

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
PARTE GENERALE
GEOLOGIA E GEOTECNICA
GENERALE
Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)**

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

| | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|---------------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. | FOGLIO |
| IN17 | 10 | E | I2 | RB | GE0000 | 001 | C | - - - P - - - |



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

Progettazione:

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | IL PROGETTISTA |
|------|------------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|----------------|
| B | RECEPIMENTO ISTRUTTORIA VALIDATORE | A. Mingoia | Aprile 2021 | V. Pastore | Aprile 2021 | P. Ascari | Aprile 2021 | |
| C | RECEPIMENTO ISTRUTTORIA ITALFERR | A. Mingoia | Giugno 2021 | V. Pastore | Giugno 2021 | P. Ascari | Giugno 2021 | |



| | | |
|--|----------------------|----------------------------------|
| CIG. 8377957CD1 | CUP: J41E91000000009 | File: IN1710E12RBGE0000001C.DOCX |
| Progetto cofinanziato dalla Unione Europea | | Cod. origine: |





| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 2 di 137 |

INDICE

| | | |
|---------|---|----|
| 1. | PREMESSA..... | 4 |
| 2. | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.1 | Documentazione di progetto..... | 5 |
| 2.2 | Normativa e standard di riferimento..... | 6 |
| 2.3 | Bibliografia | 6 |
| 3. | DESCRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE..... | 10 |
| 4. | DATI PIEZOMETRICI..... | 13 |
| 5. | CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI..... | 18 |
| 5.1 | Premessa..... | 18 |
| 5.2 | Densità relativa dei materiali a grana grossa | 18 |
| 5.2.1 | Generalità | 18 |
| 5.2.2 | Sabbie..... | 18 |
| 5.2.3 | Ghiaie | 19 |
| 5.3 | Resistenza al taglio – parametri drenati | 20 |
| 5.3.1 | Materiali a grana grossa | 20 |
| 5.3.1.1 | Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Bolton (1986) | 20 |
| 5.3.1.2 | Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Schmertmann..... | 22 |
| 5.3.1.3 | Angolo di resistenza al taglio di sabbie in accordo a Robertson (2012) e Jefferies e Been (2006) | 22 |
| 5.3.2 | Materiali a grana fine..... | 23 |
| 5.4 | Resistenza al taglio – parametri non drenati | 24 |
| 5.5 | Determinazione della storia tensionale – (OCR)..... | 25 |
| 5.6 | Determinazione del coefficiente di consolidazione verticale c_v | 25 |
| 5.7 | Permeabilità di progetto..... | 28 |
| 5.8 | Parametri di deformazione..... | 28 |
| 5.8.1 | Materiali a grana grossa | 28 |
| 5.8.2 | Materiali a grana fine..... | 30 |
| 5.9 | Qualità dei campioni | 31 |
| 6. | BREVE DESCRIZIONE DEL TRACCIATO, DELLE OPERE PRINCIPALI DA REALIZZARE E DEL PROFILO STRATIGRAFICO | 33 |
| 6.1 | Introduzione | 33 |
| 6.2 | Falda di progetto | 33 |
| 6.3 | Principali unità individuate | 35 |
| 6.4 | Tratto compreso fra pk 0+000 e pk 4+942 | 36 |
| 6.5 | Tratto compreso fra pk 4+942 e pk 7+600 (include la GA01) | 55 |
| 6.6 | Tratto compreso fra pk 7+600 e pk 10+050 | 73 |
| 6.7 | Permeabilità | 90 |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica E12RBGE0000001C</p> | <p>Foglio 3 di 137</p> |

| | | |
|---------------|---|-----|
| 7. | RIASSUNTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO | 92 |
| 8. | PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE..... | 95 |
| 9. | STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEI MATERIALI IN SITO | 96 |
| 9.1 | Requisiti normativi..... | 96 |
| 9.2 | Granulometria ed IP da Pk 0+000 a Pk 7+600..... | 97 |
| 9.3 | Granulometria ed IP da Pk 7+600 a Pk 10+050..... | 101 |
| 9.4 | Contenuto di solfati e di sostanze organiche..... | 104 |
| 9.5 | Prove su miscele terreno-legante eseguite durante la fase di Progetto Esecutivo | 104 |
| ALLEGATI..... | | 113 |
| Allegato 1 | - Sintesi dei risultati delle prove fisiche di laboratorio | 114 |
| Allegato 2 | - Planimetrie tracciato ed ubicazione delle indagini | 130 |
| Allegato 3 | - Profili geotecnici | 134 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 4 di 137 |

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce il primo volume della Relazione Geotecnica Generale di Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. In particolar modo, nel seguito si prende in esame il tratto compreso tra pk 0+000 e pk 10+045.



Il documento si basa su tutti i risultati delle indagini realizzate lungo la tratta in oggetto, sia durante la fase di Progetto Definitivo (d'ora in avanti denominato PD), sia durante ulteriori fasi conoscitive, ad esempio richieste dalla Conferenza dei Servizi, sia nell'ambito della più recente campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo (d'ora in avanti denominato PE).

Il documento è così organizzato:

- definizione dei documenti di riferimento (Capitolo 2);
- presentazione delle campagne d'indagine eseguite (capitolo 3);
- sintesi delle misure piezometriche (capitolo 4);
- criteri di valutazione dei parametri geotecnici (Capitolo 5);
- breve descrizione delle principali opere e delle condizioni geotecniche e stratigrafiche generali presenti nel tratto in questione (Capitolo 6);
- valutazione dei principali parametri geotecnici di interesse per la progettazione (Capitolo 7);
- discussione sulle problematiche di liquefazione (Capitolo 8);
- esame della problematica dei trattamenti a calce per i terreni superficiali (Capitolo 9)

Scopo del documento è di fornire un quadro geotecnico di riferimento, da utilizzare ai fini del dimensionamento delle opere da realizzare.



Si ricorda che, in ogni caso, in base alla Normativa NTC 2008, l'unico soggetto responsabile della parametrizzazione geotecnica, nonché dello sviluppo del modello geotecnico, è il progettista (punto 6.2.2. delle NTC) delle singole opere. Quanto qui di seguito esposto pertanto deve essere inteso come una caratterizzazione geotecnica orientativa, che il progettista dovrà comunque far propria o modificare a seconda delle condizioni locali, del modello di terreno adottato per il calcolo e delle caratteristiche dell'opera da progettare.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 5 di 137 |

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] IN1710EI2RHGE0000001A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [2] IN1710EI2RHGE0000002A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [3] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [4] IN1710EI2RHGE0000004A Relazione idrogeologica 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [5] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [6] IN1710EI2RHGE0000006A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [7] IN1710EI2LZGE0000012A-22A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico tav. 1-11
- [8] IN1710EI2RHGE0000007A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite (da 0+000 a 21+990)
- [9] IN1710EI2RHGE0000008A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite (da 21+990 a 44+250)
- [10] IN1710EI2P5GE0000012A-22A Planimetria di ubicazione indagini di Progetto Esecutivo, tav. 1-11
- [11] IN1710EI2PRGE0000001A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC
- [12] IN1710EI2PRGE0000002A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC
- [13] IN1710EI2PRGE0000003A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [14] IN1710EI2PRGE0000004A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [15] IN1710EI2PRGE0000005A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC - Vol.1
- [16] IN1710EI2PRGE0000006A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC - Vol.2

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 6 di 137 |



- [17] IN1710EI2PRGE0000007A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC - Vol.1
- [18] IN1710EI2PRGE0000008A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC - Vol.2
- [19] IN1710EI2PRGE0000009A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.1
- [20] IN1710EI2PRGE00000010A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.2
- [21] IN1710EI2PRGE00000011A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.1
- [22] IN1710EI2PRGE00000012A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.2
- [23] IN1710EI2IGGE0000001A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC
- [24] IN1710EI2IGGE0000002A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da 21+990 a 44+250 - SOCOTEC
- [25] IN1710EI2IGGE0000003A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [26] IN1710EI2IGGE0000004A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da 21+990 a 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento



- [27] 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
- [28] 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

2.3 Bibliografia


- [29] Andrus, R. D., and Stokoe, K. H. (2000), "Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Eng., ASCE 126(11), 1015–025

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 7 di 137 |



- [30] Atkinson J.H. and Sallfors G. (1991), "Experimental determination of soil properties. General Session 1", Proc. X ECSMF, Florence, Vol. 3, pp-915-956
- [31] Atkinson J.H. (2000), "Non-linear soil stiffness in routine design", Geotechnique, Vol.50, n.5, pp.487-508
- [32] Baligh (1975) "Theory of deep site static cone penetration resistance" Research Report R-75-56, MIT, Cambridge
- [33] Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36 , n° 1
- [34] Chen B.S. e Mayne P.W. (1996), "Statistical relationship between piezocone measurements and stress history of clays", Canadian Geotechnical Journal, n.3, pp.488-499
- [35] Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995
- [36] Cubrinovski, M., and Ishihara, K. (1999) "Empirical Correlation between SPT N-Value and Relative Density for Sandy Soils," Soils and Foundations, Japanese Geotechnical Society, Vol. 39, No. 5, pp 61-71
- [37] DeGroot D.J. e Sandven R. (2004), "General report: Laboratory and field comparison". Proc. ISC-2 Geotechnical and geophysical Site Characterization, Viana da Fonseca & Mayne ed.. pp.1775-1789
- [38] Houlsby G. T., Teh, C. I. (1988) "Analysis of the piezocone in clay" Penetration Testing 1988, ISOPT-1, De Ruiter (ed.). Balkema Rotterdam
- [39] Ishihara K. (1996), "Soil behaviour in earthquake Engineering". Clarendon Press, Oxford
- [40] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali
- [41] Jamiolkowski M., Ghionna V. N., Lancellotta R. & Pasqualini E. (1988). New correlations of penetration tests for design practice. Proc., Penetration Testing 1988, ISOPT 1, Orlando, Florida, J. De Ruiter ed., Vol.1,263-296
- [42] Jeffries M.G. and Been, K. (2006), "Soil liquefaction- A critical state approach". Taylor & Francis, ISBN 0-419-16170-8, 478 pages
- [43] Keaveny J.M. e Mitchell J.K. (1986), "Strength of fine-grained soils using the piezocone". Use of in-situ tests in Geotechnical Engineering (GSP 6), ASCE, Reston, Va., pp.668-699
- [44] Kulhawy F.H. e Mayne P.W. (1990), "Manual on estimating soil properties for foundation design", Cornell University, Geotechnical Engineering Group, Ithaca, New York, EL-6800, Research Project 1493-6
- [45] Lancellotta R. (1987) "Geotecnica" Zanichelli, Bologna

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 8 di 137 |

- [46] Lunne T., Berre T. and Strandvik S. (1997), "Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay". Conference on Recent Developments in Soil and Pavement mechanics, Rio de Janeiro, June 1997, Proc. pp.81-102
- [47] Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M. (1997). "Cone Penetration Testing in Engineering Practice" Blackie Academic and Professional, London
- [48] Lunne T., Christoffersen H.P., Tjelta T.I. (1985) "Engineering use of piezocone data in North Sea clays" Proc. XI ICSMFE, S. Francisco
- [49] Mair R.J. (1993), "Developments on geotechnical engineering research.: applications to tunnels and deep excavation. Unwin Memorial Lecture 1992", Proc. Inst. Civ. Engineering, Vol.3, pp.27-41
- [50] Mesri, G. and Abdel-Ghaffar, M.E.M. (1993). "Cohesion intercept in effective stress stability analysis". Journal of Geotechnical Engineering 119 (8), 1229-1249.
- [51] Mesri G. e Godlewski P.M. (1977), "Time and stress-compressibility relationship". JGED, ASCE, GT5
- [52] Robertson P.K. and Cabal K.L. (2012), "Guide to Penetration Testing" Gregg Drilling & testing Inc. Publications. 5th Edition, November 2012. Teh, C.I. & Houlsby, G.T. (1991), "An analytical study of the cone penetration test in clay", Geotechnique 41, n. 1, pp. 17-34
- [53] Schmertmann J. H. (1978) "Guidelines for cone penetration test: performance and design" US Department of Transportation – FHWA – TS-78-209
- [54] Seed H.B. e Idriss I.M. (1970), "Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis", Report EERC 70-10, University of California, EERC, Berkeley
- [55] Seed H.B. and Sun J.I. (1989) Implications of Site Effects in the Mexico City Earthquake of September 19, 1985 for Earthquake-Resistant Design Criteria in the San Francisco Bay Area of California. National Science Foundation, Washington, DC., March 1989, 138 p
- [56] Skempton A.W. (1986) "Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation" Geotechnique 36, n° 3
- [57] Stroud M.A. (1988) "The Standard Penetration Test – Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proceedings of the Geotechnical Conference organized by ICE, Birmingham
- [58] Tavenas F., Leblond P., Jean P., Leroueil S. (1983a) "The permeability of natural soft clays. Part I: Methods of laboratory measurement" Canadian Geotechnical Journal, vol. 20

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica E12RBGE0000001C</p> | <p>Foglio 9 di 137</p> |

- [59] Tavenas F., Jean P., Leblond P., Leroueil S. (1983b) "The permeability of natural soft clays. Part II: Permeability characteristics" Canadian Geotechnical Journal, vol. 20
- [60] Terzaghi K., Peck R.B. and Mesri G. (1996), "Soil mechanics in engineering practice", 3rd edition, Wiley & Sons, New York
- [61] Tokimatsu K and Yoshimi Y. (1983), Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on Spt N-Value and Fines Content." Soils and Foundations, Vol.23, Issue no.4, 56-74
- [62] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" Proceedings of Symposium on Eval. Dens., ASTM STP 523

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 10 di 137 |

3. DESCRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE

Per la progettazione della tratta Verona – Padova della linea AV/AC Torino – Venezia, a partire dal 2014 sono state eseguite numerose indagini nell'ambito delle varie fasi progettuali susseguite nel tempo. Le principali sono:

- campagna indagini 2014 e 2015 per PD;
- campagna indagini 2018 per CDS;
- campagna indagini 2020 per PE.

In particolar modo, le indagini relative alla campagna del 2018 hanno fatto seguito alle richieste emerse nella CDS, mentre quelle più recenti riguardano il Progetto Esecutivo. Oltre a queste, sono state individuate alcune indagini storiche risalenti al periodo compreso tra il 1998 ed il 2002.

Le indagini eseguite in sito comprendono:

- sondaggi a carotaggio continuo ed a distruzione di nucleo (BH);
- sondaggi con installazione di piezometro di Casagrande o a tubo aperto (BH-PZ);
- perforazioni per l'esecuzione di prove cross-hole o down-hole (rispettivamente BH-CH e BH-DH);
- prove penetrometriche dinamiche in foro (SPT);
- prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU);
- pozzetti esplorativi (PT);
- prove geofisiche tipo MASW.

La posizione delle indagini eseguite nelle varie fasi di progettazione è illustrata nella Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [7]) e riportata in Allegato 2. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [8] e [9]).

La totalità delle indagini disponibili ed esaminate sul tratto in questione è riportata nella Tabella 1.

I risultati delle indagini di sito e di laboratorio sono riportati nei documenti da [11] a [26]. Ad essi si rimanda per una caratterizzazione geotecnica di dettaglio per la progettazione delle singole WBS.

La sintesi dei risultati delle prove fisiche di laboratorio sono riportati in Allegato 1.







| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 11 di 137 |

Tabella 1 - Indagini da pk 0+000 a pk 10+050

| Progressiva pk | ID indagini - | Campagna anno |
|-------------------|------------------|------------------|
| 0+139 | BH-PE-01 | 2020-2021 |
| 0+700 | CDS1 | 2017 |
| 1+000 | SP1bis | 2014/2015 |
| 1+054 | PT03 | |
| 1+075 | SP1 | 2014/2015 |
| 1+086 | PT04 | |
| 1+150 | BH-PE-02 | 2020-2021 |
| 1+280 | BH-PZ-PE-03 | 2020-2021 |
| 1+400 | PT-PE-01 | 2020-2021 |
| 1+550 | SPA2 | 2014/2015 |
| 1+690 | PT05 | |
| 1+800 | PT-PE-02 | 2020-2021 |
| 1+916 | BH-PE-04 | 2020-2021 |
| 2+272 | BH-PE-05 | 2020-2021 |
| 2+401 | PT06 | |
| 2+901 | PT07 | |
| 3+098 | MASW-PE-01 | 2020-2021 |
| 3+191 | BH-DH-PE-06 | 2020-2021 |
| 3+401 | PT08 | |
| 3+469 | BH-PE-07 | 2020-2021 |
| 3+522 | PT-PE-03 | 2020-2021 |
| 3+784 | BH-PE-08 | 2020-2021 |
| 3+790 | MASW-PE-02 | 2020-2021 |
| 3+900 | PT09 | |
| 4+025 | SA203R003 | 2002 |
| 4+603 | PT-PE-04 | 2020-2021 |
| 4+838 | BH-PE-09 | 2020-2021 |
| 4+950 | CDS5 | 2017 |
| 5+119 | MASW-PE-03 | 2020-2021 |
| 5+125 | SPA5 | 2014/2015 |
| 5+170 | XA203B004 | 2002 |
| 5+339 | BH-PE-10 | 2020-2021 |
| 5+344 | CH-PE-10 | 2020-2021 |
| 5+600 | SP6 | 2014/2015 |
| 5+600 | CH1 | 2014/2015 |
| 5+630 | BH-PE-11 | 2020-2021 |
| 5+630 | CH-PE-11 | 2020-2021 |
| 6+088 | PT-PE-05 | 2020-2021 |
| 6+088 | CPTU-PE-03 | 2020-2021 |
| 6+091 | BH-PE-12 | 2020-2021 |
| 6+275 | XA203B005 | 2002 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 12 di 137 |

| Progressiva pk | ID indagini - | Campagna anno |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 6+306 | BH-PE-13 | 2020-2021 |
| 6+307 | CH-PE-13 | 2020-2021 |
| 6+423 | PT-PE-06 | 2020-2021 |
| 6+500 | SPA8 | 2014/2015 |
| 6+817 | CH-PE-14 | 2020-2021 |
| 6+818 | BH-PE-14 | 2020-2021 |
| 6+830 | SA203R006 | 2002 |
| 7+408 | BH-PE-15 | 2020-2021 |
| 7+472 | MASW-PE-04 | 2020-2021 |
| 7+600 | CPTU1 | 2014/2015 |
| 7+600 | SPA9 | 2014/2015 |
| 7+610 | CPTU2 | 2014/2015 |
| 7+670 | CPTU3 e CPTU3bis | 2014/2015 |
| 7+670 | SPA10 | 2014/2015 |
| 7+692 | BH-PE-16 | 2020-2021 |
| 7+960 | BH-PE-16Bis | 2020-2021 |
| 7+975 | SPA9bis | 2014/2015 |
| 8+161 | BH-PE-17 | 2020-2021 |
| 8+440 | SP11 | 2014/2015 |
| 8+440 | CH2 | 2014/2015 |
| 8+440 | CPTU7 | 2014/2015 |
| 8+790 | BH-PE-18Bis | 2020-2021 |
| 8+808 | BH-PZ-PE-18 | 2020-2021 |
| 8+850 | SPA12bis | 2014/2015 |
| 8+980 | SA203P008 | 2002 |
| 9+240 | SPAA13 | 2014/2015 |
| 9+524 | BH-PZ-PE-19 | 2020-2021 |
| 9+670 | SPA13bis | 2014/2015 |
| 9+976 | BH-PE-20 | 2020-2021 |
| 9+985 | SA203P009 | 2002 |
| 10+000 | BH-PE-20Bis | 2020-2021 |
| 10+020 | SP14bis | 2014/2015 |
| 10+030 | CH3 | 2014/2015 |
| 10+030 | CPTU15 | 2014/2015 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 13 di 137 |

4. DATI PIEZOMETRICI

Nelle tabelle che seguono (da Tabella 2 a Tabella 8) si elencano le letture piezometriche eseguite nel corso delle diverse campagne di indagine a partire da novembre 2014.

Per quanto concerne la definizione dei livelli di falda di progetto, si rimanda al capitolo 6.2. Per le tematiche locali, con particolare riferimento alla zona della Galleria Artificiale di San Martino Buon Albergo, si rimanda alla Relazione Idrogeologica di tratta [3].

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)

Progetto
IN17

Lotto
10

Codifica
EI2RBGE000001C



Foglio
14 di 137

Tabella 2 - Riepilogo dati piezometrici 1/7

| Pk | ID | NORD | EST | QUOTA (m slm) | 13/11/14 | 26/11/14 | 17/12/14 | 19/01/15 | 18/02/15 | 27/03/15 | 07/04/15 | 15/04/15 | 21/04/15 | 25/04/15 | 02/05/15 | 09/05/15 | 16/05/15 | 20/05/15 | 07/2015 | 25-27/09/15 | 24-26/09/15 | 12/10/15 | 13/10/15 | 16/10/15 | 22-24/10/15 | 05/11/15 | 19-21/11/15 | 03/12/15 | 17-19/12/15 |
|--------|-------------------------|------------|------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|-------------|-------------|-----------|----------|----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 00+700 | CDS1 | 5033437.85 | 1659059.25 | 61.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01+280 | BH-PZ-PE-03 (ASO-VA-VR- | | | 44.97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01+575 | SPA2 | 5033060 | 1659808 | 46.50 | | | | | | 1.60 | | | | | | | | | | 1.76 | 1.96 | 1.93 | | | | 1.94 | 1.92 | 2.06 | |
| 04+950 | CDS5 (ASO-VA-SM-001) | 5031631.63 | 1662756.45 | 48.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05+150 | SPA5 | 5031462 | 1662842 | 47.12 | 8.40 | 7.26 | 7.24 | 7.47 | 7.40 | 7.46 | | | | | | | | | | 7.58 | 7.64 | 7.67 | | | | 7.81 | 7.86 | 8.04 | |
| 05+625 | SDC7 | 5031150 | 1663217 | 45.83 | 6.85 | 6.70 | 6.66 | 6.90 | 6.83 | 6.87 | | | | | | | | | | 7.21 | 7.24 | 7.36 | | | | 7.58 | 7.70 | 7.96 | |
| 06+100 | PZ7 | 5030356.65 | 1663080.26 | 45.99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06+475 | SPA8 | 5030561 | 1663810 | 43.87 | | | 6.85 | 7.26 | 7.20 | 7.25 | | | | | | | | | | 6.69 | 6.82 | 7.09 | | | | 7.40 | 7.47 | 7.71 | |
| 07+625 | SPA9 | 5029969 | 1664759 | 42.35 | 8.20 | 9.47 | 9.39 | 9.60 | 9.50 | 9.55 | | | | | | | | | | 9.16 | 8.83 | 8.99 | | | | 9.49 | 9.53 | 9.62 | |
| 07+650 | SPA10 | 5029967 | 1664830 | 32.62 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | | | in press. | in press. | in press. | | | | in press. | in press. | in press. | |
| 07+975 | SPA9bis | 5030023 | 1665163 | 31.86 | | 1.60 | 0.60 | 0.83 | 0.78 | 1.46 | | | | | | | | | | 1.20 | 0.68 | 0.82 | | | | 0.49 | 0.61 | 0.66 | |
| 08+450 | SDA12 | 5029847 | 1665614 | 31.08 | 0.40 | 0.98 | 0.85 | 1.08 | 1.02 | 0.95 | | | | | | | | | | 1.11 | 1.09 | 1.06 | | | | 1.05 | 1.06 | 1.09 | |
| 08+800 | PZ-PE-18 | 5029719.18 | 1665940.92 | 30.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08+850 | SPA12bis | 5029702 | 1665999 | 30.73 | | | 0.90 | 1.04 | 1.00 | 0.95 | | | | | | | | | | 1.33 | 1.33 | 1.31 | | | | 1.33 | 1.45 | 1.51 | |
| 09+240 | SPAA13 sup | 5029616 | 1666350 | 29.31 | 0.65 | 0.58 | 0.54 | 0.72 | 0.66 | 0.70 | | | | | | | | | | 0.67 | 0.70 | 0.69 | | | | 0.69 | 0.80 | 0.86 | |
| 09+240 | SPAA13 prof | 5029616 | 1666350 | 29.31 | 0.40 | 0.25 | 0.22 | 0.43 | 0.40 | 0.45 | | | | | | | | | | 0.45 | 0.47 | 0.46 | | | | 0.45 | 0.55 | 0.62 | |
| 09+524 | PZ-PE-19 | 5029504.82 | 1666629.27 | 29.57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09+670 | SPA13bis | 5029540 | 1666789 | 29.35 | | | 1.16 | 0.13 | 1.24 | 1.33 | | | | | | | | | | 1.25 | 1.28 | 1.25 | | | | 1.26 | 1.36 | 1.42 | |
| 10+025 | SDA15 | 5029443 | 1667128 | 29.04 | | 1.70 | 1.02 | 1.21 | 1.15 | 1.17 | | | | | | | | | | 1.08 | 1.11 | 1.07 | | | | 1.10 | 1.20 | 1.26 | |

Tabella 3 - Riepilogo dati piezometrici 2/7

| Pk | ID | NORD | EST | QUOTA (m slm) | 07/01/16 | 22-24/01/16 | 06/02/16 | 19-21/02/16 | 04-07/03/16 | 29/03-02/02/16 | 26-28/03/16 | 09/05/16 | 14-15/05/16 | 26-28/05/16 | 27-29/06/16 | 06/07/16 | 13/07/16 | 20/07/16 | 26-28/07/16 | 06/08/16 | 11/08/16 | 18/08/16 | 25-27/08/16 | 01/09/16 | 08/09/16 | 15/09/16 | 22/09/16 | 26-28/09/16 | 06/10/16 |
|--------|-------------------------|------------|------------|---------------|----------|-------------|----------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| 00+700 | CDS1 | 5033437.85 | 1659059.25 | 61.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01+280 | BH-PZ-PE-03 (ASO-VA-VR- | | | 44.97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01+575 | SPA2 | 5033060 | 1659808 | 46.50 | | 2.41 | | 2.02 | 1.88 | 1.93 | 1.46 | | 1.57 | 1.43 | 1.39 | | | | | 1.45 | | | | | | | | 1.81 | |
| 04+950 | CDS5 (ASO-VA-SM-001) | 5031631.63 | 1662756.45 | 48.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05+150 | SPA5 | 5031462 | 1662842 | 47.12 | | 8.28 | | 7.88 | 7.54 | 7.68 | 7.19 | | 7.43 | 7.30 | 7.30 | 7.31 | 7.34 | 7.39 | 7.41 | 7.39 | 7.36 | 7.31 | 7.31 | 7.34 | 7.38 | 7.54 | 7.56 | 7.67 | 7.80 |
| 05+625 | SDC7 | 5031150 | 1663217 | 45.83 | | 8.18 | | 7.89 | 7.63 | 7.51 | 6.76 | | 7.21 | 7.17 | 7.02 | 6.64 | 6.67 | 6.77 | 6.90 | 6.90 | 6.89 | 6.83 | 6.87 | 6.77 | 6.84 | 7.24 | 7.33 | 7.47 | 7.61 |
| 06+100 | PZ7 | 5030356.65 | 1663080.26 | 45.99 | | | | | | | 9.08 | 9.40 | 9.53 | 9.45 | 9.13 | 8.76 | 8.59 | 8.77 | 8.11 | 8.73 | 9.07 | 9.25 | 9.37 | 9.18 | 9.27 | 9.71 | 9.74 | 9.88 | 10.02 |
| 06+475 | SPA8 | 5030561 | 1663810 | 43.87 | | 7.76 | | 7.64 | 7.47 | 7.34 | prova in corso | 6.84 | 6.93 | 6.77 | 6.84 | 6.32 | 6.26 | 6.31 | 6.49 | 6.15 | 5.84 | 6.40 | 6.54 | 6.42 | 6.53 | 6.82 | 7.09 | 7.25 | 7.34 |
| 07+625 | SPA9 | 5029969 | 1664759 | 42.35 | | 9.55 | | 9.52 | 9.57 | 9.49 | 8.82 | | 9.24 | 8.80 | 9.41 | | | | 8.80 | | | | | | 9.11 | | | 9.36 | |
| 07+650 | SPA10 | 5029967 | 1664830 | 32.62 | | in press. | | in press. | in press. | in press. | in press. | | in press. | in press. | in press. | | | | in press. | | | | | in press. | | | | in press. | |
| 07+975 | SPA9bis | 5030023 | 1665163 | 31.86 | | 1.15 | | 0.70 | 1.14 | 1.07 | 0.51 | | 1.21 | 1.04 | 0.82 | | | | 0.92 | 0.92 | 0.94 | 0.90 | 0.86 | 0.90 | 0.92 | 1.08 | 0.41 | 0.18 | 0.18 |
| 08+450 | SDA12 | 5029847 | 1665614 | 31.08 | | 1.15 | | 1.10 | 1.06 | 1.13 | 0.96 | | 1.07 | 1.03 | 1.10 | | | | 1.16 | | | | | 1.12 | | | | 1.16 | |
| 08+800 | PZ-PE-18 | 5029719.18 | 1665940.92 | 30.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08+850 | SPA12bis | 5029702 | 1665999 | 30.73 | | 1.56 | | 1.43 | 1.35 | 1.43 | 1.37 | | 1.33 | 1.28 | 1.23 | | | | 1.19 | | | | | 1.22 | | | | 1.28 | |
| 09+240 | SPAA13 sup | 5029616 | 1666350 | 29.31 | | 0.89 | | 0.78 | 0.69 | 0.81 | 0.74 | | 0.69 | 0.66 | 0.65 | | | | 0.60 | | | | 0.65 | | | | 0.74 | | |
| 09+240 | SPAA13 prof | 5029616 | 1666350 | 29.31 | | 0.66 | | 0.55 | 0.45 | 0.55 | 0.48 | | 0.44 | 0.40 | 0.36 | | | | 0.38 | | | | 0.38 | | | | 0.50 | | |
| 09+524 | PZ-PE-19 | 5029504.82 | 1666629.27 | 29.57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09+670 | SPA13bis | 5029540 | 1666789 | 29.35 | | 1.45 | | 1.33 | 1.24 | 1.35 | 1.29 | | 1.16 | 1.21 | 1.22 | | | | 1.19 | | | | 1.21 | | | | 1.32 | | |
| 10+025 | SDA15 | 5029443 | 1667128 | 29.04 | | 1.28 | | 1.14 | 1.02 | 1.14 | 1.08 | | 1.02 | 0.97 | 1.00 | | | | 1.04 | | | | 0.97 | | | | 1.16 | | |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 18 di 137 |

5. CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

5.1 Premessa

Di seguito si illustrano le metodologie seguite per la valutazione dei parametri geotecnici, a partire dai dati di prove in sito e di laboratorio.

