50 | 3768. | 1759. | 77. | 5450. | 5450. |
| 26.00 | 3850. | 1759. | 78. | 5531. | 5531. |
| 26.50 | 3933. | 1759. | 80. | 5612. | 5612. |
| 27.00 | 4017. | 1759. | 81. | 5695. | 5695. |
| 27.50 | 4103. | 1759. | 83. | 5779. | 5779. |
| 28.00 | 4190. | 1759. | 84. | 5865. | 5865. |

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 = $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$