Si precisa che, in accordo a quanto previsto dalle NTC 2008 al punto 6.2.2, rimane responsabilità del progettista l'assunzione del modello geotecnico e dei parametri caratteristici da adottare nel calcolo. In tale luce, il progettista dovrà quindi valutare le condizioni locali, e potrà assumere, sempre a partire dai dati di base (indagini in sito e prove di laboratorio contenute nei documenti di riferimento), valori diversi da quelli qui stimati e proposti, anche utilizzando correlazioni diverse da quelle di seguito esposte.

5.2 Densità relativa dei materiali a grana grossa

5.2.1 Generalità

I valori di densità relativa dei terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie), sono stati valutati a partire dai risultati delle prove SPT e CPT.

5.2.2 Sabbie

Per le sabbie, i valori di D_r sono stati stimati a partire dai dati SPT in accordo a quanto indicato da Skempton (1986, Doc. rif. [56]). Nella formulazione adottata, la densità relativa D_r può essere correlata al valore N_{SPT} con la seguente relazione:



$$D_r = \left(\frac{1}{A+B \cdot \sigma_{vo}'} \cdot N_{SPT} \right)^{0.5}$$

essendo:

- A, B costanti empiriche indicate in Tabella 9;
- σ_{vo}' pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm²);
- N_{SPT} numero di colpi per 30 cm di infissione.

Tabella 9 - Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

| Tipo di materiale | A | B |
|---------------------------------------|-------------|---------------|
| Sabbie fini normalmente consolidate | 27,5 | 27,5 |
| Sabbie grosse normalmente consolidate | 43,3 | 21,7 |
| Sabbie sovra consolidate | 27,5 - 43,3 | (21,7 - 27,5) |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 19 di 137 |

Per quanto concerne invece la stima della D_r a partire dai dati CPT, ci si è avvalsi della correlazione proposta da Kulhawy and Mayne (1990, Doc. rif. [44]):

$$D_r^2 = Q_{tn} / k_{Dr}$$

dove:

Q_{tn} resistenza alla punta normalizzata = $(q/p_a) / (\sigma'_{vo}/p_a)^{0.5}$;

k_{Dr} costante (valida per sabbie silicee); che dipende dalla compressibilità, dal grado di sovraconsolidazione e dall'età del deposito. Per le sabbie medie, tipicamente normalconsolidate e relativamente recenti incontrate nell'area in questione, si è adottato un valore costante e pari a 350, assunto come rappresentativo per tutti i depositi sabbiosi della tratta;

p_a pressione atmosferica = 98.1 kPa;

σ'_{vo} tensione verticale efficace (geostatica) alla generica quota.

Tale correlazione è di fatto stata impiegata solo per le sabbie, avendo il penetrometro statico generalmente incontrato rifiuto nelle ghiaie.

5.2.3 Ghiaie

L'interpretazione dei valori N_{SPT} per le ghiaie è stata eseguita in accordo al metodo proposto da Cubrinowski & Ishihara (1999, Doc. rif. [36]) per materiali normalmente consolidati, caratterizzati da un coefficiente di spinta a riposo k_o dell'ordine di 0,4÷0,5, successivamente esteso da Ishihara et al. (2001, Doc. rif. [40]) anche al caso dei terreni sovraconsolidati. Tale metodo utilizza la seguente espressione:



$$D_r = \left\{ \frac{(N_{SPT})_{78\%} \cdot \left(0,23 + \frac{0,06}{D_{50}}\right)^{1,7}}{9} \cdot \left(\frac{98}{\sigma'_{vo}}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{k_{o,NC}}{k_{o,SC}}\right)^{1/2} \right\}^{1/2}$$

essendo:

D_r densità relativa (-);

$(N_{SPT})_{78\%}$ numero di colpi/30 cm associabile ad un'energia trasferita alle aste pari al 78% di quella teorica (-);

D_{50} diametro delle particelle corrispondente al 50% di passante (mm);

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 20 di 137 |

- σ'_{vo} pressione verticale efficace geostatica (kPa);
- $k_{o,NC}$ coefficiente di spinta a riposo di terreni normalmente consolidati (-) (si veda il paragrafo precedente);
- $k_{o,SC}$ coefficiente di spinta a riposo di terreni sovraconsolidati (-) (si veda il paragrafo precedente).

Si rileva che l'espressione sopra indicata è applicabile al seguente caso.

- Energia trasferita alle aste pari al 78%. L'esperienza acquisita nelle indagini eseguite in Italia ha mostrato che mediamente l'energia trasferita alle aste è inferiore al 78% e pari all'incirca al 60%; nell'applicazione della formula, il valore N_{SPT} misurato, assunto pari a $(N_{SPT})_{60\%}$, viene pertanto corretto in base alla seguente equazione:

$$(N_{SPT})_{78\%} = (N_{SPT})_{60\%} \cdot \frac{60}{78}$$

- Resistenze ottenute con il campionatore standard nelle sabbie e con il campionatore LPT, di diametro maggiore rispetto a quello standard, nel caso delle ghiaie. In questa sede, in mancanza di prove con il campionatore LPT, l'applicazione della formula in presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi ($D_{50} \geq 1$ mm) è stata fatta senza apportare alcuna correzione ai valori N_{SPT} misurati (su tale aspetto si vedano Clayton, 1995 [35]; Skempton, 1986 [54]; Tokimatsu & Yoshimi, 1983 [61]).

5.3 Resistenza al taglio – parametri drenati

5.3.1 Materiali a grana grossa



Per i materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie), i valori dei parametri di resistenza al taglio sono stati qui stimati a partire dai risultati delle prove in situ, e segnatamente dalle prove SPT e CPT.

Sia per sabbie che per le ghiaie i valori dell'angolo di resistenza al taglio operativo sono stati stimati considerando i diversi approcci di seguito descritti.

5.3.1.1 Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Bolton (1986)

L'angolo di resistenza al taglio di picco ϕ' può essere determinato con il metodo proposto da Bolton (1986, Doc. rif. [33]). Tale metodo, unitamente alla procedura utilizzata per tenere conto della non linearità dell'involuppo di rottura, può essere sintetizzato nel modo seguente.

La non linearità dell'involuppo di rottura può essere messa in conto facendo riferimento alla nota espressione di Baligh (1975, Doc. rif. [32]):

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 21 di 137 |

$$\tau_{ff} = \sigma_{ff}' \cdot [\tan \varphi_o' + \tan \alpha \cdot (\frac{1}{2.3} - \log_{10} \frac{\sigma_{ff}'}{p_a})]$$

essendo:

| | |
|------------------------------|---|
| $\varphi_o' > \varphi_{cv}'$ | angolo di attrito riferito ad una pressione $\sigma_{ff}' = 272$ kPa (°); |
| φ_{cv}' | angolo di attrito a volume costante, corrispondente a pressioni σ_{ff}' elevate (°); |
| α | angolo che determina la curvatura dell'involuppo di rottura (°); |
| p_a | 98.1 kPa; |
| σ_{ff}' | tensione efficace normale alla superficie di rottura (kPa); |
| τ_{ff} | tensione di taglio agente sulla superficie di rottura (kPa). |

L'angolo di attrito φ_o' può essere stimato come segue (v. Bolton 1986, Doc. rif. [33]):

$$\varphi_o' = \varphi_{cv}' + m \cdot DI$$

$$DI = D_r \cdot [Q \cdot \ln(p_f')] - 1$$

essendo:

| | |
|--------|--|
| Q | 10 |
| p_f' | $1.4 \cdot \sigma_{ff}'$ (v. Jamiokowski et al. 1988, Doc. rif. [41]) (kPa) |
| m | costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti (v. Tabella 10) (°) |
| D_r | densità relativa, valutata in accordo a quanto riportato al punto 5.2 |

Tabella 10 - Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

| Condizioni di rottura | m(-) |
|---|------|
| Tipo prova triassiale di compressione ($\sigma_2' = \sigma_3'$) | 3 |
| Tipo prova triassiale in estensione o di deformazione piana ($\sigma_2' \neq \sigma_3'$) | 5 |

σ_2' = tensione principale efficace intermedia

σ_3' = tensione principale efficace minore

I valori dell'angolo di attrito φ_{cv}' possono essere ricavati da prove di laboratorio (triassiali o di taglio diretto) su provini ricostituiti a basse densità relative e, in assenza di queste ultime, assegnati in base a quanto indicato nella Tabella 11 (v. ad esempio Youd 1972 o Stroud 1988, Doc. rif. [62] e [57]).

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 22 di 137 |

Tabella 11 - Valori di φ_{cv} per sabbie silicee, secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)

| | Sabbie ben gradate | Sabbie uniformi |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Sabbie a spigoli vivi | $\varphi_{cv}' = 38^\circ$ | $\varphi_{cv}' = 34^\circ$ |
| Sabbie a spigoli arrotondati | $\varphi_{cv}' = 33^\circ$ | $\varphi_{cv}' = 30^\circ$ |

Nel caso delle ghiaie si potrà assumere mediamente $\varphi_{cv}' = 35^\circ \div 36^\circ$.

Per la determinazione di α si può fare riferimento a quanto indicato in Jamiolkowski et al. (1988), e precisamente:

$$\alpha = \frac{D_r - 0.2}{0.8} \cdot 10^\circ > 0^\circ$$

5.3.1.2 Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Schmertmann

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio operativo per sabbie e ghiaie è stato anche stimato in accordo alla formulazione proposta da Schmertmann (1978, Doc. rif. [53]), ed illustrata nella Figura 1, sulla base dei valori di densità relativa stimati al punto 5.2, ed entrando nel grafico a seconda della granulometria prevalente del materiale riscontrato in una data area.

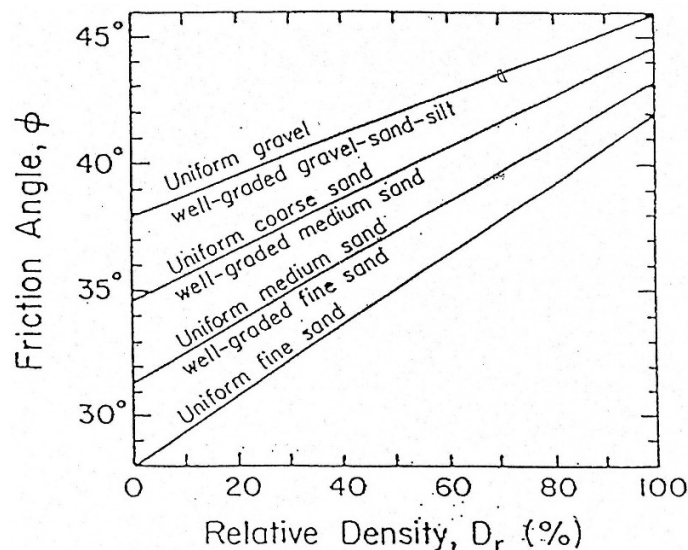


Figura 1 - Relazione fra angolo di resistenza al taglio operativo e densità relativa

5.3.1.3 Angolo di resistenza al taglio di sabbie in accordo a Robertson (2012) e Jefferies e Been (2006)

Sulla base degli studi di Jefferies e Been (2006, Doc. rif. [42]), Robertson (2012, Doc. rif. [52]) ha proposto

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 23 di 137 |

la seguente correlazione fra la resistenza alla punta normalizzata Q_{tn} ed il valore dell'angolo di attrito a volume costante ϕ_{cv} :

$$\phi' = \phi'_{cv} + 15.94 * \log(Q_{tn}) - 26.88$$

dove

Q_{tn} resistenza alla punta normalizzata $= (q_t - \sigma_{v0}) / \sigma'_{v0}$;

ϕ'_{cv} angolo d'attrito a volume costante, considerato variabile fra 32° e 34° .

5.3.2 Materiali a grana fine

Avendo a disposizione prove triassiali consolidate non drenate, si è generalmente proceduto ad una stima dei parametri di resistenza al taglio drenata c' e ϕ' mediante interpolazione dei punti di rottura.

In alternativa, i valori sono stati stimati sulla base delle correlazioni riportate nelle Figura 2 e nella Figura 3, come citati da Mesri e Abdel Ghaffar (1993) (Doc. rif. [50]). I valori riportati nell'articolo citato si riferiscono a back-analysis di rotture di pendii, in argille NC e OC.

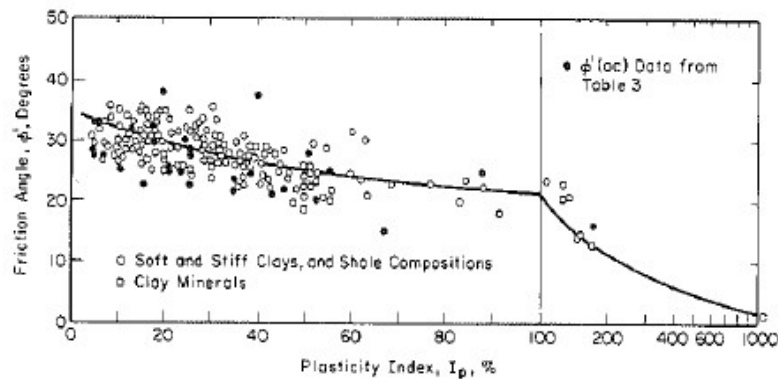




Figura 2 - Valori dell'angolo di resistenza al taglio per materiali argillosi (Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica E12RBGE0000001C</p> | <p>Foglio 24 di 137</p> |

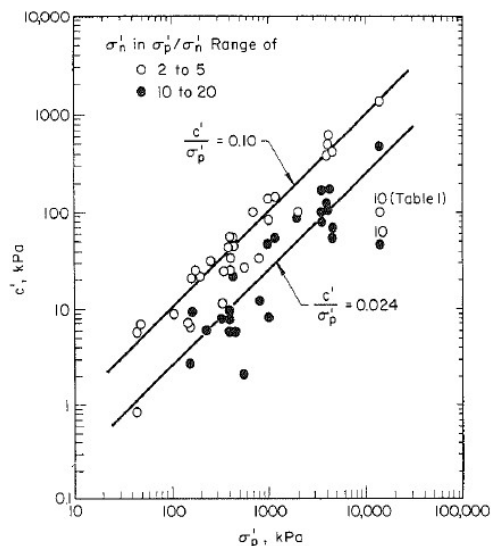




Figura 3 - Valori della coesione intercetta c' in funzione della tensione di preconsolidazione e del valore della tensione normale al piano di rottura, al momento della rottura σ'_n (da Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

5.4 Resistenza al taglio – parametri non drenati

I valori della resistenza al taglio non drenata c_u sono stati stimati sulla base delle prove di laboratorio e delle prove penetrometriche tipo CPTU.

Nella stima dei parametri qui fornita, si è tenuto in conto quanto segue:

- I valori delle prove di laboratorio possono talora essere affetti da un grado di disturbo del campione. Nella loro valutazione si è quindi tenuto conto di tale possibile degrado, stimato sulla base di diversi elementi, ed in particolare:
 - sulla natura dei materiali, tenendo conto che i materiali con elevata componente sabbioso-limosa, sono generalmente più sensibili al campionamento;
 - sulla compatibilità fra valori delle prove speditive (pocket e vane) condotte sulle carote (in sito o in laboratorio) ed i valori da prove triassiali;
 - privilegiando i valori ottenuti da prove consolidate non drenate (TX-CIU), rispetto a quelle del tipo TX-UU, che usualmente, ed in particolare per i materiali più teneri, e più sensibili al campionamento, possono sottostimare le reali resistenze di sito;

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 25 di 137 |

- i valori ottenuti da prove in sito CPTU risultano in genere affidabili, essendo supportati da numerosi studi, sia teorici che empirici, che dimostrano una stretta correlazione fra la resistenza alla punta q_t e il valore della resistenza al taglio non drenata.

Per l'interpretazione delle prove CPTU, ci si è avvalsi della seguente correlazione, derivata essenzialmente dalla teoria della capacità portante di fondazioni profonde:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_k}$$

utilizzando un fattore $N_k = 14$, in accordo a Lunne et al. (1997, Doc. rif. [47]).

5.5 Determinazione della storia tensionale – (OCR)

Per la valutazione della tensione di preconsolidazione dei materiali argillosi, si è in generale fatto riferimento alle prove edometriche, ove il valore della tensione di preconsolidazione è stato stimato con il classico metodo di Casagrande.

In alternativa, il valore della tensione di preconsolidazione (e quindi di OCR), è stato anche valutato sulla base dei dati CPTU mediante la seguente correlazione di Chen e Mayne (1996, Doc. rif. [34]):

$$\sigma_p = k \cdot (q_t - \sigma_{v0})$$



in cui il valore del coefficiente k viene stimato a partire dal valore dell'indice di plasticità IP , nel modo seguente:

$$k = 0.86 \cdot IP^{0.28}$$

Un valore di $k = 0.33$ è stato generalmente considerato adeguato per i materiali rinvenuti nella tratta.

5.6 Determinazione del coefficiente di consolidazione verticale c_v

Il valore del coefficiente di consolidazione in direzione verticale è stato ottenuto generalmente dalle prove

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 26 di 137 |

edometriche, facendo riferimento ai provini di migliore qualità.

In alternativa, il coefficiente di consolidazione può essere stimato interpretando le prove di dissipazione, valutando il valore in direzione orizzontale c_h , in accordo a Teh e Houlsby (1988, Doc. rif. [38]).

La relazione proposta è la seguente:

$$T^* = \frac{c_h t}{r^2 \sqrt{I_r}}$$

essendo:

- T^* fattore adimensionale funzione della percentuale di dissipazione della sovrappressione interstiziale iniziale; per un grado di dissipazione del 50% si ha $T^* = 0.245$;
- I_r indice di rigidità del materiale, stimato in base alla Figura 4 (Keaveny and Mitchell, 1986, Doc. rif. [43]), funzione dell'indice di plasticità del materiale. Per il caso in esame, si è considerato $I_r = 140$
 $I_r \approx \frac{0.65 \cdot G_o}{c_u}$ = indice di rigidità;
- r raggio del cono, pari a 1.78 cm;
- t tempo necessario a raggiungere un determinato grado di dissipazione.

Tabella 12 - Fattore adimensionale T (da Houlsby & Teh, 1988)

| | Grado di consolidazione U % | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Pietra porosa sulla punta | T = 0.032 | T = 0.063 | T = 0.118 | T = 0.226 |
| Pietra porosa alla base del cono | T = 0.078 | T = 0.142 | T = 0.245 | T = 0.439 |

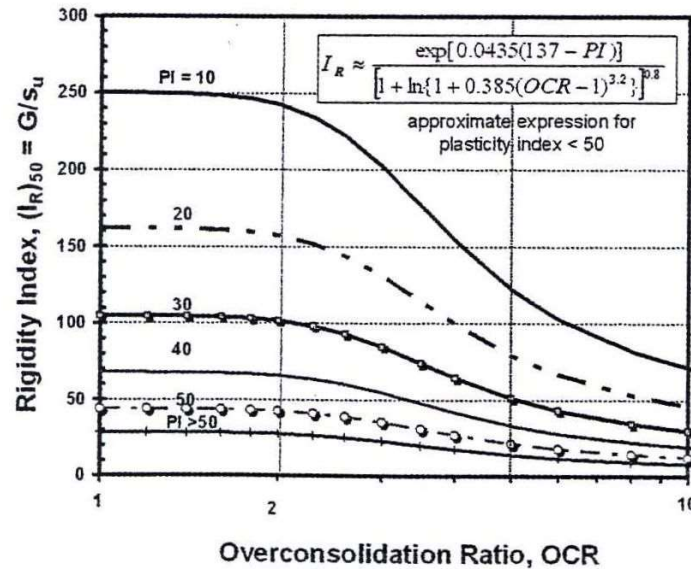


Figura 4 – Coefficiente di sovraconsolidazione in funzione dell'indice di rigidezza (Keaveny and Mitchell, 1986)



Nei piezoconi tradizionalmente impiegati in Italia, la pietra porosa si trova alla base della punta (u2), si è fatto quindi riferimento ai valori riportati nella seconda riga della Tabella 12.

In accordo alle indicazioni di Baligh (1975, Doc. rif. [32]), il processo di dissipazione della sovrappressione interstiziale avviene nel ramo di scarico. In sostanza, la penetrazione della punta provoca un eccesso di sovrappressioni interstiziali, e la loro dissipazione fa tornare le tensioni efficaci allo stato precedente l'infissione. Pertanto, i valori di c_h ottenuti da tale formulazione (ma non solo da questa), sono relativi allo stato di sovraconsolidazione del materiale.

Per ottenere il valore di c_h nelle condizioni NC, Baligh propone di correggere il valore ottenuto con un coefficiente pari al rapporto fra il valore del coefficiente di ricompressione RR e quello di compressione vergine CR, entrambi ottenuti da prove edometriche. Si applica quindi la seguente correlazione:

$$C_h(NC) = C_h(OC) \frac{RR}{CR} \approx \frac{C_h(OC)}{8}$$

Nella valutazione del coefficiente in direzione verticale, si è tenuto conto di quanto suggerito da Lancellotta (1987, Doc. rif. [44]):

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 28 di 137 |

- nei depositi argillosi uniformi, non tettonizzati, la permeabilità in direzione orizzontale può essere più elevata che non in direzione verticale, in virtù di strutture deposizionali, per un fattore dell'ordine di 1.5;
- nel caso di terreni stratificati, con fitte alternanze sabbioso-limose, i valori del rapporto k_h / k_v possono essere sensibilmente più elevati, e variare nel campo 5-15.

5.7 Permeabilità di progetto

Per quanto concerne i valori di permeabilità, si presentano nel seguito i risultati delle prove di tipo Lefranc. Per quanto concerne la valutazione della permeabilità dell'acquifero sabbioso-ghiaioso di San martino Buonalbergo, si rimanda alle relazioni e agli studi specialistici contenuti nel documento dello studio idrogeologico (Doc. Rif. [3]).

Si ricorda come i valori di permeabilità siano fortemente influenzati da condizioni locali. Si raccomanda pertanto, nel caso di assunzione per il dimensionamento di opere di aggotamento della falda, ed in generale per analisi di filtrazione, di esaminare attentamente le condizioni e la stratigrafia locale del sito, e valutare il possibile ampio spettro di valori che la permeabilità può assumere. Ciò tenendo anche conto dei fattori legati all'anisotropia dei depositi, in coerenza con quanto sopra riportato per il valore del coefficiente di consolidazione in direzione verticale ed orizzontale.

5.8 Parametri di deformazione

5.8.1 Materiali a grana grossa

Per quanto concerne la stima dei parametri di deformabilità dei materiali a grana grossa, si è ritenuto di procedere come segue:

- valutazione dei moduli di taglio e di Young iniziali G_0 ed E_0 , sulla base dei dati delle misure geofisiche effettuate nelle diverse fasi progettuali, (CH, DH e MASW), con un confronto dei dati sperimentali con i valori e le tendenze deducibili dalle prove penetrometriche dinamiche (SPT) e statiche (CPT);
- sulla base dei valori tipici di deformazione attesa per le diverse opere (seguendo ad esempio quanto raccomandato da Atkinson e Salfors (1991, Doc. rif. [30]), e da Atkinson (2000, Doc. rif. [31]), e riportato in Figura 5), valutazione dell'entità del degrado dei moduli iniziali, facendo riferimento a curve di letteratura.

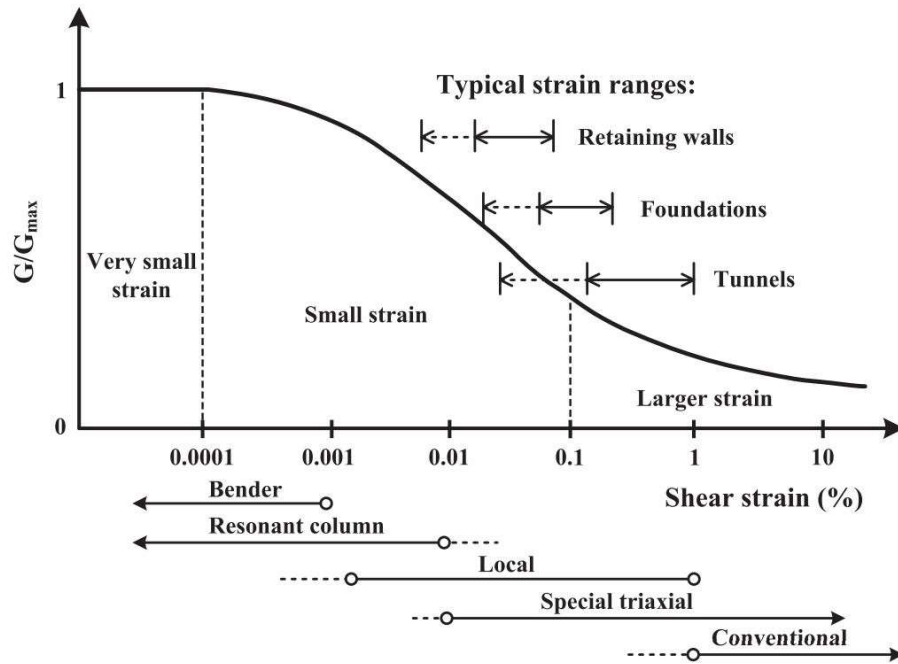


Figura 5 – Livelli deformativi raggiunti dal terreno per diverse opere di ingegneria (Doc. rif.[29],[31])

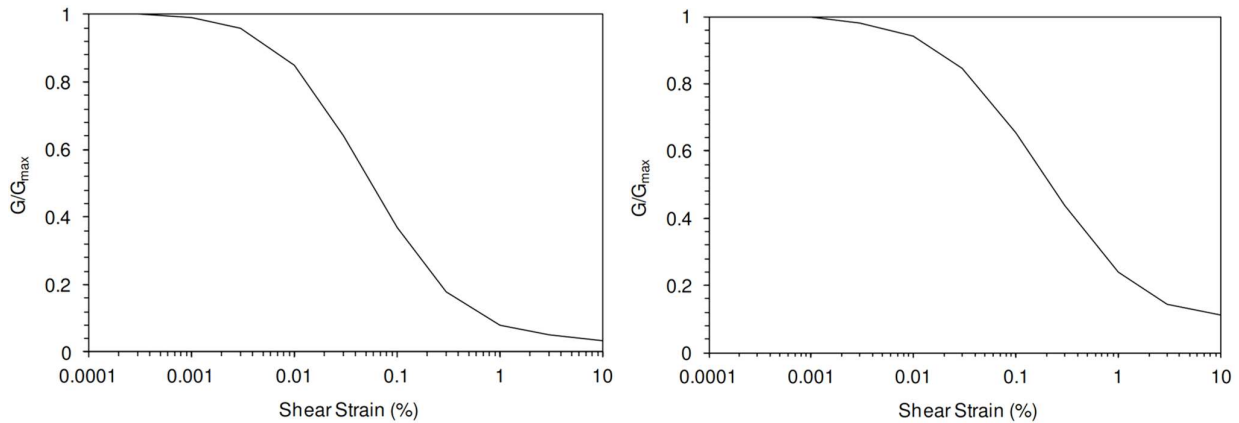


Figura 6 – Curva di decadimento del modulo di taglio per depositi sabbiosi (a sinistra, Doc. rif. [54]) e argillosi (a destra, Doc. rif. [55])

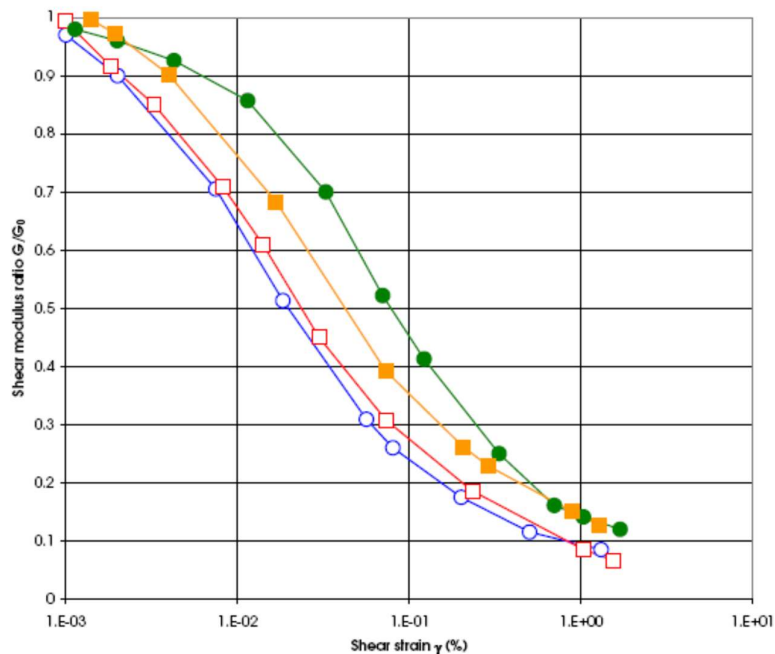


Figura 7 – Altro esempio di curva di decadimento del modulo di taglio (Doc. rif. [39])



Le curve di degrado del modulo in funzione della distorsione a taglio a disposizione in letteratura sono molte e il progettista potrà scegliere quella che riterrà più opportuna. In questa sede, si sono generalmente proposti valori di moduli di Young operativi, validi per il calcolo di cedimenti di fondazioni superficiali e per scavi, ipotizzando valori del decadimento del modulo dell'ordine di $1/3 \div 1/5$ di quello iniziale.

In linea di principio, nel momento in cui anche un generico materiale argilloso, per effetto del cambio tensionale, si trovi in un campo deformativo a principale componente elastica, si può seguire allo stesso modo questa procedura.

5.8.2 Materiali a grana fine

Quando non ci si trovi ad operare in campo elastico, e convenga invece adottare parametri che definiscano il comportamento sia nel ramo di ricarica (comportamento elastico o pseudo-elastico), e nel campo di compressione vergine, per la definizione dei parametri di deformazione vengono forniti i valori di RR e CR, (rapporto di ricompressione e di compressione vergine), nel piano $\varepsilon_v - \log \sigma'_v$.

Per quanto invece concerne la deformabilità viscosa, viene fornito, quando di possibile interesse, un valore

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 31 di 137 |

di $c_{\alpha\varepsilon}$ (coefficiente di compressibilità secondaria), sempre nel piano ε_v - $\log\sigma'_v$, generalmente dedotto, laddove disponibili, dalle prove edometriche. In alternativa, si è utilizzata la correlazione proposta da Mesri e Godlewski (1977, Doc. rif. [51]):

$$c_{\alpha\varepsilon}/CR = 0.04 \pm 0.01.$$

Infine, nel caso in cui ci si è trovati di fronte a strati di modesto spessore in profondità (>15-20 m da p.c.), per i quali non sono disponibili misure geofisiche né prove di laboratorio, il valore del modulo di Young operativo, da impiegare solo nel caso in cui il materiale sia ricaricato nel ramo della ricompressione, e quindi senza importanti deformazioni plastiche, è stata stimato con la correlazione empirica:

$$E' = 200-300 \cdot c_u.$$

5.9 Qualità dei campioni

Per i materiali argillosi, molti dei dati qui dedotti ed in particolare quelli relativi alla storia tensionale ed alla deformabilità, provengono dall'interpretazione dei risultati delle prove meccaniche di laboratorio ed in particolare delle prove edometriche.

Con riferimento a queste prove, la qualità dei campioni indisturbati di materiali argillosi può essere valutata sulla base di criteri proposti in letteratura. Ad esempio Lunne et al. (1997, Doc. rif. [46]) e Terzaghi et al. (1996, Doc. rif. [57]), propongono una classificazione della qualità dei campioni basata sulla misura dell'entità di deformazione del campione all'applicazione della tensione verticale efficace di sito σ'_{v0} . Il principio alla base di tale criterio di valutazione è che maggiore è il valore della deformazione a tale livello tensionale, maggiore è il disturbo. In termini quantitativi, le tabelle che seguono mostrano la classificazione come riportata da De Groot e Sandven (2004) (Doc. rif. [37]).

Tabella 13 - Grado di affidabilità dei campioni (SQD) Terzaghi et al. (1996)

| Deformazione volumetrica $\varepsilon_{vol}(\%)$ a σ'_{v0} (in una prova edometrica) $\varepsilon_{vol} = \varepsilon_{assiale}$ | SQD |
|--|------------|
| <1 | A (best) |
| 1÷2 | B |
| 2÷4 | C |
| 4÷8 | D |
| >8 | E (worst) |





| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 32 di 137 |

Tabella 14 - Grado di affidabilità dei campioni Lunne et al. (1997). $\Delta e/e_0$ a σ'_{v0}

| OCR = 1 ÷ 2 | OCR = 2 ÷ 4 | Livello |
|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| < 0.04 | < 0.03 | Da molto buono a eccellente |
| 0.04 ÷ 0.07 | 0.03 ÷ 0.05 | Da buono ad accettabile |
| 0.07 ÷ 0.14 | 0.05 ÷ 0.10 | Scarso |
| >0.14 | >0.10 | Molto scarso |

In virtù di tale classificazione, si sono generalmente esclusi i dati provenienti dai campioni di scarsa qualità. In ogni caso, il progettista può utilmente consultare direttamente il dato sperimentale, al fine di valutare l'attendibilità dell'operazione svolta.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 33 di 137 |

6. BREVE DESCRIZIONE DEL TRACCIATO, DELLE OPERE PRINCIPALI DA REALIZZARE E DEL PROFILO STRATIGRAFICO

6.1 Introduzione

Il tratto d'interesse è compreso tra le pk 0+000 e pk 10+050 ed è rappresentato nella Planimetrie di progetto (Doc. rif. [7]), riportate in Allegato 1. All'interno di esso si prevede la realizzazione di:

- Viadotti Fontana delle Monache e Fibbio;
- galleria artificiale di San Martino Buon Albergo;
- variante storica;
- sottovia;
- attraversamenti idraulici;
- trincee
- rilevati.

Tenendo conto della posizione dei singoli manufatti e sulla base delle evidenze geotecniche riscontrate, il tratto è stato suddiviso in zone relativamente omogenee, per fornire un inquadramento generale relativamente a: stratigrafia, caratteristiche e problematiche geotecniche.

Nei capitoli seguenti si descrivono le unità geotecniche identificate esaminando i risultati delle indagini. La distribuzione spaziale di tali materiali è illustrata nei Profili Geotecnici (Doc. rif. [7], v. Allegato 3). Si rimanda invece alle relazioni geotecniche delle singole WBS per informazioni di dettaglio ed assunzioni progettuali.

6.2 Falda di progetto

I valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo la tratta in esame, riportati nel capitolo 4, indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali. La differenza di quota massima e minima misurata risulta essere inferiore a 3 m.

Ai fini progettuali, prendendo a riferimento i livelli di falda definiti nella Relazione Idrogeologica (Doc. rif. [3]), si assumerà:

- Per il tratto fra la pk 0+000 fino alla 7+663 (spalla Ovest del Vi Fibbio): falda di progetto a lungo termine di +4.5 m rispetto alla minima soggiacenza (cioè: la piezometrica massima) rilevata nel

periodo novembre 2014 – maggio 2018,

- Per il tratto fra 7+663 (spalla Ovest del Vi Fibbio) fino alla fine del tratto qui considerato (10+050): falda di progetto a lungo termine di +1.0 m rispetto alla minima soggiacenza (cioè: la piezometrica massima) rilevata nel periodo novembre 2014 – maggio 2018,

Come dato di riferimento per la massima piezometrica nel periodo considerato, per la tratta in questione si può fare riferimento al grafico di Figura 8

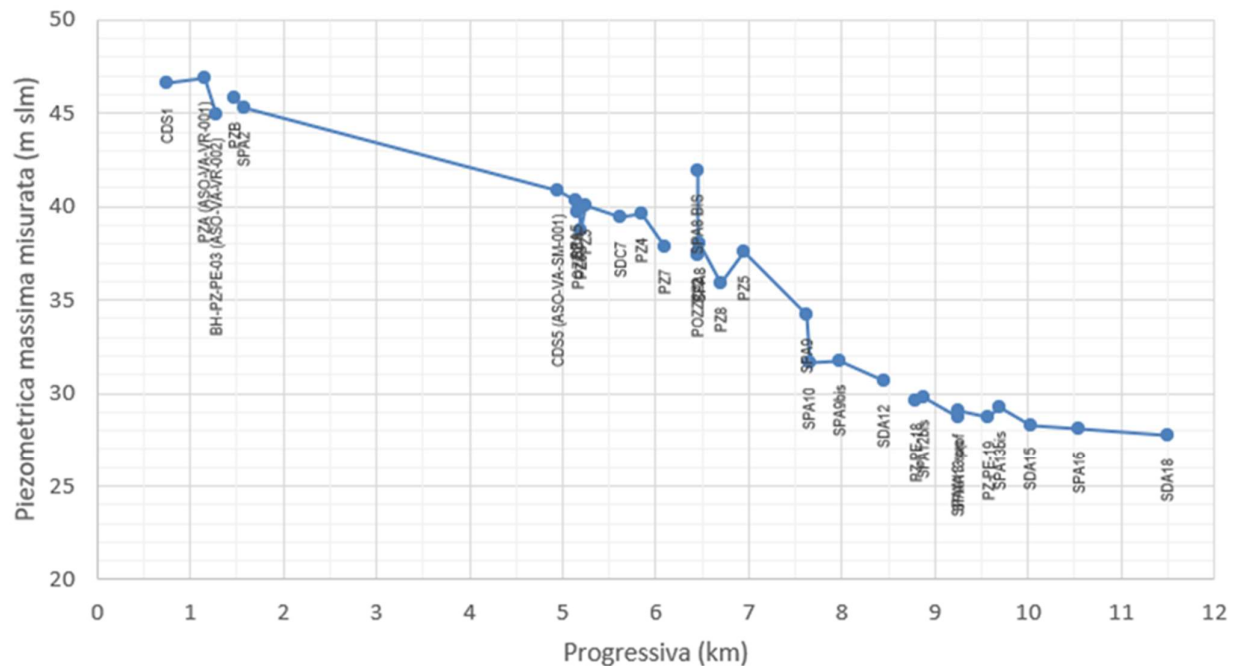




Figura 8. Andamento della massima piezometria lungo il tratto considerato.

Come ulteriore indicazione ricavabile dai dati della figura citata, si osserva come lungo il tratto 0+000 - 7+600 la piezometrica massima degradi da circa 45.3 m slm a circa 38 con un gradiente idraulico di circa 1.4 m ogni km., per restare poi pressoché costante (e praticamente coincidente con il p.c.) lungo la piana del Fibbio, ove la falda è praticamente coincidente con il p.c per tutto l'anno.

Per ulteriori dati e considerazioni, si rimanda alla Relazione Idrogeologica [3].

Si segnala che, nella progettazione delle opere provvisorie di sostegno degli scavi, ad esempio in presenza di opere temporanee di sostegno di rilevati realizzati al disopra del pc attuale, la quota di falda lato monte degli scavi potrà essere scelta dal progettista coerentemente con le letture piezometriche disponibili in zona, e tenendo conto della morfologia dell'area, ed eventualmente prescrivendo controlli in

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 35 di 137 |

corso d'opera, al fine di garantire la necessaria sicurezza e funzionalità.



Per quanto riguarda, infine, la galleria artificiale di San Martino Buon Albergo, si rimanda al dettaglio del documento citato (Rif. [3]).

6.3 Principali unità individuate

I terreni rinvenuti lungo il tracciato sono stati raggruppati in Unità geotecniche di riferimento. All'interno di ciascuna Unità si ritrovano terreni con caratteristiche fisiche e meccaniche omogenee, sia pure nell'ambito della naturale variabilità normalmente esibita dalle formazioni sedimentarie.

Nel tratto oggetto della presente relazione, sono state individuate le seguenti unità (a partire dal p.c.)

- Riporti (Unità 1) . Sono stati raggruppati nei profili geotecnici tutti i materiali che si trovano al di sopra del terreno naturale, e di origine antropica. Si consideri che il profilo geotecnico longitudinale, specie quando si trova in prossimità del rilevato della LS esistente, può segnare talora un piano campagna a volte non coincidente con il p.c. naturale, ma una quota più elevata (anche di qualche metro), rilevata o sulla sommità della LS o sulla scarpata del rilevato. Allo stesso tempo, l'indagine, eseguita invece sul p.c. accessibile, si trova ad una quota più bassa. Ne consegue che lo spazio (sul profilo) fra la testa del foro e il pc riportato sul profilo è stato convenzionalmente classificato come "riporto", essendo però in questo caso il riporto costituito dal materiale del rilevato esistente. Quindi, in questo caso, lo spessore del "riporto" può essere sovrastimato rispetto alla sua reale presenza dal p.c. naturale. Il progettista della singola opera dovrà pertanto, in questo caso, prestare molta attenzione alle quote assolute, piuttosto che fare riferimento alle profondità relative al p.c. In altre circostanze, si tratta invece di veri e propri riporti, di natura eterogenea e di difficile tracciabilità.
- Depositi superficiali recenti (Unità 3a e 3b), generalmente di spessore molto esiguo (qualche metro al massimo). Si tratta di alluvioni superficiali, presenti soprattutto nelle zone di esondazione dell'Adige, e, più avanti, nella zona del Viadotto Fibbio. Sono costituite o da terreni limoso-argillosi (Unità 3b), o da limo-sabbiosi e sabbiosi (Unità 3a). Per quanto concerne le loro caratteristiche meccaniche, queste sono state generalmente desunte sulla base delle prove di laboratorio disponibili (non molte), dalla descrizione contenuta nei sondaggio, e dalle prove SPT . Nell'area del Fibbio sono anche disponibili alcune prove CPT.
- Depositi ghiaiosi (Unità 6). Si tratta in genere di ghiaie con sabbie e sabbiose, limose o debolmente limose, presenti praticamente lungo tutto il tratto esaminato. Le loro caratteristiche sono state desunte dall'interpretazione delle prove SPT per quanto concerne le caratteristiche di resistenza al taglio, (le CPT hanno praticamente sempre incontrato rifiuto), e dalle prove geofisiche (MASW;

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 36 di 137 |

CH, e DH) per quanto concerne i parametri di deformazione. (si veda al proposito il capitolo 5)

- Limi argillosi compatti (Unità 2). Sono generalmente presenti a profondità superiori ai 10 m da p.c. Si tratta di depositi a gran fine sovraconsolidati, poco plastici, compatti. Sono stati caratterizzati sulla base delle prove di laboratorio, dei pocket eseguiti sulle carote, e da qualche prova SPT. Anche in questo caso, nella piana del Fibbio, alcune prove CPT sono state prese e a conferma delle rigidità e resistenze ottenute dal laboratorio.
- Sabbie medie e grossolane, a volte ghiaiose/con ghiaia, generalmente debolmente limose o limose. Anche per queste si sono seguite le stesse metodologie adottate per le ghiaie, utilizzando correlazioni differenti, (si veda al proposito il capitolo 5).

Nel seguito, per tratti identificati come stratigraficamente relativamente omogeni, viene riportata una descrizione stratigrafica ed una caratterizzazione geotecnica più di dettaglio.

6.4 Tratto compreso fra pk 0+000 e pk 4+942



Trattasi della porzione iniziale della linea, fino all'inizio della galleria artificiale al km 4+942.

In questo tratto è prevista la relazione del viadotto Fontana delle Monache alla pk1+350 circa, di alcuni rilevati in affiancamento alla LS esistente, e di alcuni attraversamenti minori.

Le indagini eseguite sono elencate nella Tabella 15 e consistono in sondaggi a carotaggio continuo (BH, SP, SA), con esecuzione di prove SPT, pozzetti esplorativi (PT) e prove geofisiche tipo down-hole (DH) e MASW. La posizione delle indagini ed il loro esito sono descritti in dettaglio in elaborati di progetto dedicati (Doc. rif. [10] e [11]).

Tabella 15 - Indagini tra pk 0+000 e pk 4+942

| Progressiva pk | ID indagini - | Campagna anno |
|-------------------|------------------|------------------|
| 0+139 | BH-PE-01 | 2020-2021 |
| 0+700 | CDS1 | 2017 |
| 1+000 | SP1bis | 2014/2015 |
| 1+054 | PT03 | |
| 1+075 | SP1 | 2014/2015 |
| 1+086 | PT04 | |
| 1+150 | BH-PE-02 | 2020-2021 |
| 1+280 | BH-PZ-PE-03 | 2020-2021 |
| 1+400 | PT-PE-01 | 2020-2021 |
| 1+550 | SPA2 | 2014/2015 |
| 1+690 | PT05 | |
| 1+800 | PT-PE-02 | 2020-2021 |
| 1+916 | BH-PE-04 | 2020-2021 |
| 2+272 | BH-PE-05 | 2020-2021 |
| 2+401 | PT06 | |



| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 37 di 137 |

| Progressiva pk | ID indagini - | Campagna anno |
|-------------------|------------------|------------------|
| 2+901 | PT07 | |
| 3+098 | MASW-PE-01 | 2020-2021 |
| 3+191 | BH-DH-PE-06 | 2020-2021 |
| 3+401 | PT08 | |
| 3+469 | BH-PE-07 | 2020-2021 |
| 3+522 | PT-PE-03 | 2020-2021 |
| 3+784 | BH-PE-08 | 2020-2021 |
| 3+790 | MASW-PE-02 | 2020-2021 |
| 3+900 | PT09 | |
| 4+025 | SA203R003 | 2002 |
| 4+603 | PT-PE-04 | 2020-2021 |
| 4+838 | BH-PE-09 | 2020-2021 |

Il tratto in esame si colloca nella porzione occidentale della Pianura Veneta ed è caratterizzato dalla presenza di depositi quaternari, che appartengono in gran parte alla conoide fluviale del fiume Adige. Tale struttura è quasi interamente caratterizzata dalla presenza di terreni incoerenti, prevalentemente ghiaiosi. La Figura 9 riporta l'insieme delle prove SPT eseguite nel tratto considerato, identificando la frazione prevalente del materiale nel quale l'SPT è stato eseguito. Si ritiene che la rappresentazione dell'insieme dei dati, che verranno comunque interpretati separatamente per ogni Unità individuata, fornisca un utile quadro di insieme delle condizioni geotecniche nel tratto considerato.

Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche, la successione può essere così definita:

- Materiali di riporto, tipicamente di natura eterogenea, e provenienti da lavorazioni legate alla antropizzazione dell'area. Tipicamente si tratta di limi sabbiosi e sabbie limose, spesso ghiaiosi, probabilmente provenienti da lavori eseguiti nell'area (BH-PE-01, CDS1, BH-PE-04), per quanto riguarda il loro spessore, si rimanda a quanto segnalato al punto 6.3.
- Coltri superficiali di natura anche limoso-argillosa (Unità 3b), intervallati da livelli sabbiosi (unità 3a), generalmente poco addensati e, se argillosi, con modesta resistenza al taglio. Si tratta di coltri superficiali probabilmente legate alla presenza di fossi (ancora presenti), che incidono sulla piana ai piedi dell'attuale LS, e a episodi sedimentari legati ad eventi di esondazione dell'Adige (SP1 e SP1bis, SP2A, BH-PE-02 e 03). Si segnala al proposito che alcuni sondaggi (SP1bis e SP2A), realizzati appunto nel tratto indicato, ed in particolare fra la progressiva 1+000 e +2.000 circa, hanno evidenziato la presenza, a profondità di 2-3 m da p.c., di sottili lenti (circa 1 m di spessore), di limi argilloso-ghiaiosi poco consistenti (unità 3b), con valori di SPT bassi (N_{SPT} 2-3 colpi/30cm), quindi di scarsa consistenza ($PP=$ 50-70 kPa). Considerata la presenza di un fosso in prossimità del piede della linea storica, si ritiene probabile che i sondaggi abbiano campionato l'antico alveo del fosso.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 38 di 137 |



Non è possibile, causa la natura di questi depositi, disporre di mappatura precisa di questi materiali, se non nei limiti indicati schematicamente sul profilo geotecnico. Nella progettazione delle diverse opere, si dovrà tenere conto della possibile presenza di questi materiali, anche sulla base di un attento esame delle stratigrafie disponibili negli immediati intorni dell'opera in questione, ed esaminando la topografia dell'area.

- Al disotto di tale coltre, (e talora anche praticamente in superficie, al disotto di un modesto spessore di coltivo) si rinviene ovunque da uno spesso strato di ghiaie e ghiaie sabbiose mediamente addensate (unità 6), all'interno delle quali si registrano valori di N_{SPT} anche superiori a 50 colpi/30cm.
- Più in profondità, si individua la presenza di depositi sabbiosi da mediamente a molto addensati (unità 4), caratterizzati da N_{SPT} compresi tra 30 e 70 colpi/30cm.
- Come riportato nei Profili Geotecnici (v. Allegato 3), tra le due unità, a profondità indicativamente comprese tra 13.5 m pc e 17.5 m pc, si rinvengono localmente strati di limi argillosi sovraconsolidati. I valori di pocket penetrometer sono compresi fra 150 e 250 kPa, mentre l'indice di vuoti si colloca su valori tipici di materiali compatti e sovraconsolidati, con valori e_0 fra 0.5 e 0.65. La Figura 17 riporta i valori dei limiti di Atterberg e del contenuto d'acqua naturale e Figura 18 l'indice di consistenza. Come si può notare, si tratta di materiali poco plastici, come evidenziato anche dalla Figura 19 che mostra la collocazione di questi materiali nella carta di Casagrande.

Sulla base dei criteri descritti nel capitolo 5, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio. Nelle figure sottoindicate sono riportati i risultati delle analisi e dell'interpretazione delle prove in sito, suddivise per le diverse unità definite al punto 6.3, e più in particolare:

- Caratteristiche granulometriche (Figura 10, Figura 11, Figura 12)
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 13 e Figura 14);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 15 e Figura 16);
- Limiti di Atterberg, Carta di plasticità di Casagrande e indice di consistenza (Figura 17, Figura 18, Figura 19)
- Velocità delle onde di taglio (v. Figura 20 e Figura 21, per il dettaglio si rimanda alla [5]);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 22 e Figura 23).

Sulla base dei dati riportati nelle figure si osserva quanto segue:

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 39 di 137 |

- Ad esclusione di strati relativamente sottili in profondità e nella zona più ad ovest (v. sopra), il profilo è composto da depositi incoerenti aventi generalmente percentuali di materiale a grana fine inferiori al 20%.
- Complessivamente, i materiali risultano caratterizzati da una buona resistenza alla penetrazione oltre i 5 m di profondità.
- La densità relativa delle ghiaie, ed in particolar modo delle sabbie in profondità, risulta generalmente variabili fra il 35 e il 65%.
- Per le sabbie sottostanti, i valori risultano più elevati, e compresi nel campo 55-80%.
- Si stimano angoli di attrito compresi tra 39° e 42° per l'unità ghiaiosa (facendo più affidamento sui valori derivati dalla correlazione di Schmertmann (a causa della buona gradazione del materiale) mentre per gli strati sabbiosi molto addensati le interpretazioni indicano angoli compresi tra 37° e 41°.
- Il profilo di Vs derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [6]) conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Si rimarca che il profilo qui presentato può essere considerato come una miglior stima di un andamento medio nell'area in questione. Per un maggiore dettaglio su possibili condizioni locali, e per un riferimento ai dati di sito, si rimanda alla Relazione Sismica citata. Fino a 5 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di Vs crescenti e compresi tra 250 m/s e 320 m/s. A profondità maggiori le velocità sono da considerarsi pressoché costanti - variano tra 350 m/s e 450 m/s fino a 35 m da p.c.
- Per i materiali delle unità 3a e 3b, ci si è rifatti generalmente ad una caratterizzazione sulla base della descrizione granulometrica dei materiali, di prova di classificazione, e dalle poche prove SPT e pocket disponibili.
- Per i materiali 2, i valori di pocket risultanti da prove di laboratorio oscillano mediamente nel campo 1-3 kg/cm², mentre prove triassiali TX-UU e CIU forniscono valori variabili fra 100 e 200 kPa

I parametri caratteristici suggeriti per le unità individuate sono riportati nel capitolo 7.

AV/AC VERONA VICENZA

pk 0+000 - pk 4+942

N_{SPT} (colpi/30cm)

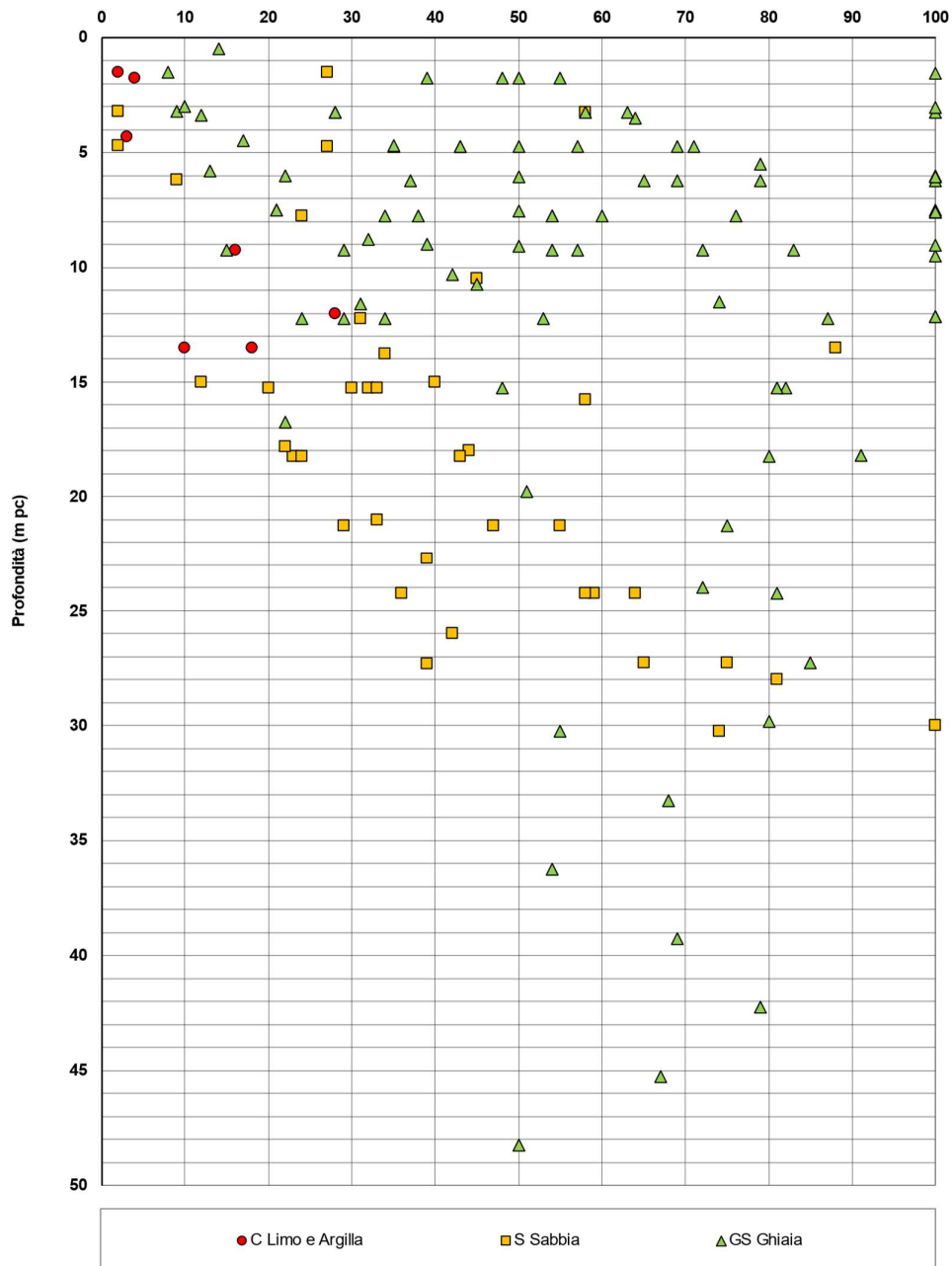


Figura 9 – Esito delle prove SPT tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 0+000,00 a pk 4+942,00

Contributi granulometrici (%)

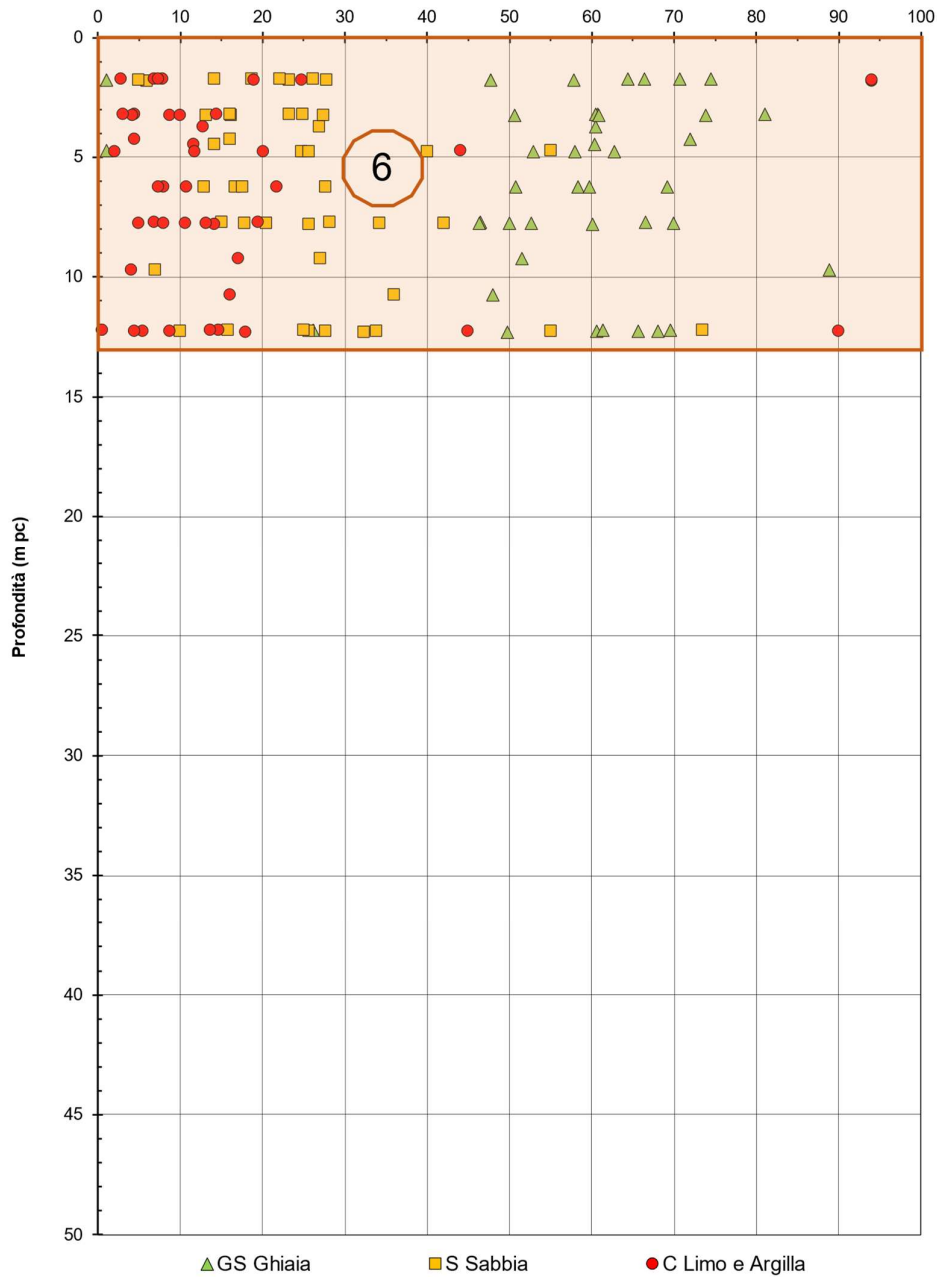


Figura 10 – Caratteristiche granulometriche Unità 6 tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 0+000,00 a pk 4+942,00

Contributi granulometrici (%)

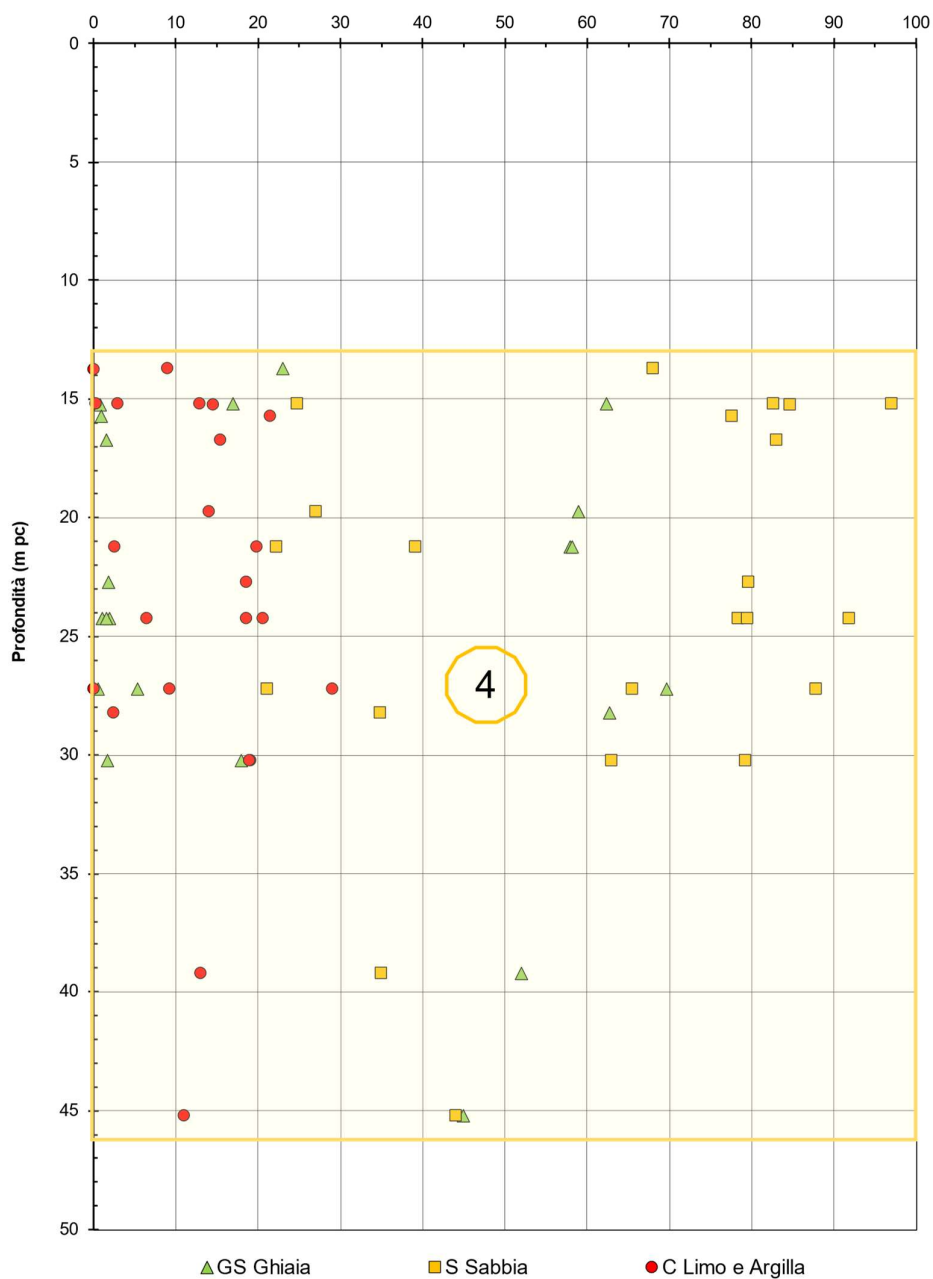


Figura 11 – Caratteristiche granulometriche Unità 4 tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 0+000,00 a pk 4+942,00

Contributi granulometrici (%)

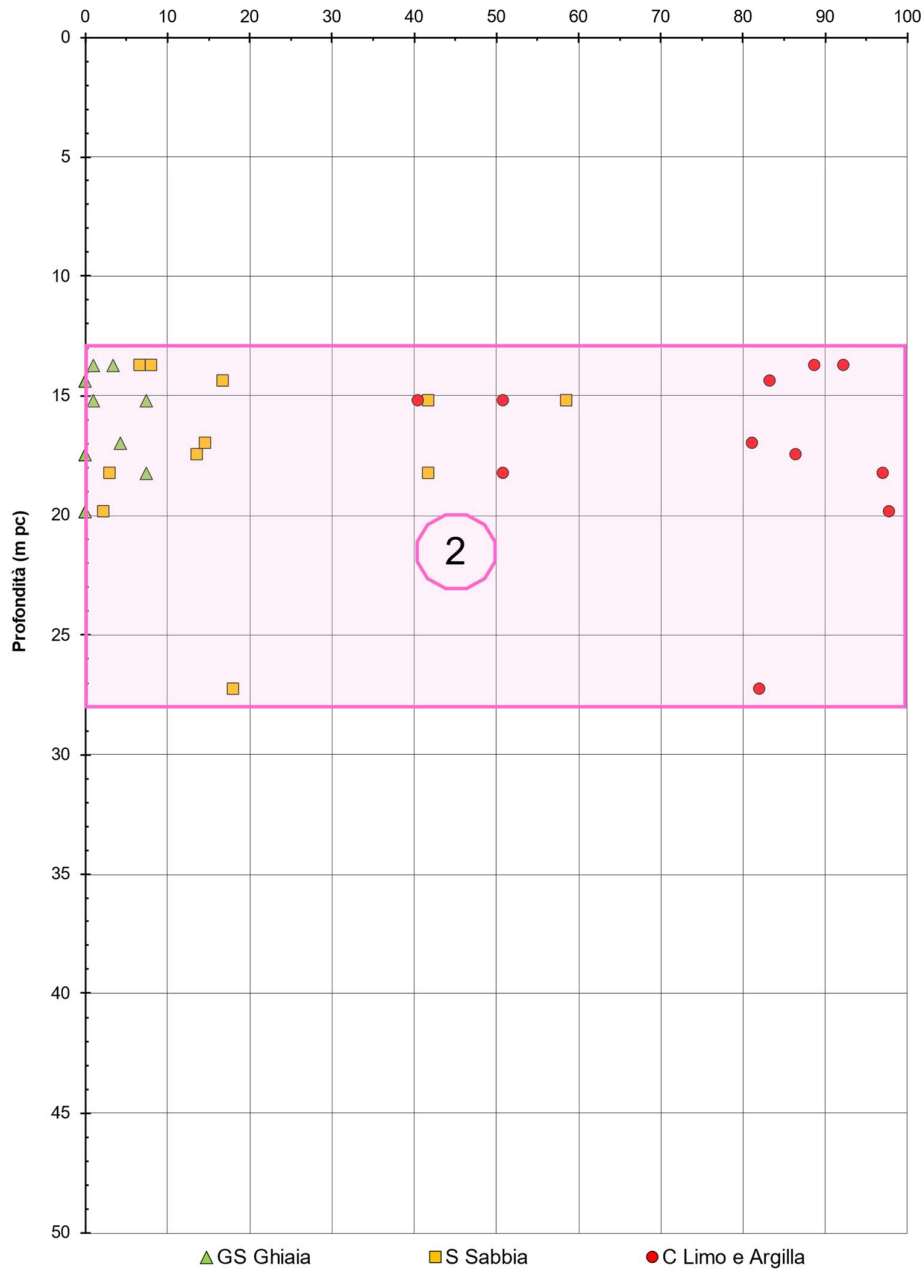


Figura 12 – Caratteristiche granulometriche Unità 2 tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

pk 0+000 - pk 4+942

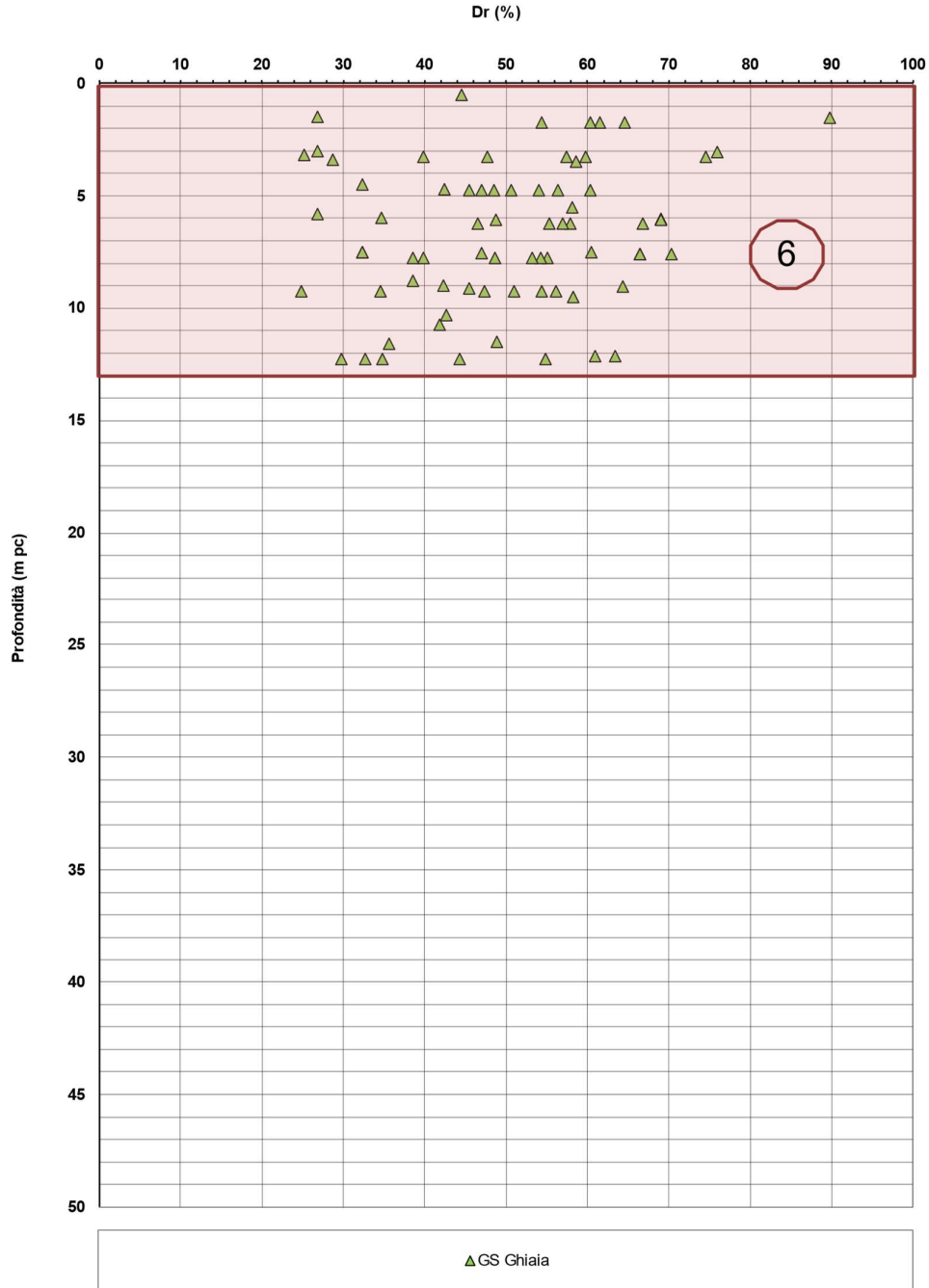


Figura 13 – Densità relativa da prove SPT Unità 6 tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

pk 0+000 - pk 4+942

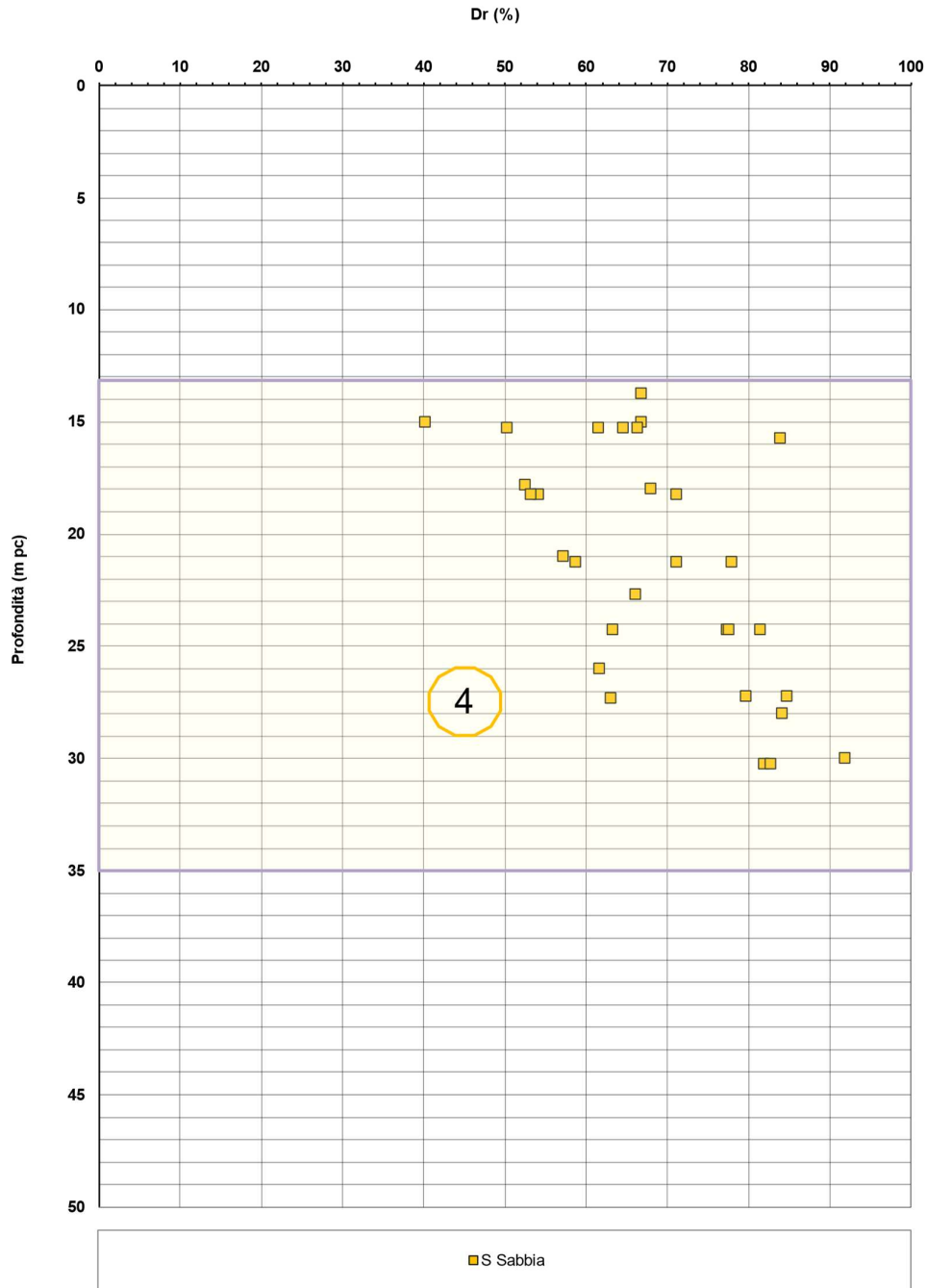


Figura 14 – Densità relativa da prove SPT Unità 4 tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

pk 0+000 - pk 4+942

ϕ' (°)

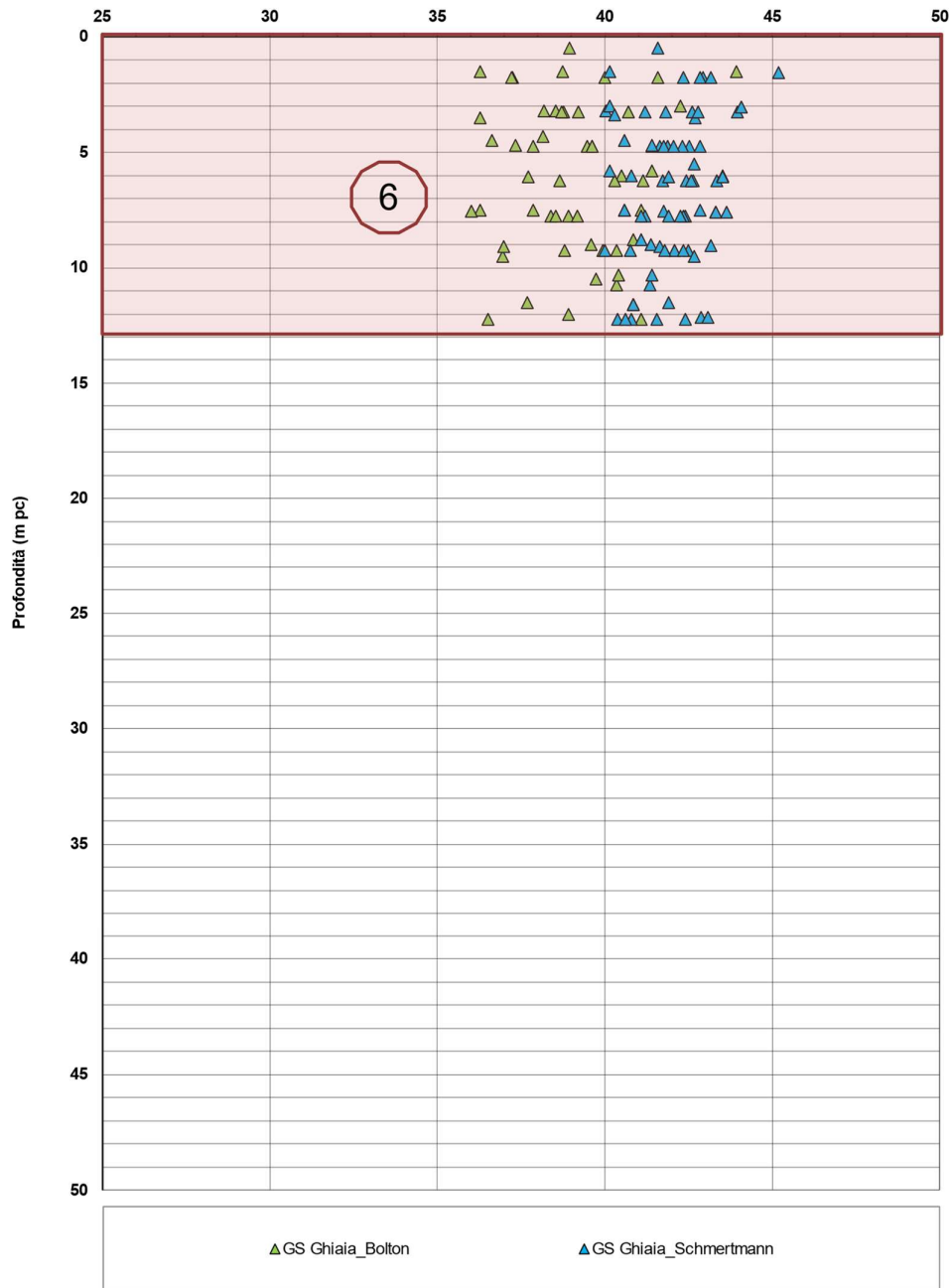


Figura 15 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 6 tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

pk 0+000 - pk 4+942

ϕ' (°)

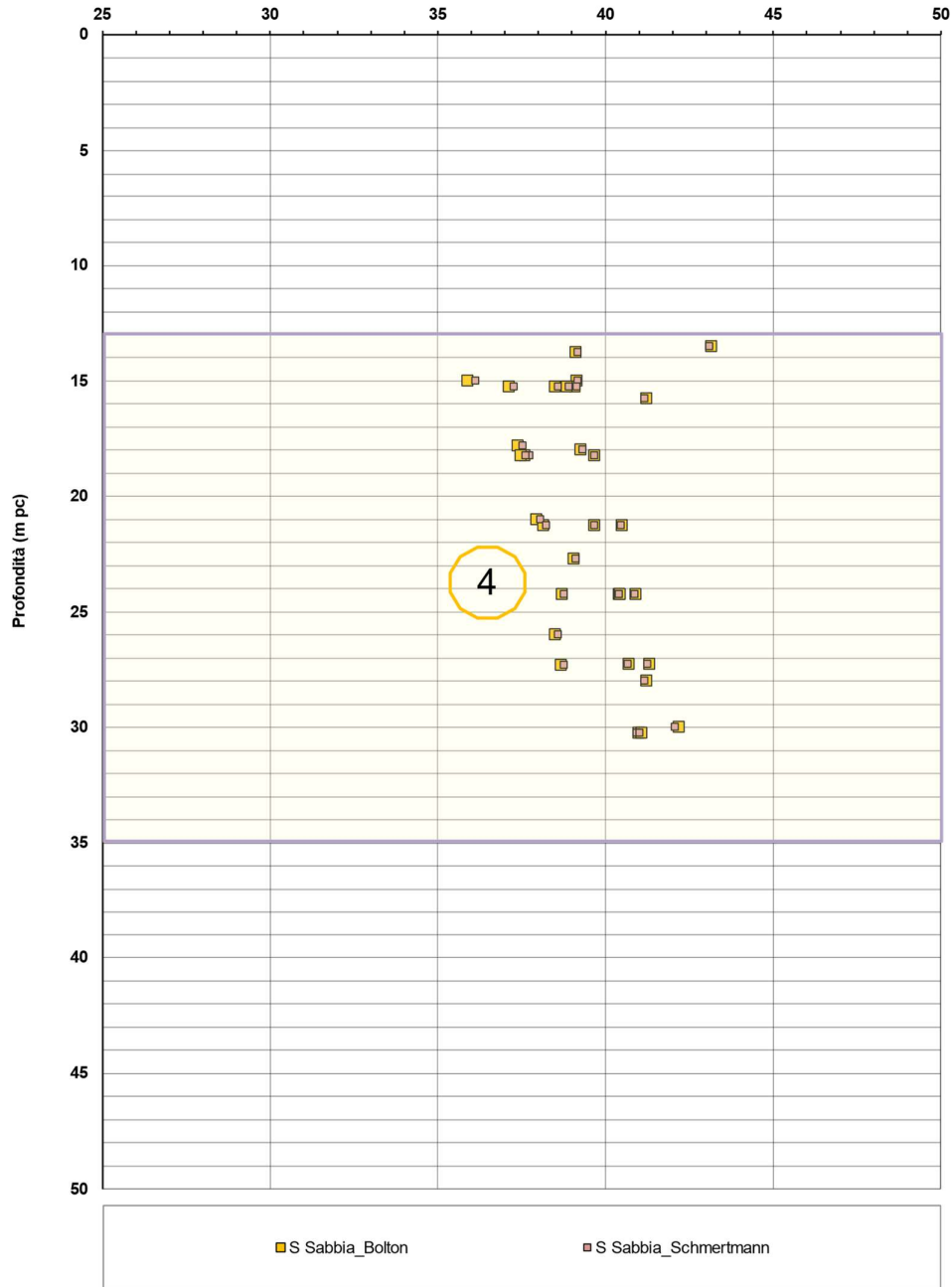


Figura 16 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 4 tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 0+000,00 a pk 4+942,00

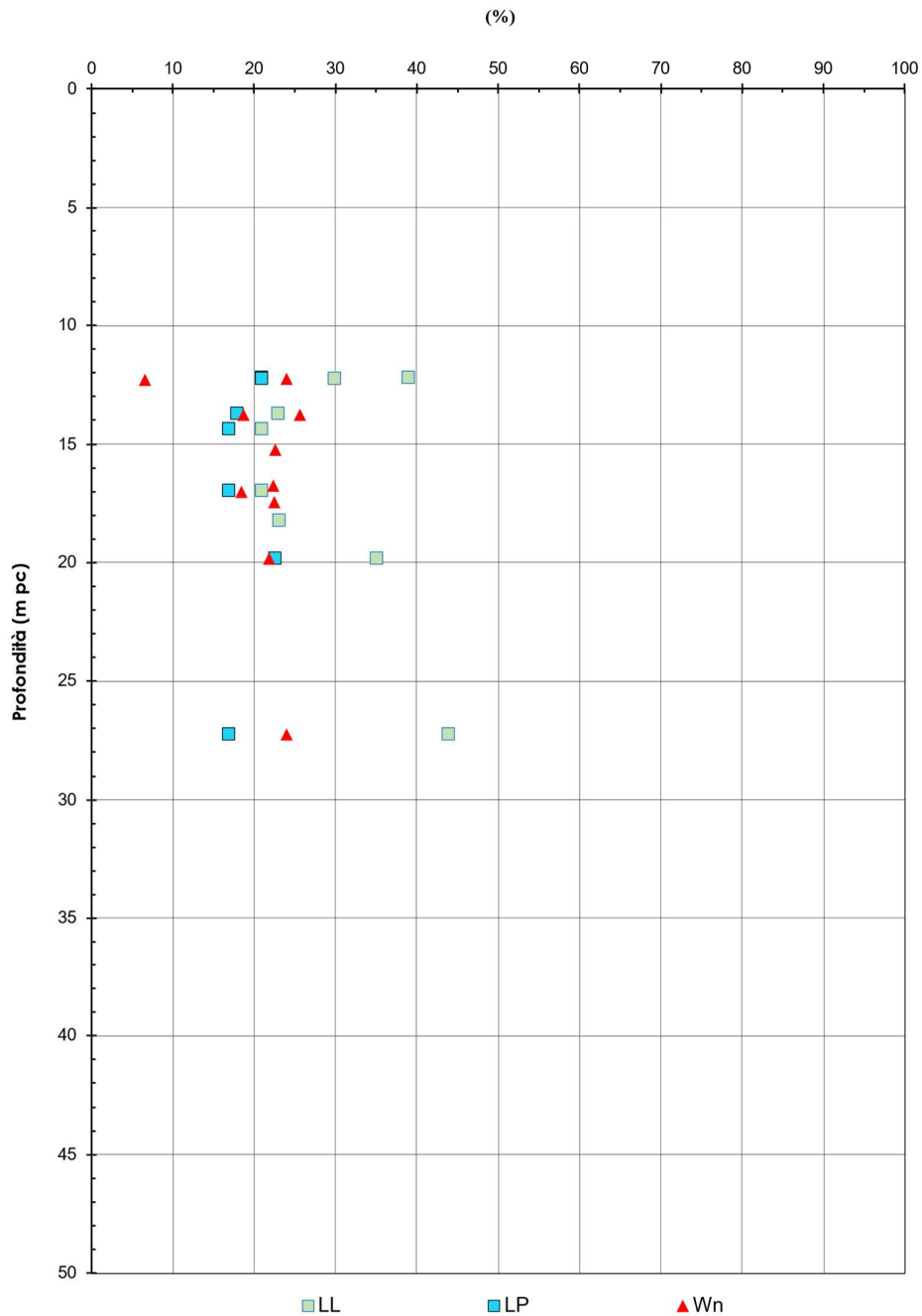


Figura 17 – Unità 2 -Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 0+000,00 a pk 4+942,00

Ic
(-)

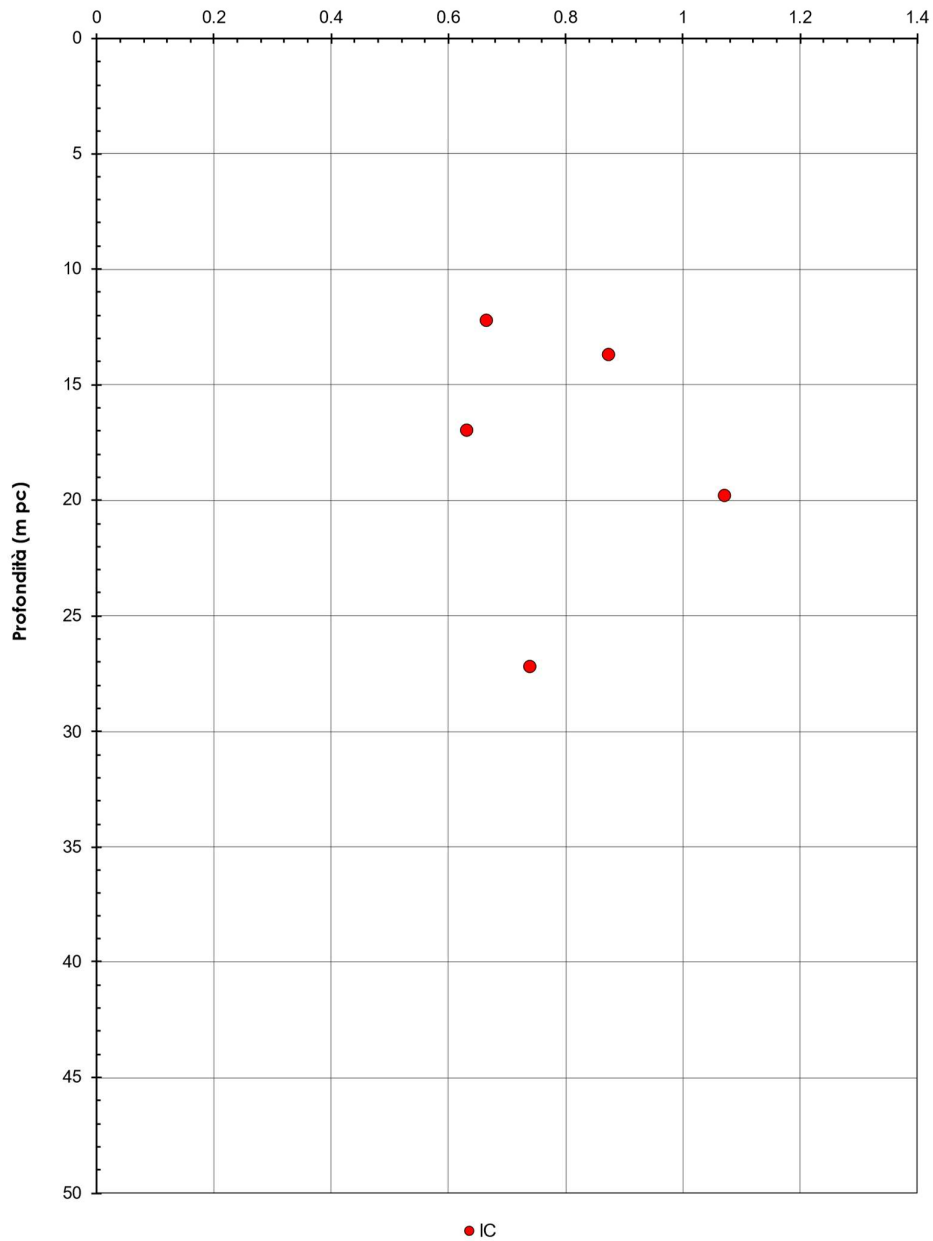


Figura 18 –Unità 2 Indice di consistenza tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 0+000,00 a pk 4+942,00

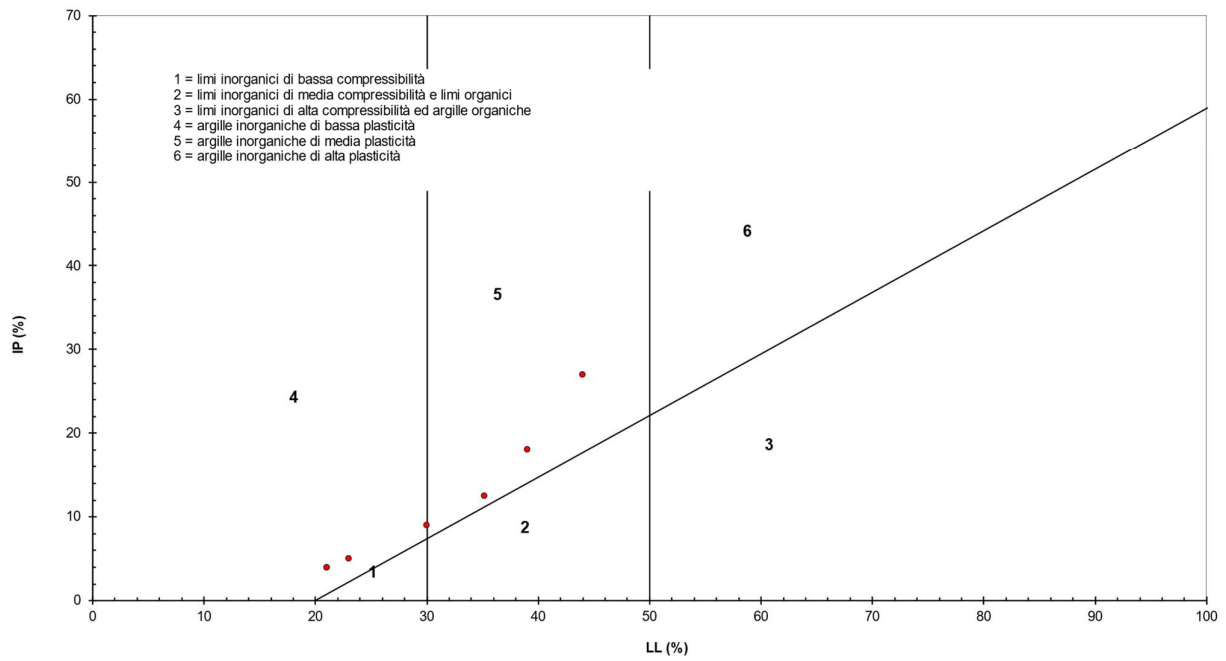


Figura 19 – Unità 2 Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi tra pk 0+000 e pk 4+942

AV/AC VERONA VICENZA

pk 0+000 - pk 4+000

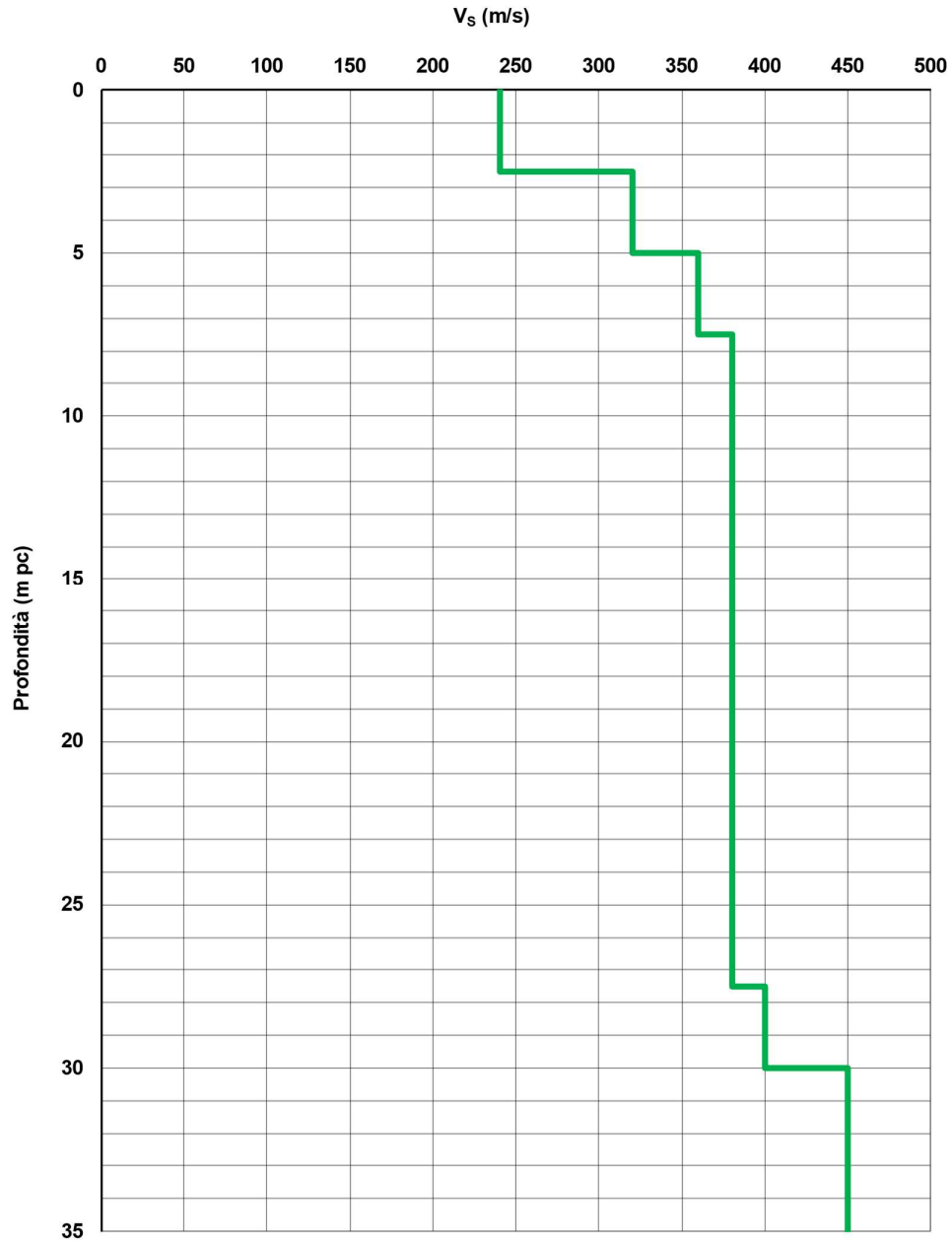


Figura 20 – Profilo di velocità Vs tra pk 0+000 e pk 4+000 (Doc. rif. [6])

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+000 - pk 5+879

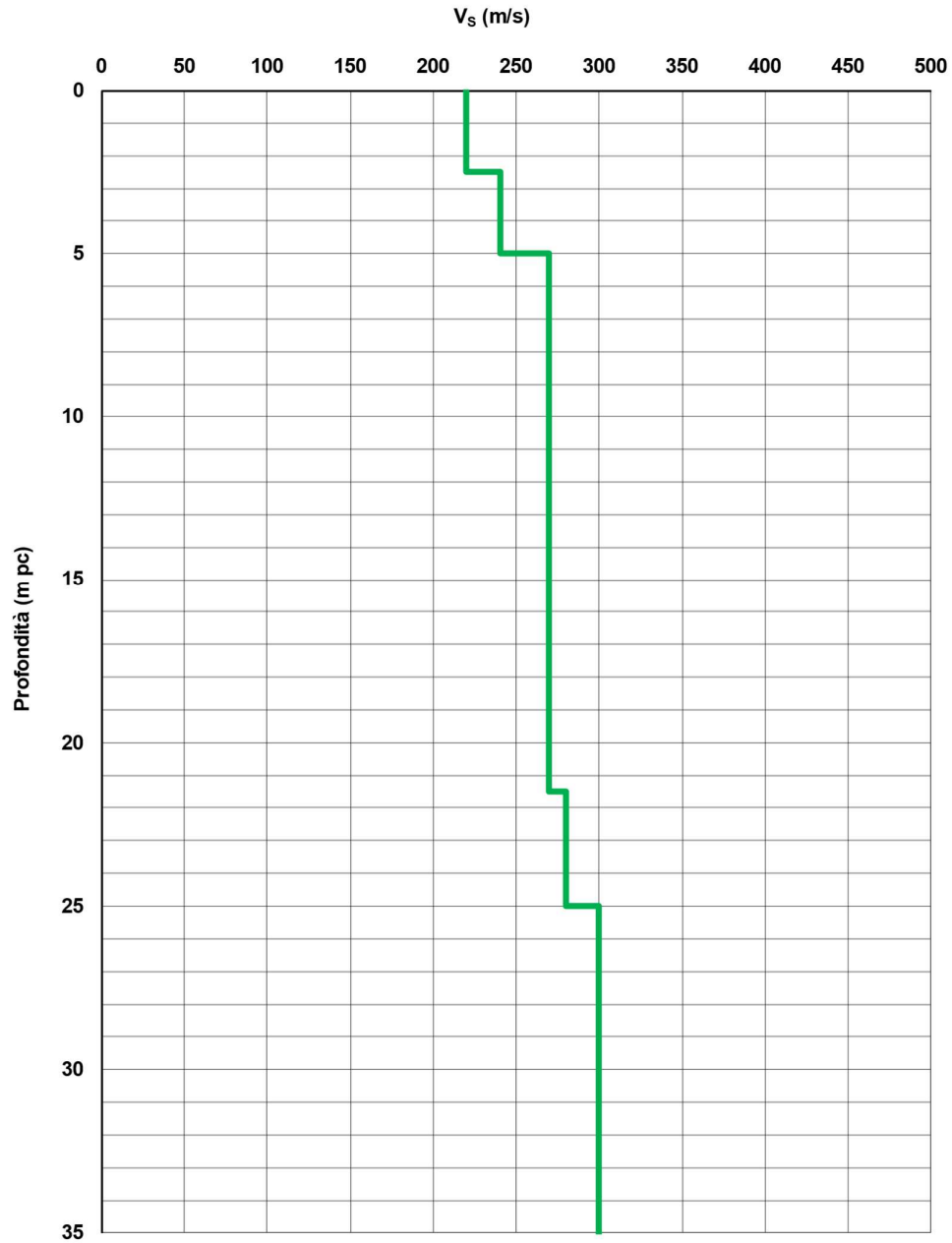


Figura 21 – Profilo di velocità Vs tra pk 4+000 e pk 5+879 (Doc. rif. [6])

AV/AC VERONA VICENZA

pk 0+000 - pk 4+000

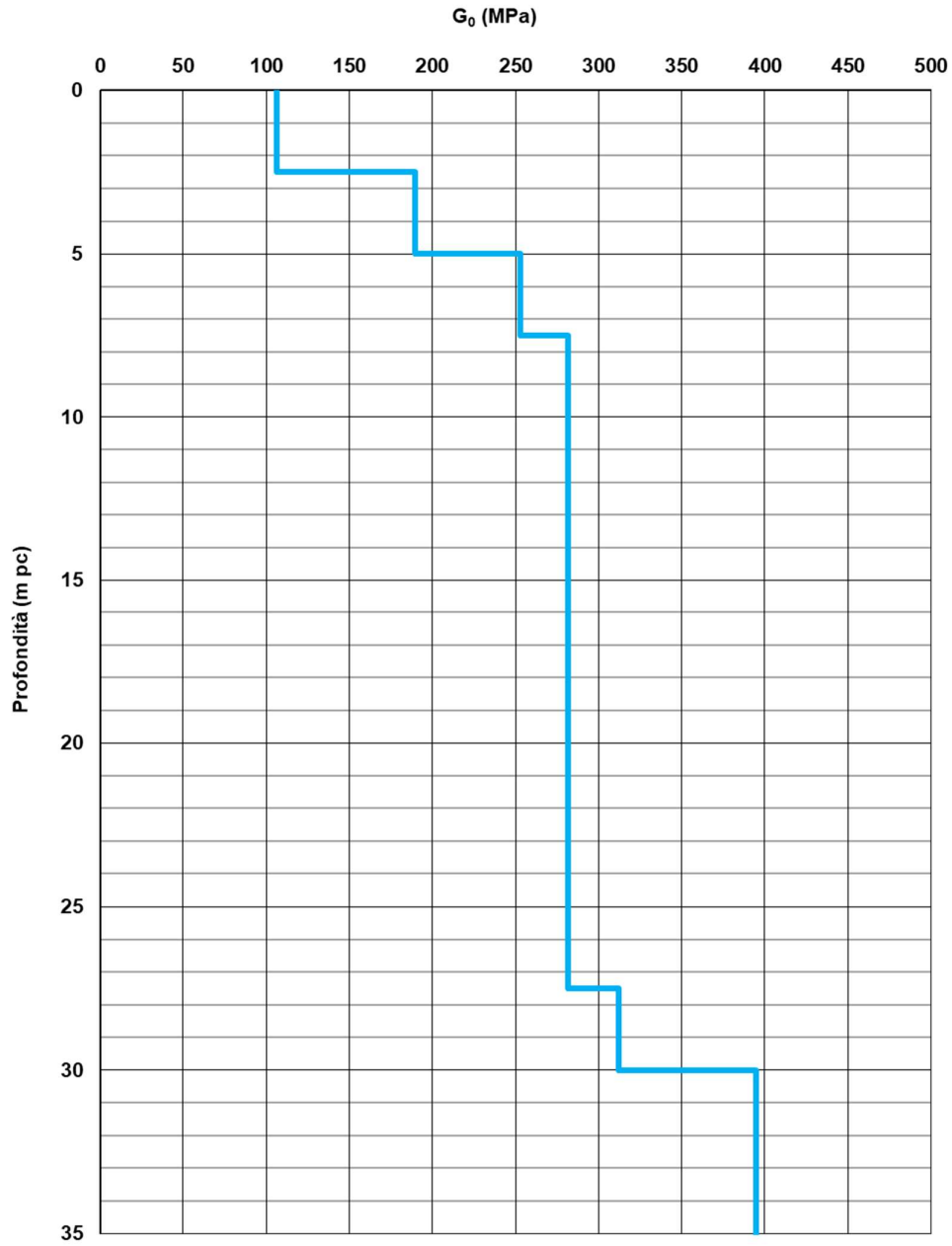


Figura 22 – Modulo di taglio G_0 tra pk 0+000 e pk 4+000

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+000 - pk 5+879

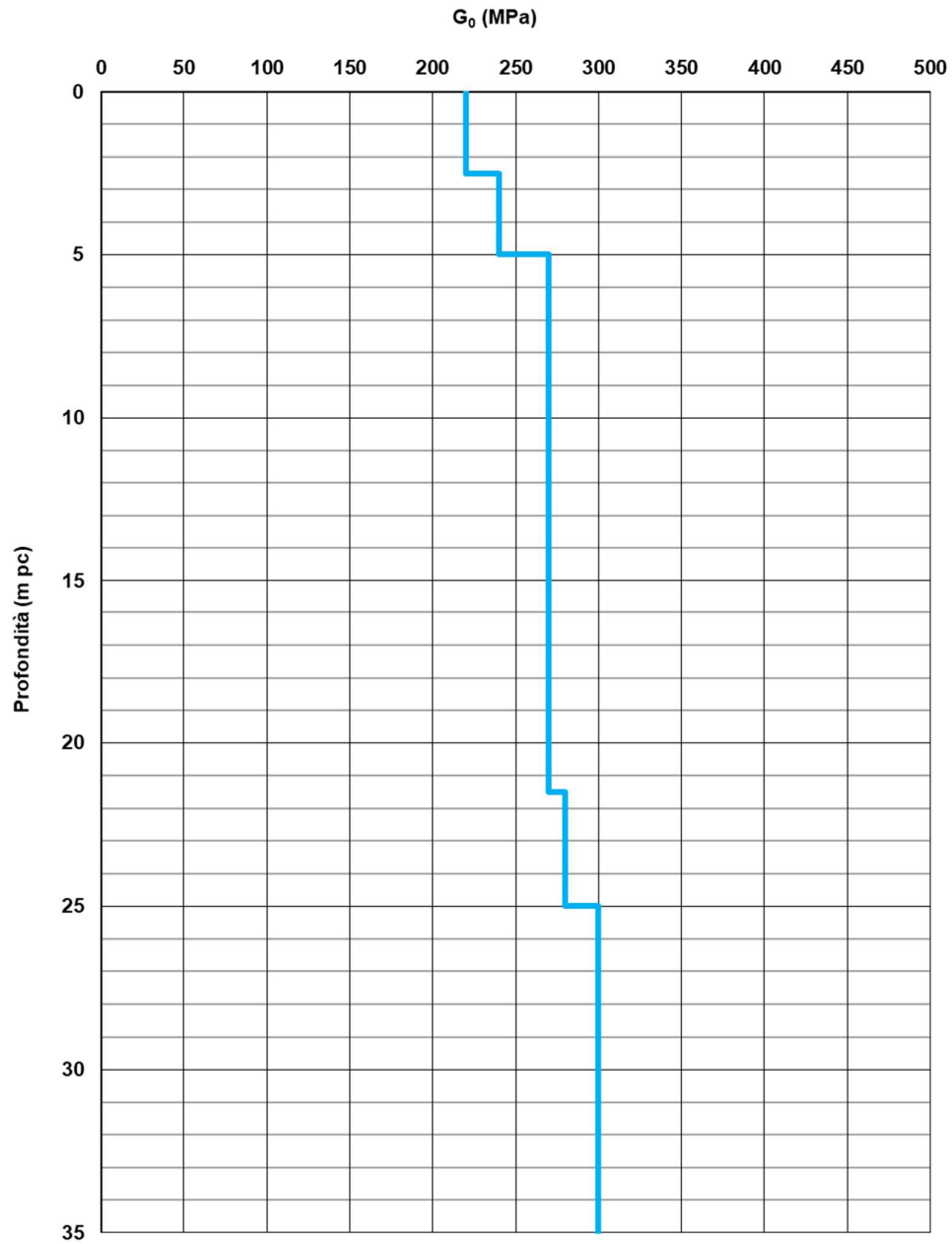




Figura 23 – Modulo di taglio G_0 tra pk 4+000 e pk 5+879

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 55 di 137 |

6.5 Tratto compreso fra pk 4+942 e pk 7+600 (include la GA01)



Il tratto in esame prevede la realizzazione della galleria artificiale (GA01) di San Martino Buon Albergo, di lunghezza complessiva pari a circa 1500 m e termina sulla spalla Ovest del Viadotto Fibbio. Inoltre, alla pk 6+200 circa, la linea ferroviaria intercetterà l'Autostrada A4 in corrispondenza dello svincolo di Verona Est..

Le indagini disponibili lungo questo tratto consistono in sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche e dinamiche, pozzetti esplorativi e prove geofisiche tipo cross-hole (CH) e MASW, oltre a pozzi e piezometri nella zona della GA.

Tabella 16 - Indagini tra pk 4+942 e pk 7+600

| Progressiva Pk | Indagini ID | Campagna Anno |
|-------------------|----------------|------------------|
| 4+950 | CDS5 | 2017 |
| 5+119 | MASW-PE-03 | 2020-2021 |
| 5+125 | SPA5 | 2014/2015 |
| 5+170 | XA203B004 | 2002 |
| 5+339 | BH-PE-10 | 2020-2021 |
| 5+344 | CH-PE-10 | 2020-2021 |
| 5+600 | SP6 | 2014/2015 |
| 5+600 | CH1 | 2014/2015 |
| 5+630 | BH-PE-11 | 2020-2021 |
| 5+630 | CH-PE-11 | 2020-2021 |
| 6+088 | PT-PE-05 | 2020-2021 |
| 6+088 | CPTU-PE-03 | 2020-2021 |
| 6+091 | BH-PE-12 | 2020-2021 |
| 6+275 | XA203B005 | 2002 |
| 6+306 | BH-PE-13 | 2020-2021 |
| 6+307 | CH-PE-13 | 2020-2021 |
| 6+423 | PT-PE-06 | 2020-2021 |
| 6+500 | SPA8 | 2014/2015 |
| 6+817 | CH-PE-14 | 2020-2021 |
| 6+818 | BH-PE-14 | 2020-2021 |
| 6+830 | SA203R006 | 2002 |
| 7+408 | BH-PE-15 | 2020-2021 |
| 7+472 | MASW-PE-04 | 2020-2021 |
| 7+600 | CPTU1 | 2014/2015 |
| 7+600 | SPA9 | 2014/2015 |

La Figura 24 riporta l'insieme delle prove SPT eseguite nel tratto considerato, identificando la frazione granulometrica prevalente del materiale nella quale l'SPT è stato eseguito. Si ritiene che la rappresentazione dell'insieme dei dati, che verranno comunque interpretati separatamente per ogni Unità individuata, fornisca un utile quadro di insieme delle condizioni geotecniche nel tratto considerato.



| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica E12RBGE0000001C</p> | <p>Foglio 56 di 137</p> |

Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche, la successione può essere così definita:

- Le coperture rivenute localmente nei primi metri (CDS5, XA203B004) sono costituite da riporti, tipicamente materiali fortemente eterogenei. Non vi sono prove di sito e di laboratorio che permettano di caratterizzarlo con esattezza. Anche qualora fosse stata eseguita localmente qualche prova, il risultato non può essere estrapolato ad altre aree. Gli spessori sono tipicamente di 1-2 m, e le descrizioni ne riportano sempre una componente ghiaiosa, il che è perfettamente compatibile con la natura dei materiali di superficie. Relativamente agli spessori, si rimanda alla citata osservazione al punto 6.3
- Nei primi 10–15 m da p.c. le indagini indicano la presenza di ghiaia sabbiosa debolmente limosa mediamente addensata (unità 6), con un contenuto di fini non superiore a 20–30% (v. Figura 25) e N_{SPT} generalmente compresi tra 30 e 50 colpi/30cm, sebbene vi siano numerose registrazioni che superano i 70 colpi/30cm (v. Figura 24) ed anche test che hanno raggiunto le condizioni di rifiuto.
- Lo strato sottostante raggiunge le massime profondità indagate (50 m da p.c.) ed è costituito da sabbie debolmente ghiaiose debolmente limose (unità 4). È caratterizzato da uno stato di addensamento medio-alto (v. Figura 28), da un contenuto di fini compreso tra 10% e 30% e da una buona resistenza alla penetrazione. Si registrano valori di N_{SPT} generalmente compresi tra 20 e 50 colpi/30cm, con incremento con la profondità nell'intervallo $N_{SPT} = 50-70$ colpi/30cm.
- Per quanto riguarda i livelli argillosi presenti in profondità, si distinguono due passaggi distinti.
 - uno strato più discontinuo e sottile, generalmente al contatto ghiaie/sabbie (quota circa +35 m slm), dello spessore di 1 – 2 m;
 - uno strato più profondo e più continuo, di 3-5 m di spessore, posizionato all'incirca alla quota +15 m slm.

Sulla base dei criteri descritti nel capitolo 5, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio. Nelle figure sottoindicate sono riportati i risultati delle analisi e dell'interpretazione delle prove in sito, suddivise per le diverse unità definite al punto 6.3, e più in particolare:

- Caratteristiche granulometriche (Figura 25, Figura 26 e Figura 27)
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 28 e Figura 29);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 30 e Figura 31);
- Limiti di Atterberg e carta di plasticità di Casagrande (v. Figura 32, Figura 33 e Figura 34);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove SPT (v. Figura 35 e Figura 36);

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 57 di 137 |

- Modulo di taglio alle piccole deformazioni, a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 37 e Figura 38).

Si osserva quanto segue.

- Complessivamente, i materiali risultano caratterizzati da una buona resistenza alla penetrazione, con alcuni valori a rifiuto nei primi metri di profondità, in corrispondenza delle ghiaie.
- Per l'unità ghiaiosa si calcolano densità relative di 35-65%, mentre per le sabbie sottostanti $D_R = 40-80\%$.
- Si stimano angoli di attrito compresi tra 39° e 42° per l'unità ghiaiosa (anche in questo caso facendo riferimento alla buona gradazione del materiale), mentre per gli strati sabbiosi molto addensati le interpretazioni indicano angoli di attrito compresi tra 37° e 41° .
- Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. rif. [6]) conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente addensati ad addensati. Nello strato ghiaioso superficiale si hanno velocità comprese tra 220 m/s e 300 m/s, crescenti con la profondità. Le velocità delle onde di taglio all'interno dello strato sabbioso in profondità sono invece da ritenersi costanti e pari a 250-320 m/s.
- Per lo strato ghiaioso si stima un modulo di taglio a piccole deformazioni (G_0) compreso tra 100 MPa e 180 MPa. Valori paragonabili sono stati calcolati per lo strato di sabbie profonde, in cui $G_0 = 150-200$ MPa.

I parametri caratteristici suggeriti per le unità individuate sono riportati nel capitolo 7.

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+942 - pk 7+600

N_{SPT} (colpi/30cm)

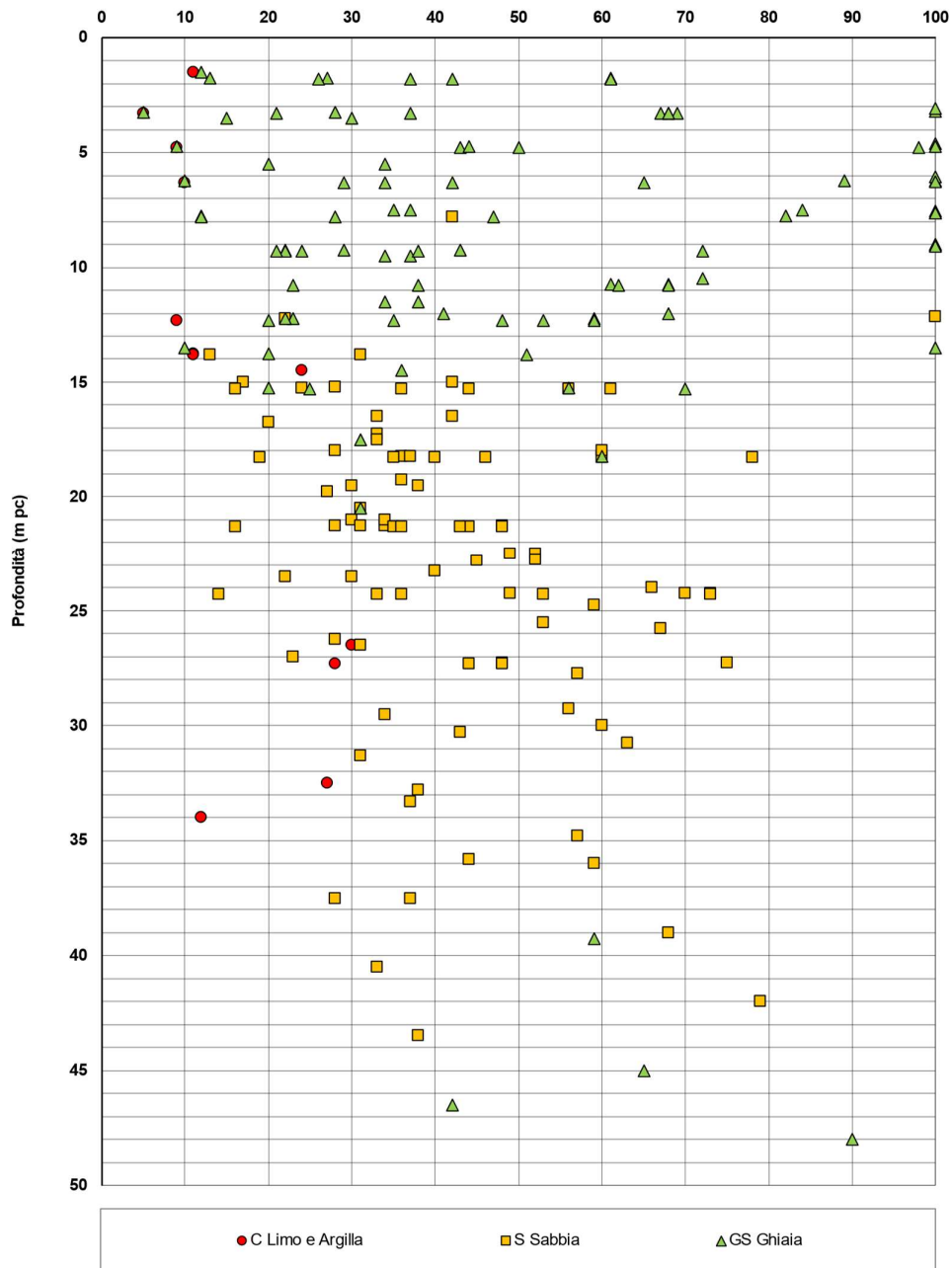


Figura 24 – Esito delle prove SPT tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 4+942,00 a pk 7+600,00

Contributi granulometrici (%)

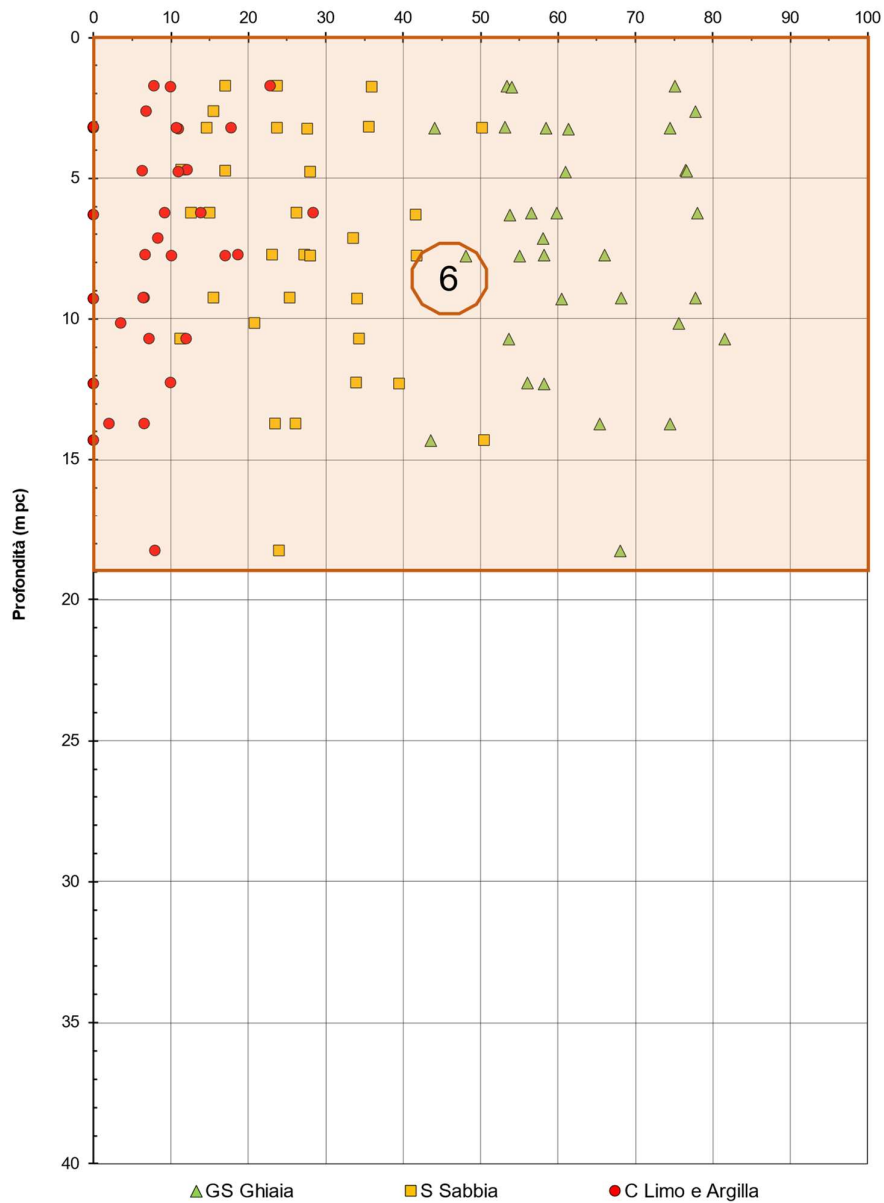


Figura 25 – Caratteristiche granulometriche Unità 6 tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 4+942,00 a pk 7+600,00

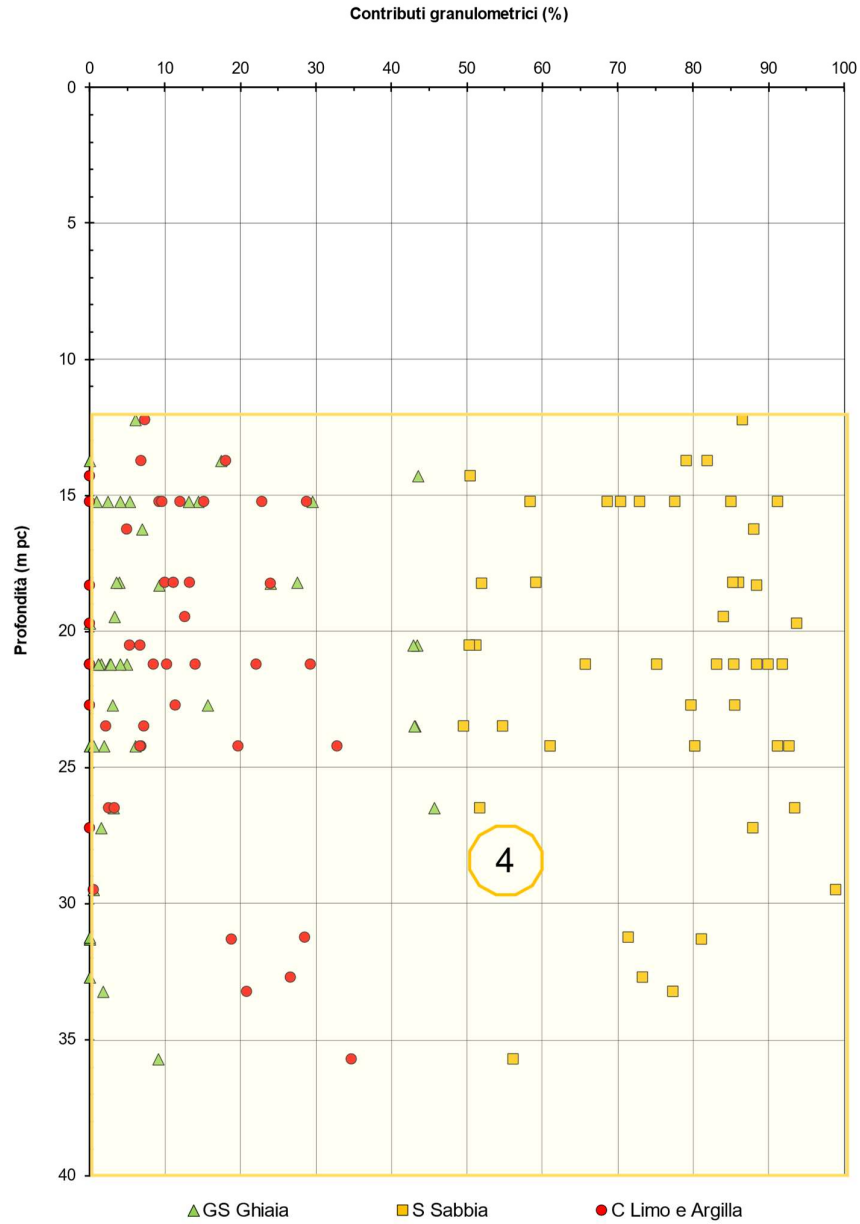


Figura 26 – Caratteristiche granulometriche Unità 4 tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 4+942,00 a pk 7+600,00

Contributi granulometrici (%)

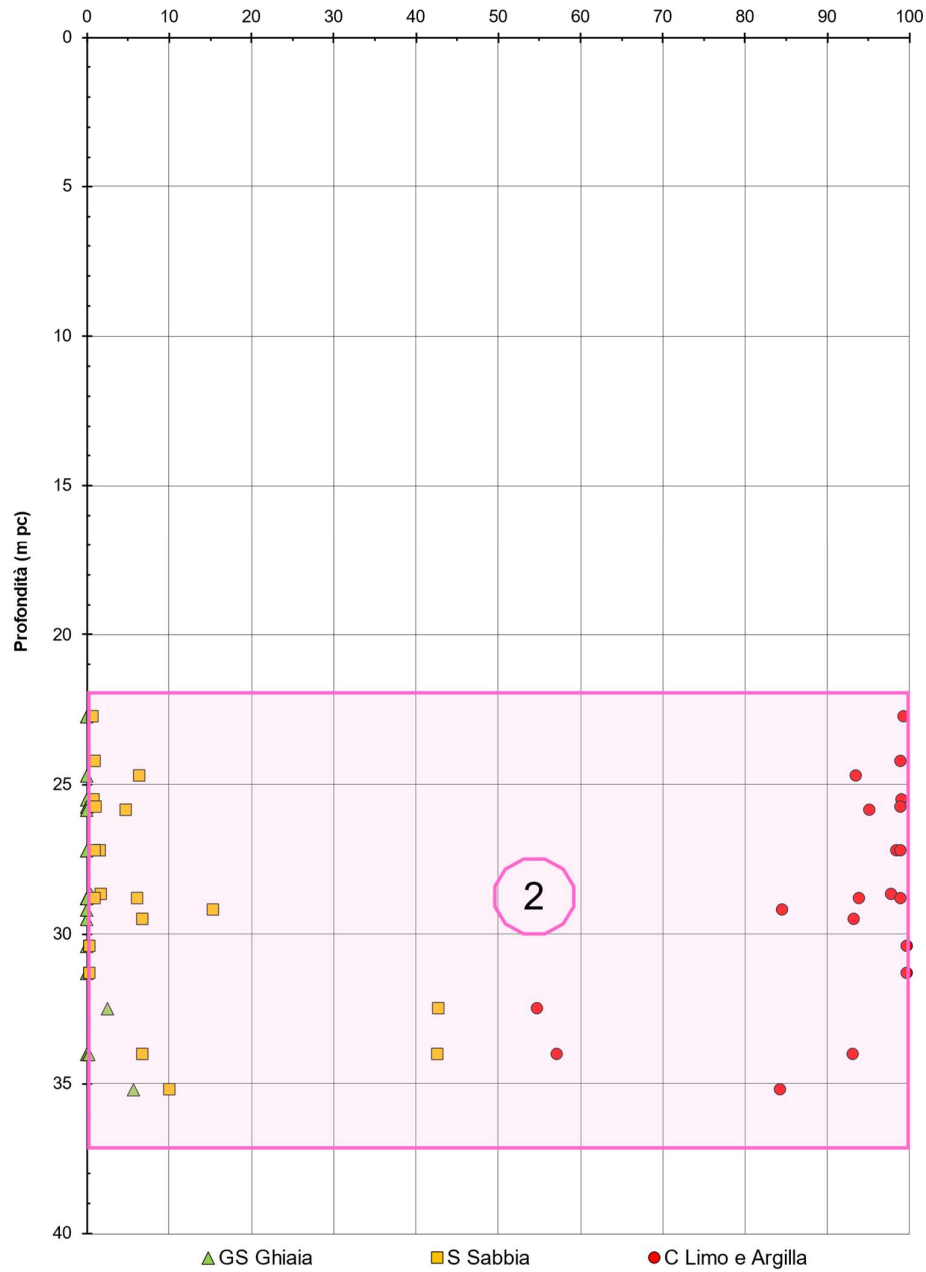


Figura 27 – Caratteristiche granulometriche Unità 2 tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+942 - pk 7+600



Figura 28 – Densità relativa da prove SPT Unità 6 tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+942 - pk 7+600

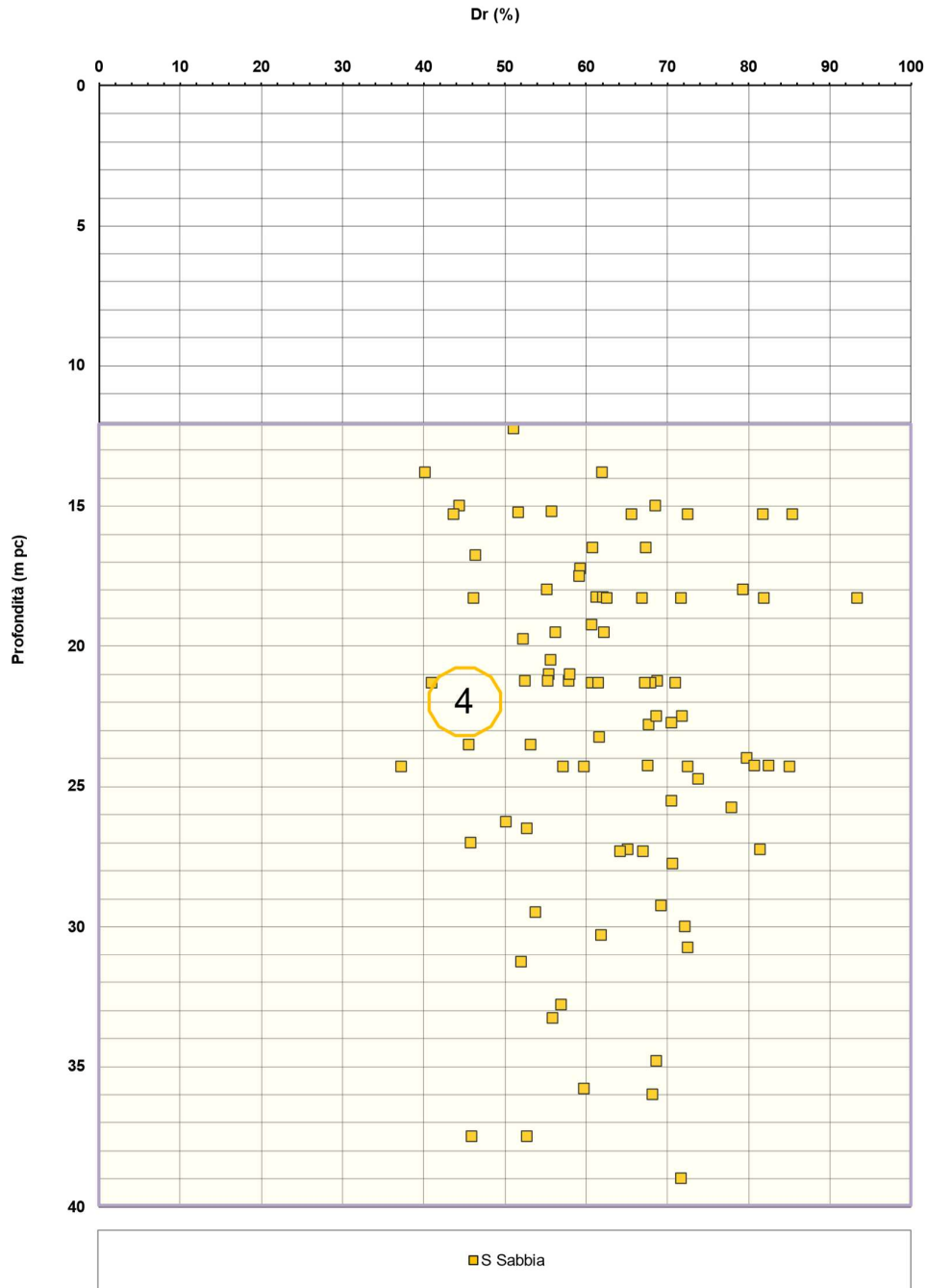


Figura 29 – Densità relativa da prove SPT Unità 4 tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+942 - pk 7+600

ϕ' (°)

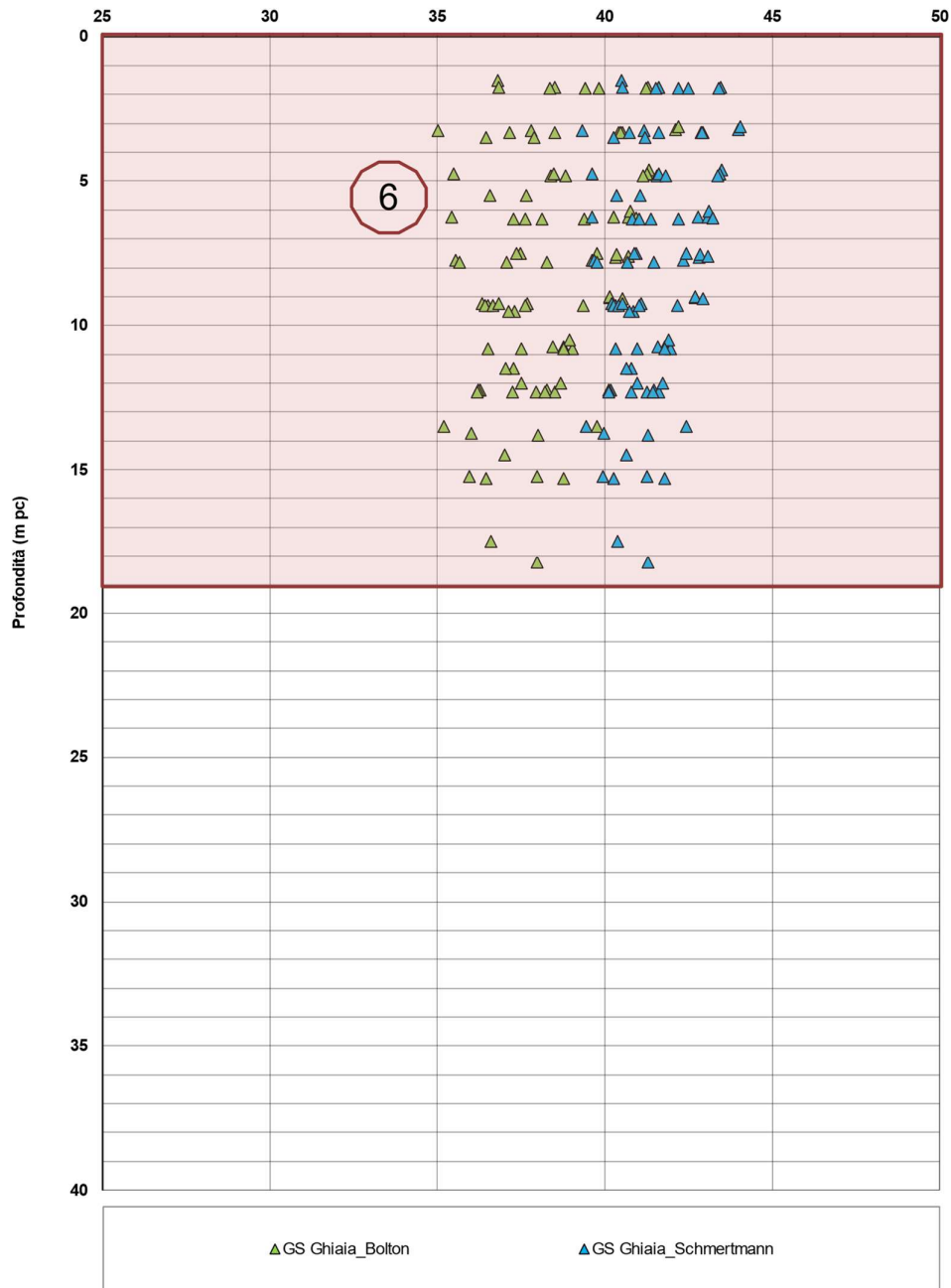


Figura 30 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 6 tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+942 - pk 7+600

ϕ' (°)

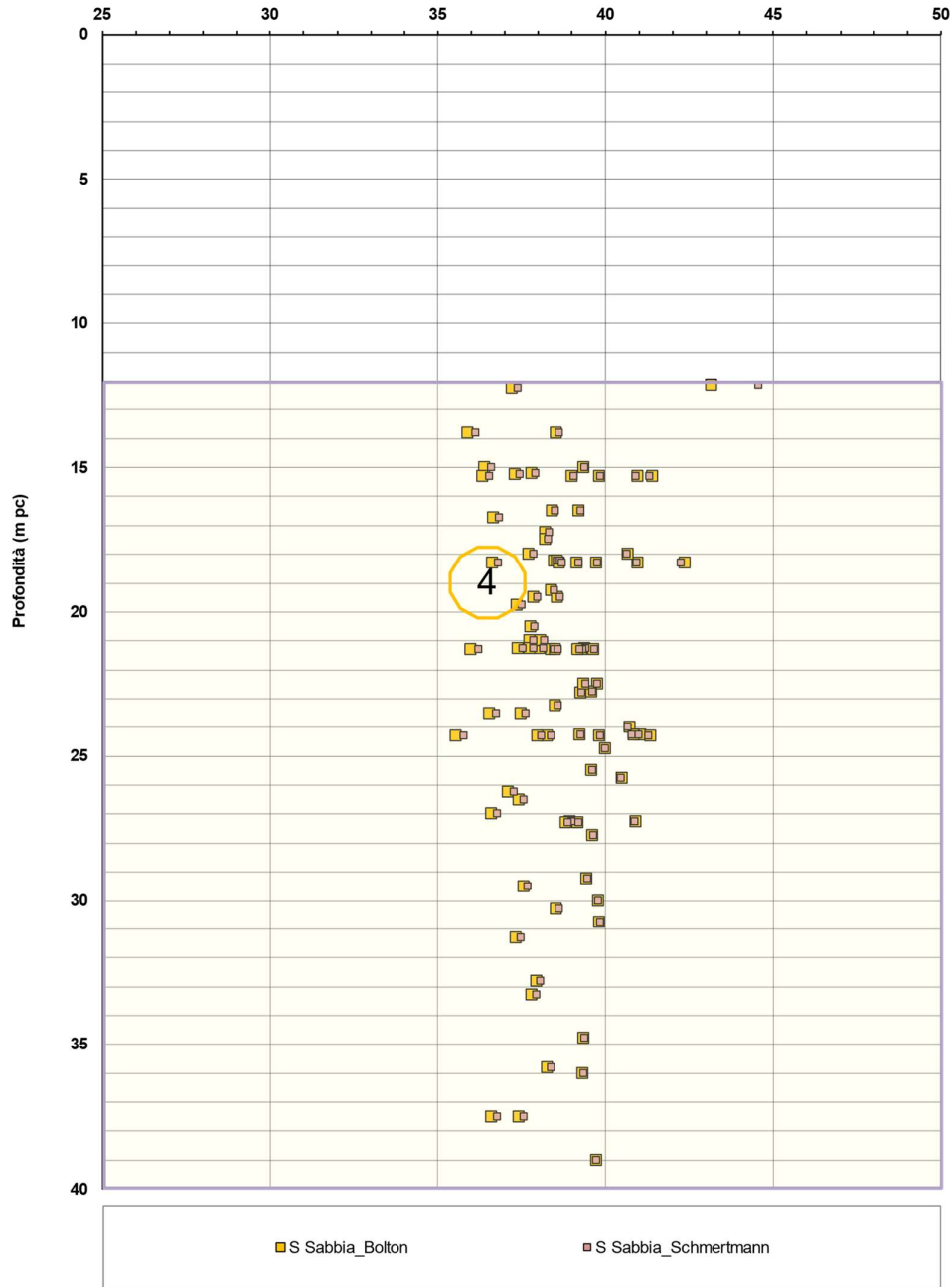


Figura 31 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 4 tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 4+942,00 a pk 7+600,00

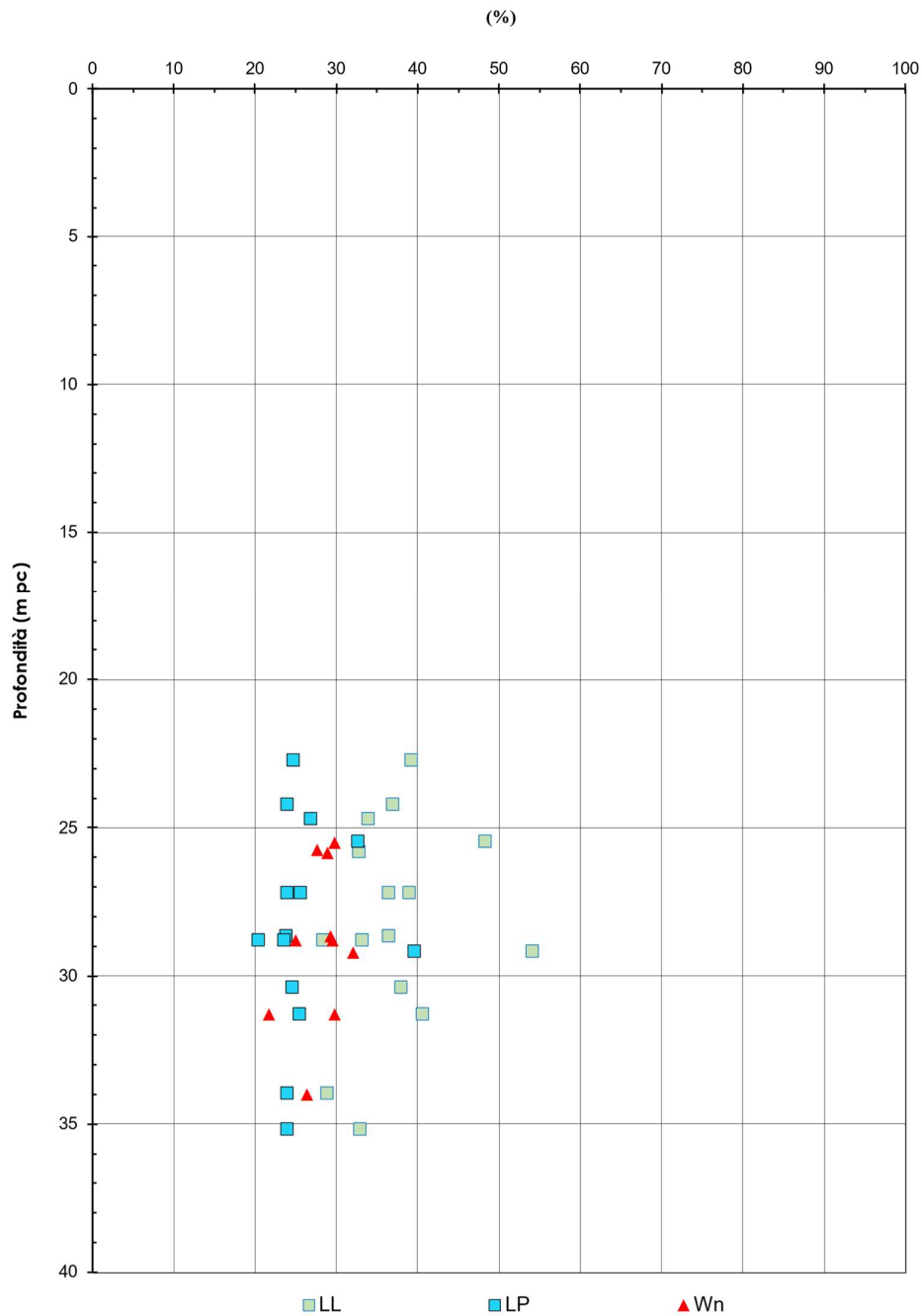


Figura 32 – Unità 2 Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 4+942,00 a pk 7+600,00

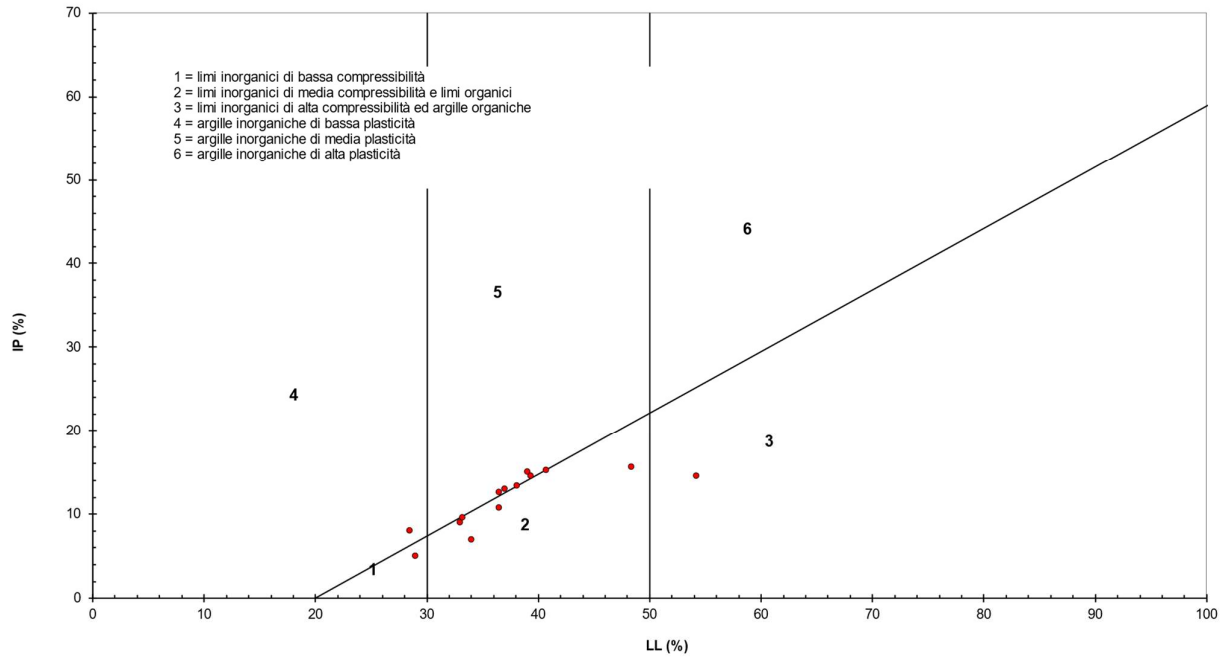


Figura 33 – Unità 2 -Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 4+942,00 a pk 7+600,00

Ic
(-)

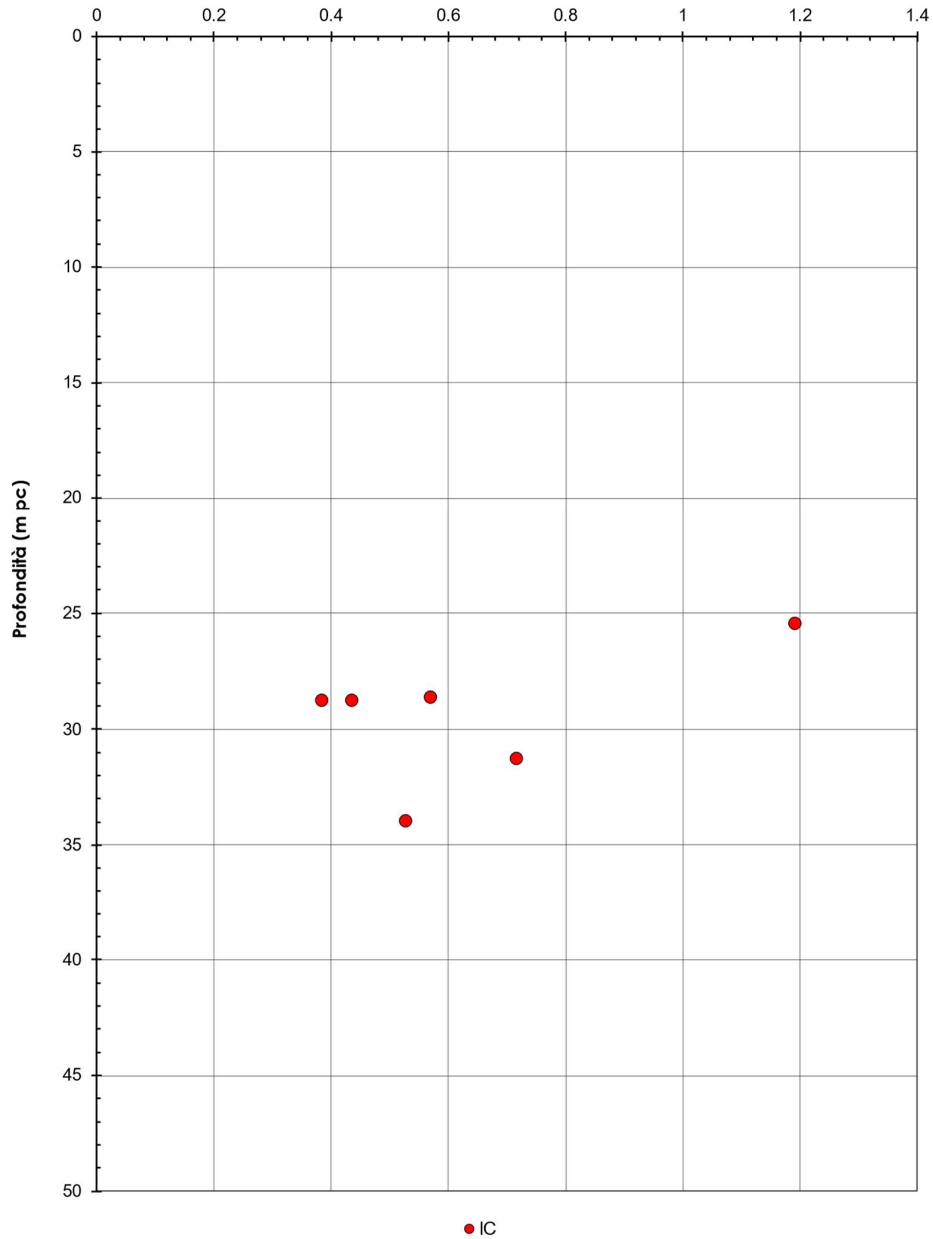


Figura 34 – Unità 2- Indice di consistenza tra pk 4+942 e pk 7+600

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+000 - pk 5+879

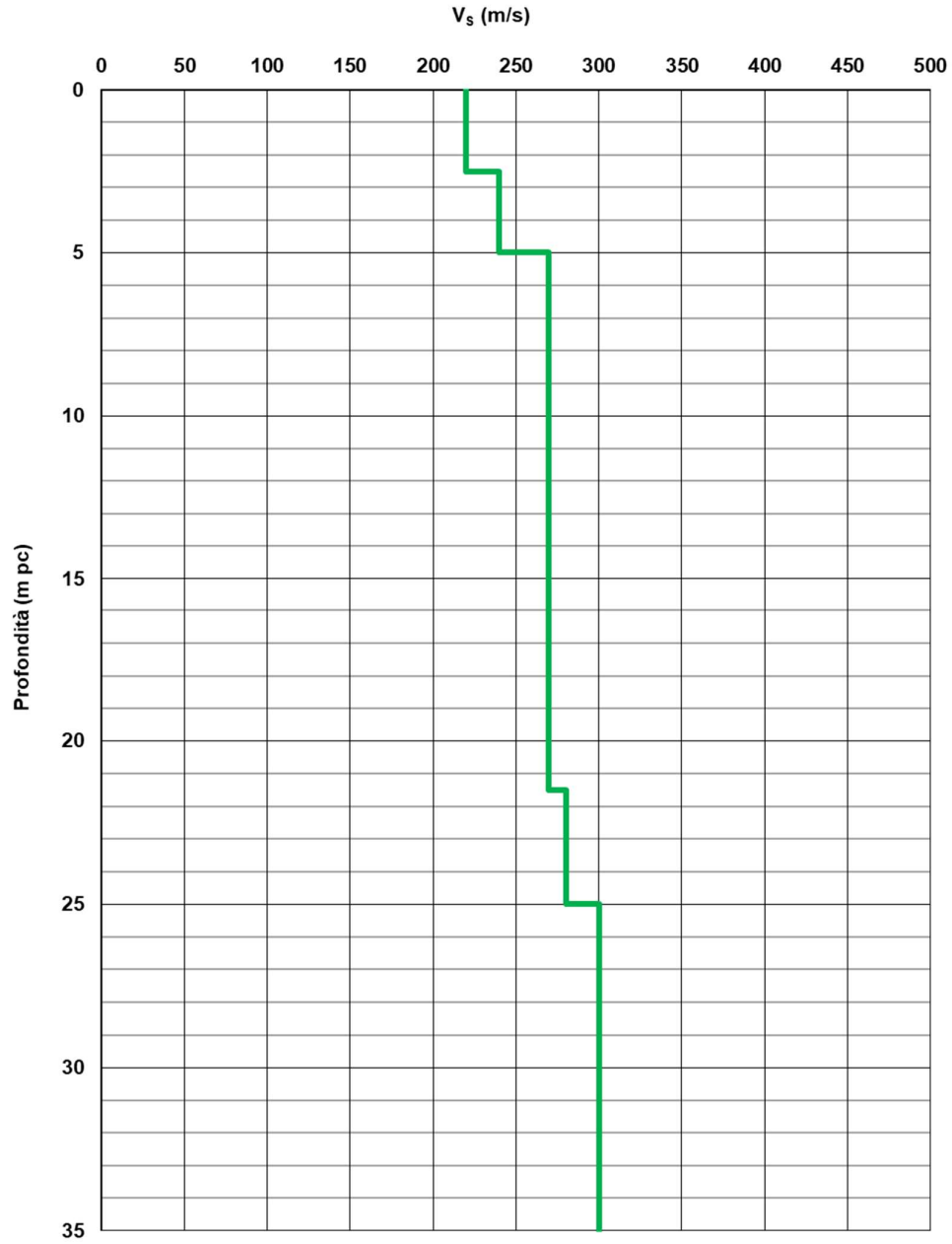


Figura 35 – Profilo di velocità V_s tra pk 4+000 e pk 5+879 (Doc. rif. [6])

AV/AC VERONA VICENZA

pk 5+879 - pk 7+555

V_s (m/s)

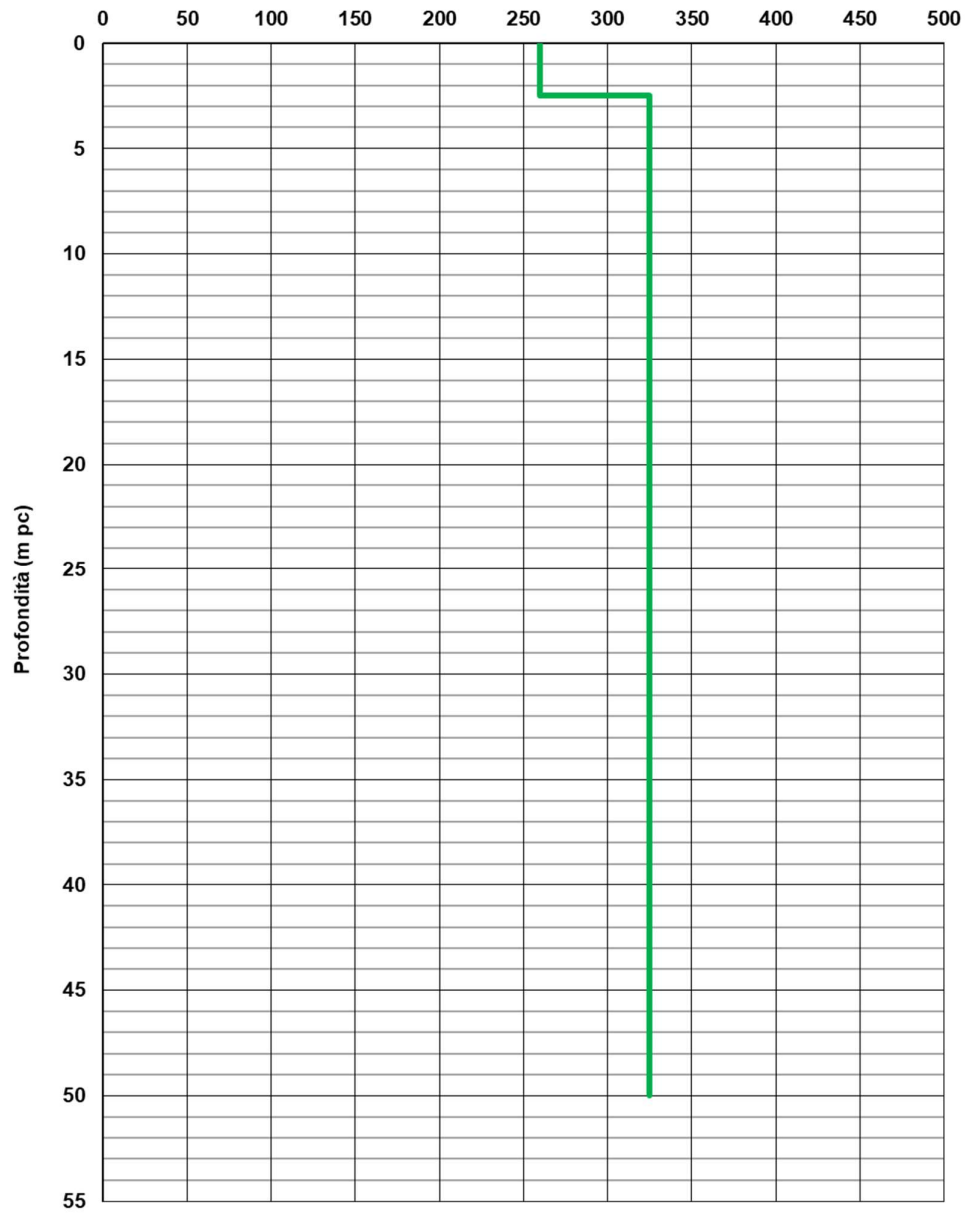


Figura 36 – Profilo di velocità V_s tra pk 5+879 e pk 7+555 (Doc. rif. [6])

AV/AC VERONA VICENZA

pk 4+000 - pk 5+879

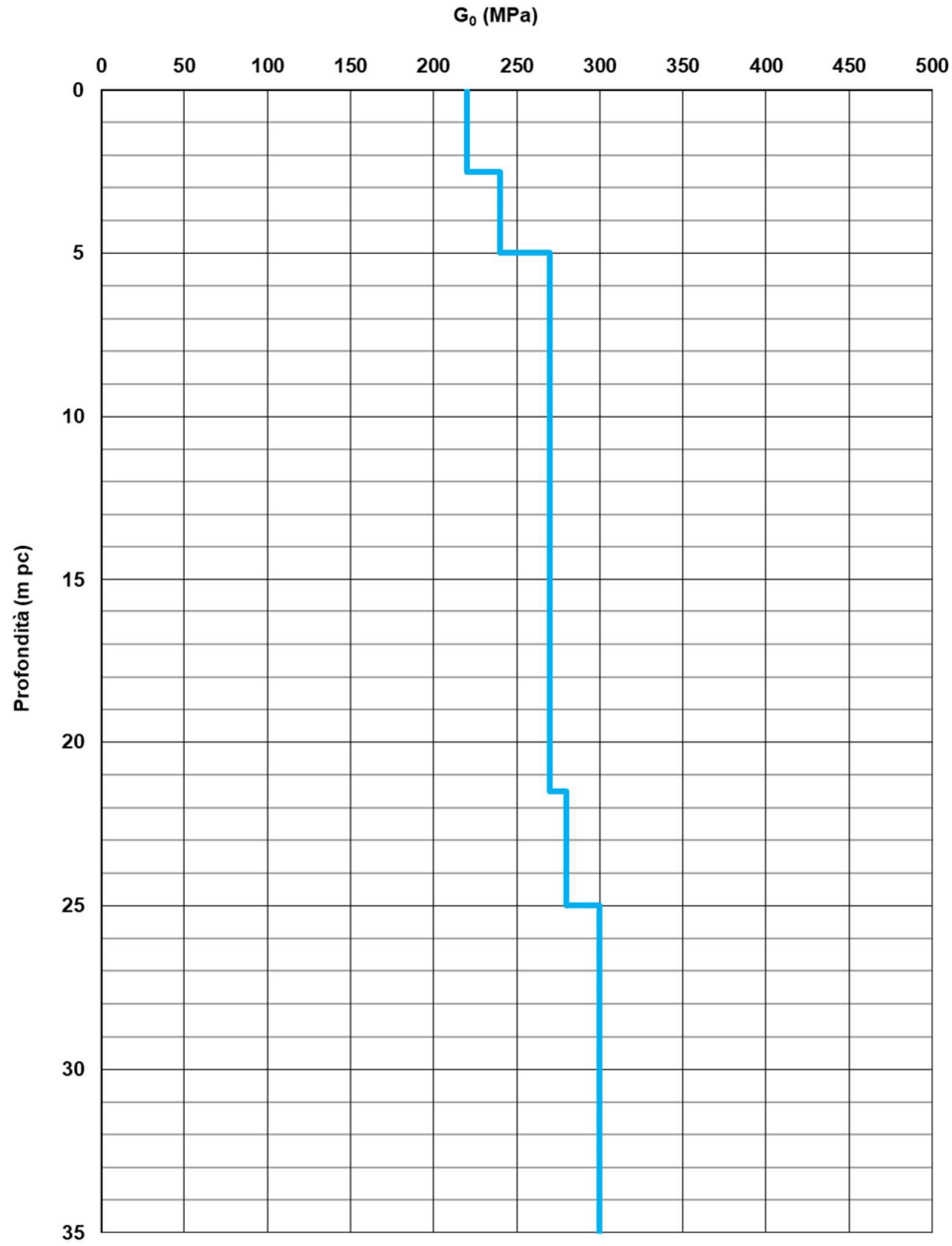


Figura 37 – Modulo di taglio G_0 tra pk 4+000 e pk 5+879

AV/AC VERONA VICENZA

pk 5+879 - pk 7+555

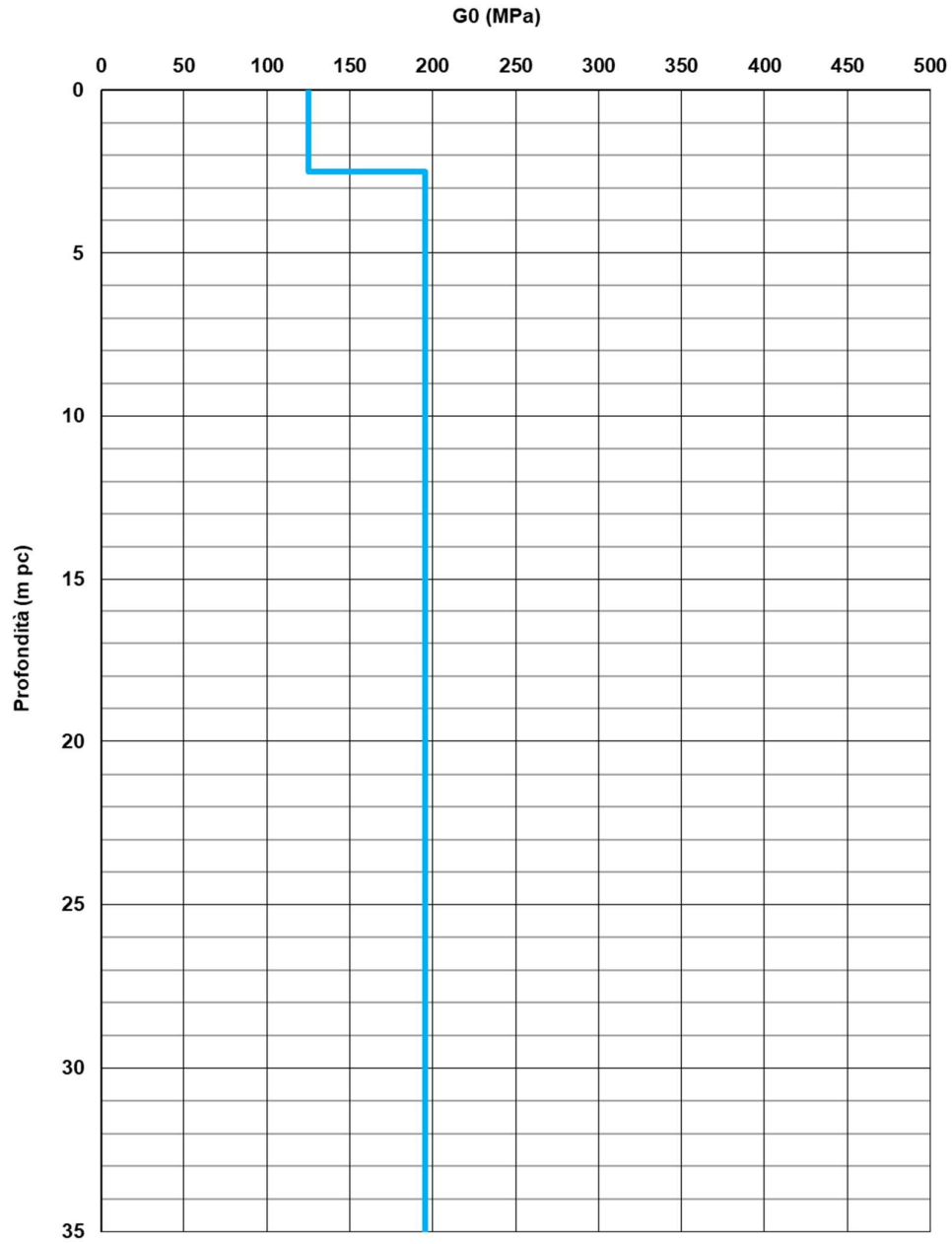




Figura 38 – Modulo di taglio G₀ tra pk 5+879 e pk 7+555

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 73 di 137 |

6.6 Tratto compreso fra pk 7+600 e pk 10+050

Il tratto in questione riguarda l'intero sviluppo del Viadotto Fibbio. Lungo i 2400 m circa di sviluppo del viadotto sono stati eseguiti sondaggi a carotaggio continuo (BH, SPA, SP e SA), prove penetrometriche dinamiche e statiche (CPTU) e prove cross-hole (CH).



Tabella 17 - Indagini tra pk 7+600 e pk 10+050

| Progressiva Pk | Indagini ID | Campagna Anno |
|-------------------|------------------|------------------|
| 7+600 | CPTU1 | 2014/2015 |
| 7+600 | SPA9 | 2014/2015 |
| 7+610 | CPTU2 | 2014/2015 |
| 7+670 | CPTU3 e CPTU3bis | 2014/2015 |
| 7+670 | SPA10 | 2014/2015 |
| 7+692 | BH-PE-16 | 2020-2021 |
| 7+960 | BH-PE-16Bis | 2020-2021 |
| 7+975 | SPA9bis | 2014/2015 |
| 8+161 | BH-PE-17 | 2020-2021 |
| 8+440 | SP11 | 2014/2015 |
| 8+440 | CH2 | 2014/2015 |
| 8+440 | CPTU7 | 2014/2015 |
| 8+790 | BH-PE-18Bis | 2020-2021 |
| 8+808 | BH-PZ-PE-18 | 2020-2021 |
| 8+850 | SPA12bis | 2014/2015 |
| 8+980 | SA203P008 | 2002 |
| 9+240 | SPAA13 | 2014/2015 |
| 9+524 | BH-PZ-PE-19 | 2020-2021 |
| 9+670 | SPA13bis | 2014/2015 |
| 9+976 | BH-PE-20 | 2020-2021 |
| 9+985 | SA203P009 | 2002 |
| 10+000 | BH-PE-20Bis | 2020-2021 |
| 10+020 | SP14bis | 2014/2015 |
| 10+030 | CH3 | 2014/2015 |
| 10+030 | CPTU15 | 2014/2015 |

La Figura 39 riporta l'insieme delle prove SPT eseguite nel tratto considerato, identificando la frazione granulometrica prevalente del materiale nella quale l'SPT è stato eseguito. Si ritiene che la rappresentazione dell'insieme dei dati, che verranno comunque interpretati separatamente per ogni Unità individuata, fornisca un utile quadro di insieme delle condizioni geotecniche nel tratto considerato.

Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche, la successione può essere così definita:

- Nei primi metri di profondità si individua la presenza di alluvioni recenti di limi sabbiosi e argillosi,

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica E12RBGE0000001C</p> | <p>Foglio 74 di 137</p> |



talora alternati in spessori da decimetrici a metrici (Unità 3a e 3b). Si tratta quindi di uno strato di composizione eterogenea, avente uno spessore variabile da 2 m a 5 m. Le resistenze penetrometriche registrate indicano la presenza di alternanze con modesta resistenza alla punta (2-4 MPa), tipica comunque di materiali argillosi compatti e sabbie sciolte o mediamente addensate. In corrispondenza di una verticale (CPTU3-3bis), vi sono livelli superficiali potenzialmente liquefacibili di cui si parlerà più estesamente al punto 0.

- Lo strato sottostante (unità 6) è composto da uno spesso livello di ghiaie e sabbie mediamente addensate, con un contenuto di fini non superiore a 20% ed in cui si registrano N_{SPT} generalmente compresi tra 20 colpi/30cm e 70 colpi/30cm (v. Figura 39); in taluni casi, durante l'esecuzione di prove SPT si raggiungono le condizioni di rifiuto.
- A profondità maggiori di 10-15 m da p.c. si riscontra praticamente ovunque un spesso strato di sabbie addensate (unità 4), presente sino alle massime profondità indagate (50 m), caratterizzato da valori di N_{SPT} medio-alti (compresi tra 15 colpi/30cm e 60 colpi/30cm) e $q_c = 10-15$ MPa.
- All'interno dell'unità 4, si trovano livelli argillosi compatti (unità 2), posti generalmente a quote diverse: un primo livello fra i 15 e i 20 m da p.c., ed un secondo più profondo, verso i 30-35 da p.c., che tendenzialmente si esaurisce spostandosi verso Est.

Sulla base dei criteri descritti nel capitolo 5, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio. Nelle figure sottoindicate sono riportati i risultati delle analisi e dell'interpretazione delle prove in sito, suddivise per le diverse unità definite al punto 6.3, e più in particolare:

- Caratteristiche granulometriche delle diverse Unità (Figura 40, Figura 41 e Figura 42)
- Densità relativa stimata da prove SPT (Figura 43, Figura 44);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (Figura 45 Figura 46);
- Limiti di Atterberg, indice di consistenza e carta di plasticità di Casagrande dell'Unità 2 (Figura 47, Figura 48e Figura 49);
- Resistenza al taglio non drenata da prove di lab (Figura 50)
- Velocità delle onde di taglio (v. Figura 51);
- Modulo di taglio a piccole deformazioni (v. Figura 52).

Si osserva quanto segue.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 75 di 137 |

- A profondità maggiori di 3-5 m i depositi sono per buona parte caratterizzati da resistenza penetrometriche SPT maggiori di 20 colpi/30cm e mediamente comprese tra 30 e 50 colpi/30cm. Nello strato superiore ghiaioso, i valori sono mediamente più elevati, nel campo 40-80, con alcuni dati a rifiuto.
- Tutti i terreni granulari si presentano ben gradati. Le ghiaie di superficie presentano ciottoli di dimensione considerevole, anche fino a 70-100 mm di diametro equivalente.
- Per l'unità 6 ghiaiosa si sono stimati intervalli di densità relativa $D_R = 30 \div 70\%$, mentre per le sabbie (unità 4) sottostanti $D_R = 40 \div 75\%$.
- Si stimano angoli di attrito compresi tra 39° e 42° per l'unità ghiaiosa, mentre per gli strati sabbiosi molto addensati le interpretazioni indicano angoli compresi tra 36° e 40° . In virtù della buona gradazione, si può fare riferimento ai valori più elevati.
- I materiali argillosi dell'Unità 2 sono composti da limi argillosi a bassa plasticità, da consistenti a molto consistenti, con resistenze al taglio non drenate variabili fra 70 e 250 kPa.
- Il profilo di Vs derivante dalle interpretazioni illustrate nella Relazione Sismica (Doc. rif. [6]) conferma la presenza di uno strato di depositi di consistenza media nei primi metri di profondità ($V_s=200$ m/s) , al di sotto del quale giacciono materiali caratterizzati da $V_s = 300-350$ m/s.
- A partire dai risultati delle indagini sismiche, lo strato di depositi incoerenti risulta essere caratterizzato da un modulo di taglio alle piccole deformazioni (G_0) compreso tra 160 MPa e 230 MPa.

I parametri caratteristici suggeriti per le unità individuate sono riportati nel capitolo 7.

AV/AC VERONA VICENZA

pk 7+600 - pk 10+050

N_{SPT} (colpi/30cm)

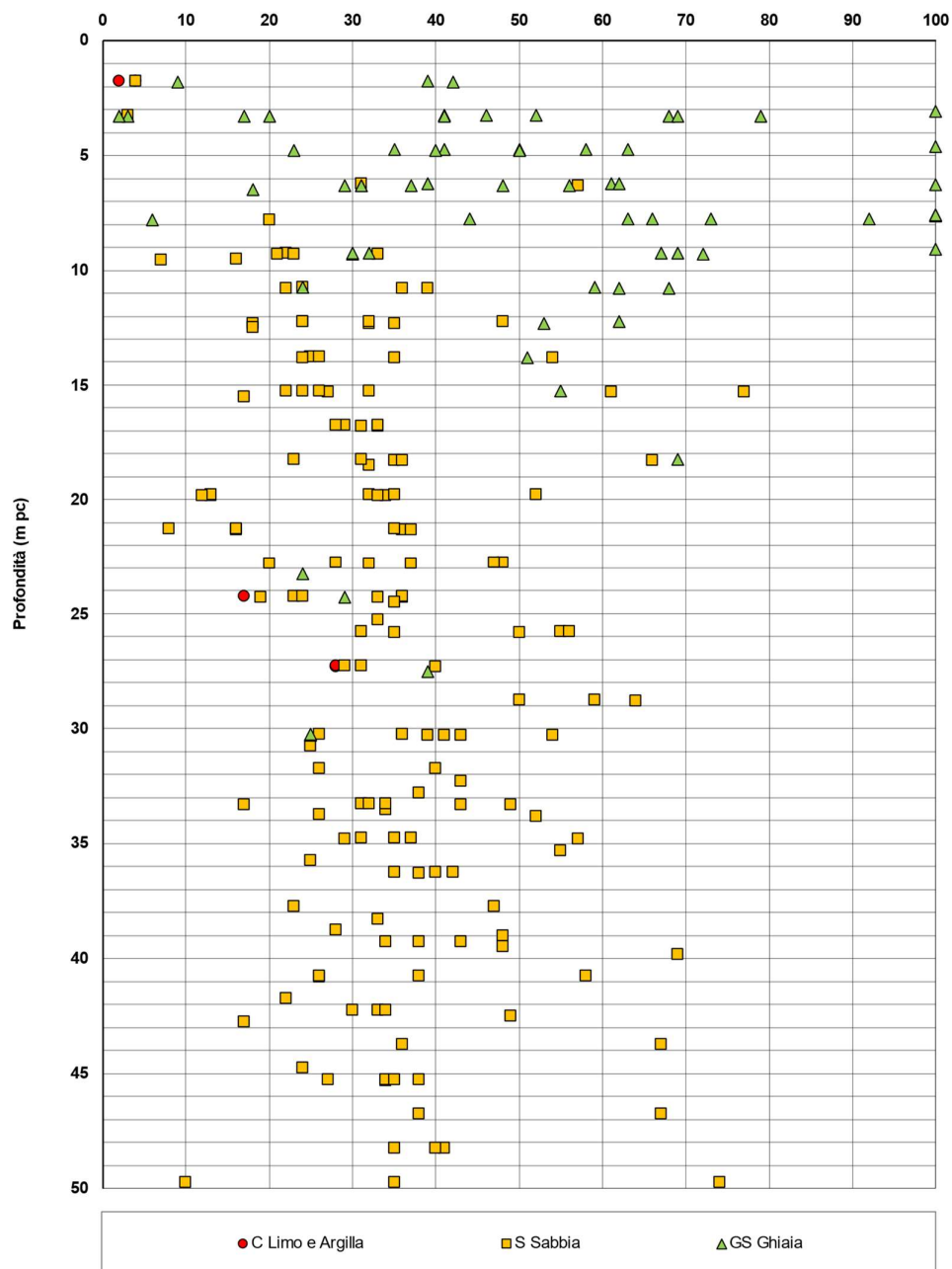


Figura 39 – Esito delle prove SPT tra pk 7+600 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 7+600,00 a pk 10+050,00

Contributi granulometrici (%)

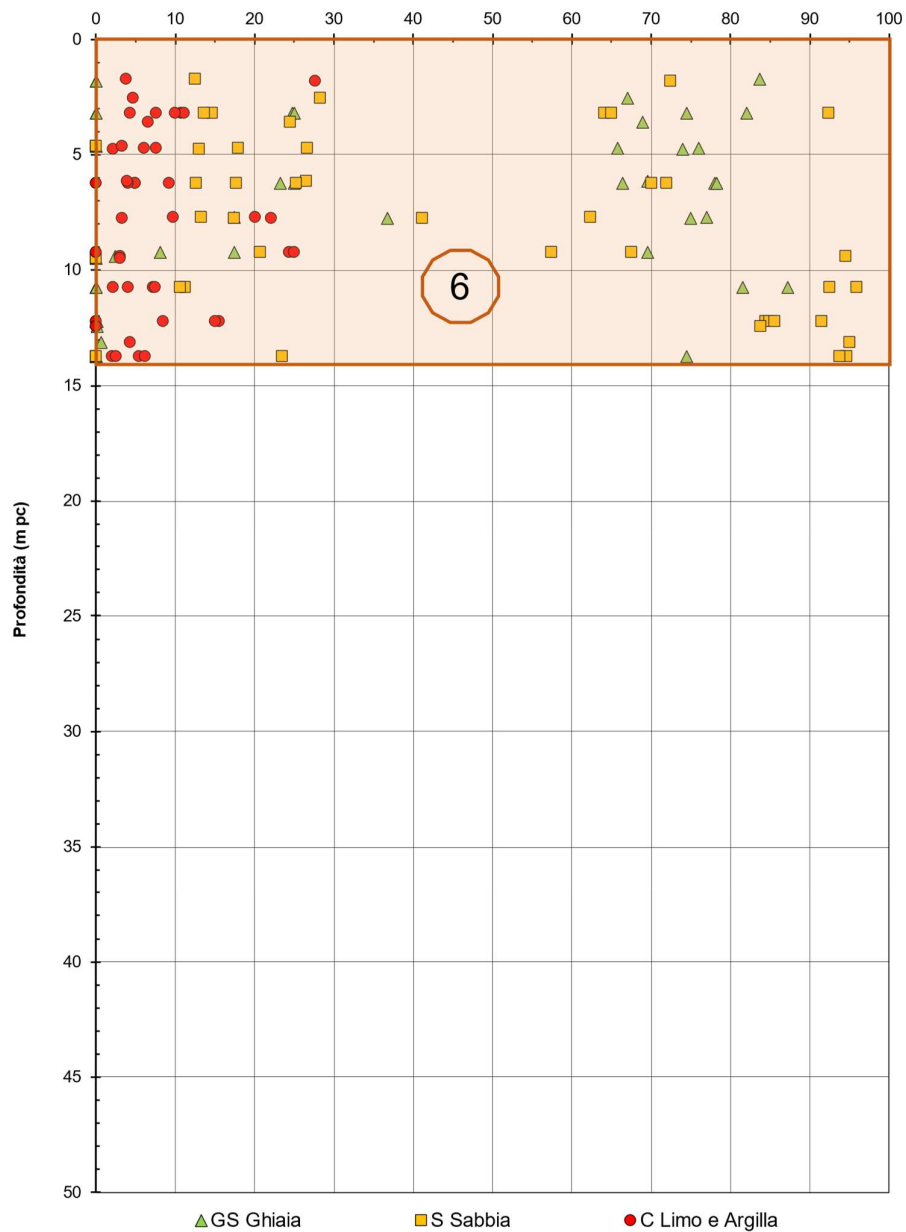


Figura 40 – Caratteristiche granulometriche Unità 6 tra pk 7+600 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 7+600,00 a pk 10+050,00

Contributi granulometrici (%)

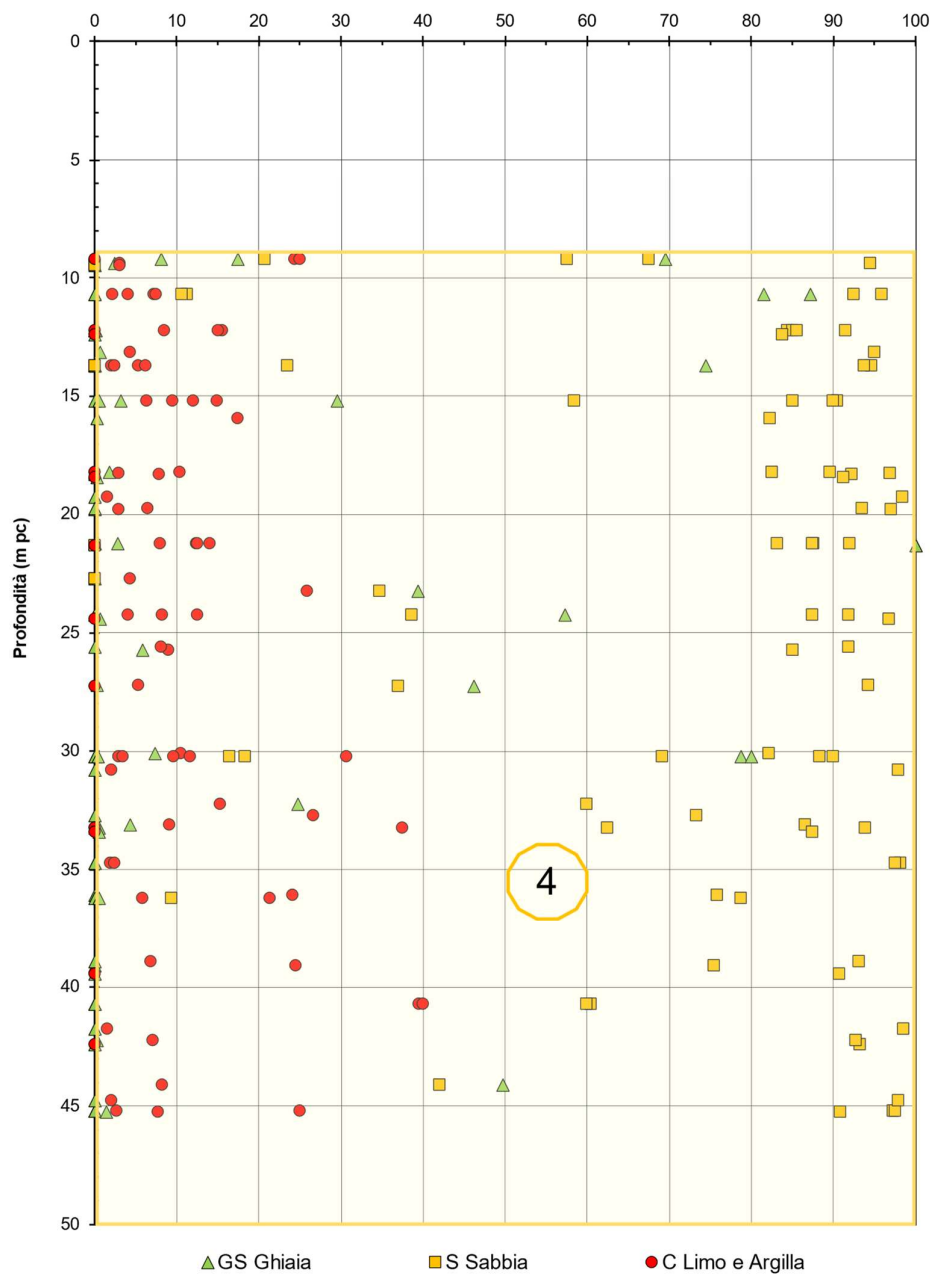


Figura 41 – Caratteristiche granulometriche Unità 4 tra pk 7+600 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 7+600,00 a pk 10+050,00

Contributi granulometrici (%)

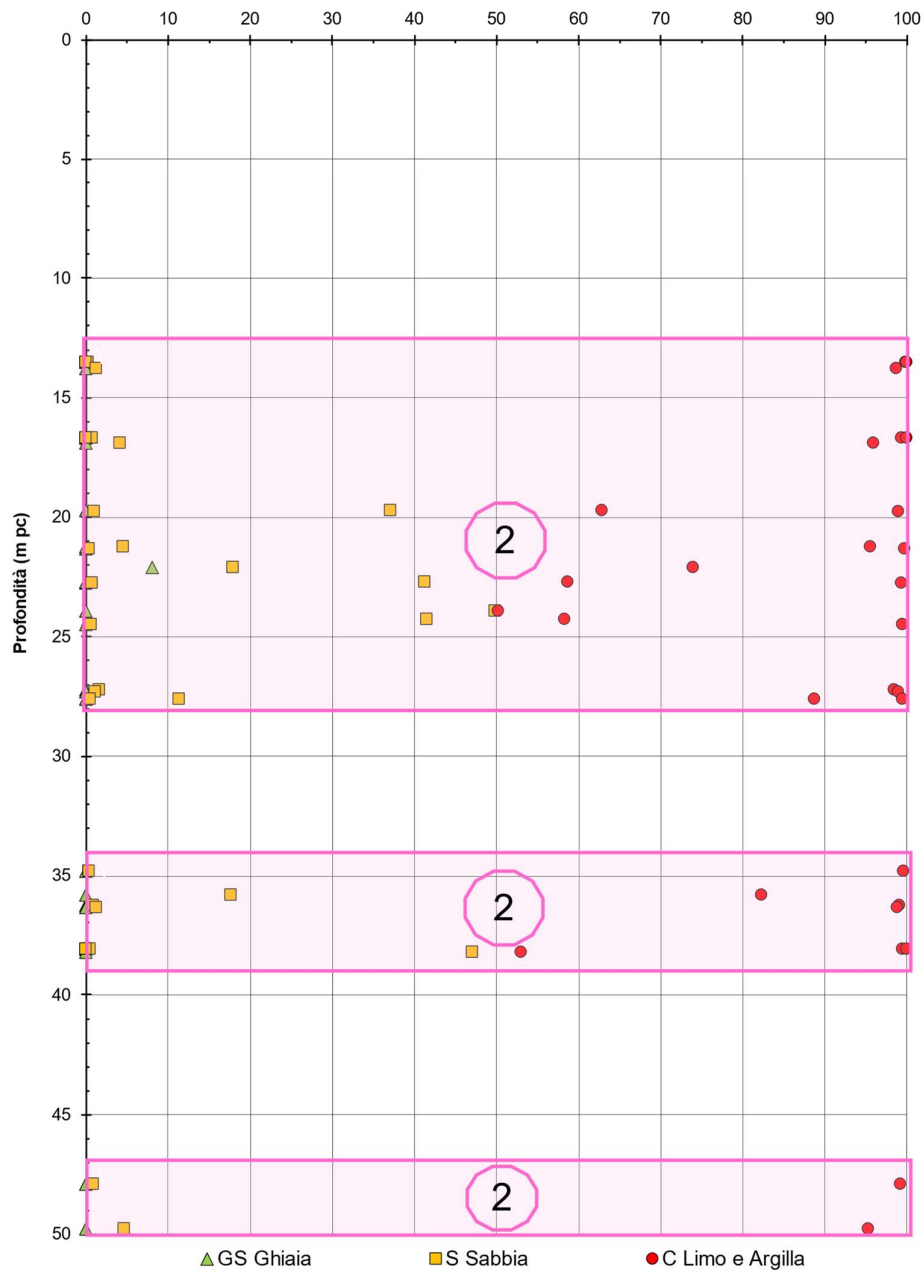


Figura 42 – Caratteristiche granulometriche Unità 2 tra pk 7+600 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

pk 7+600 - pk 10+050

Dr (%)

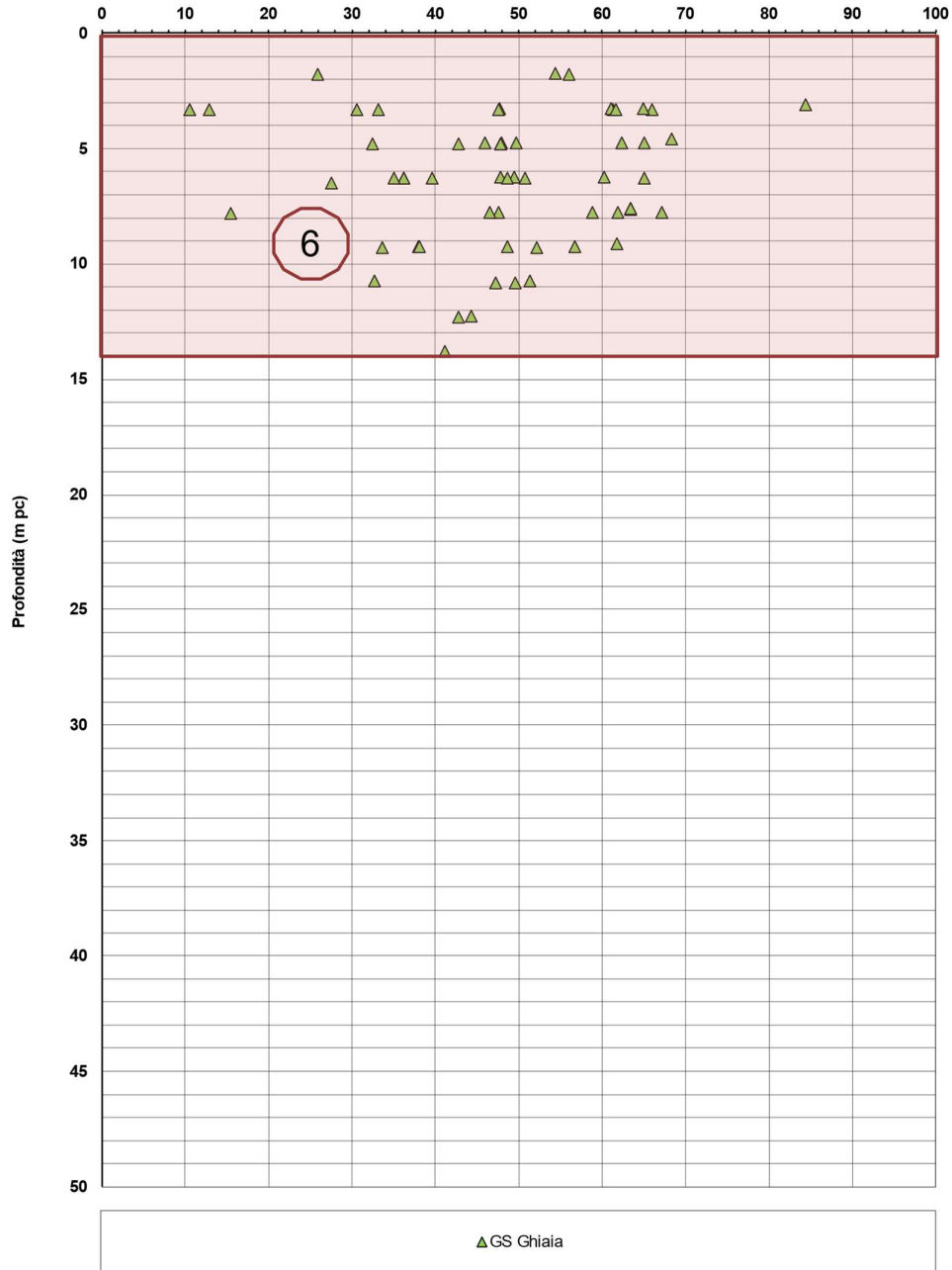


Figura 43 – Densità relativa da prove SPT Unità 6 tra pk 7+600 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

pk 7+600 - pk 10+050

Dr (%)

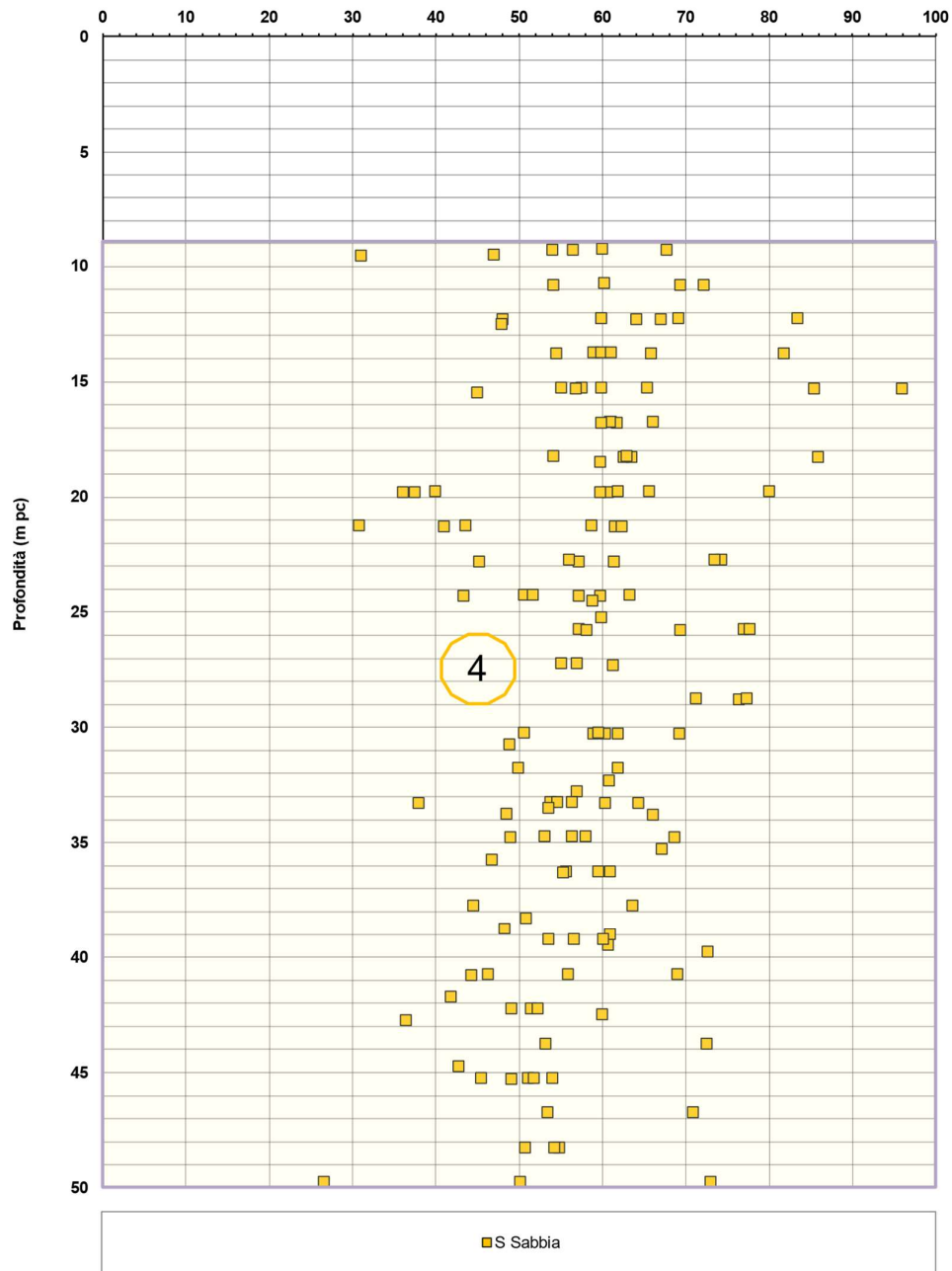


Figura 44 – Densità relativa da prove SPT Unità 4 tra pk 7+600 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

pk 7+600 - pk 10+050

ϕ' (°)

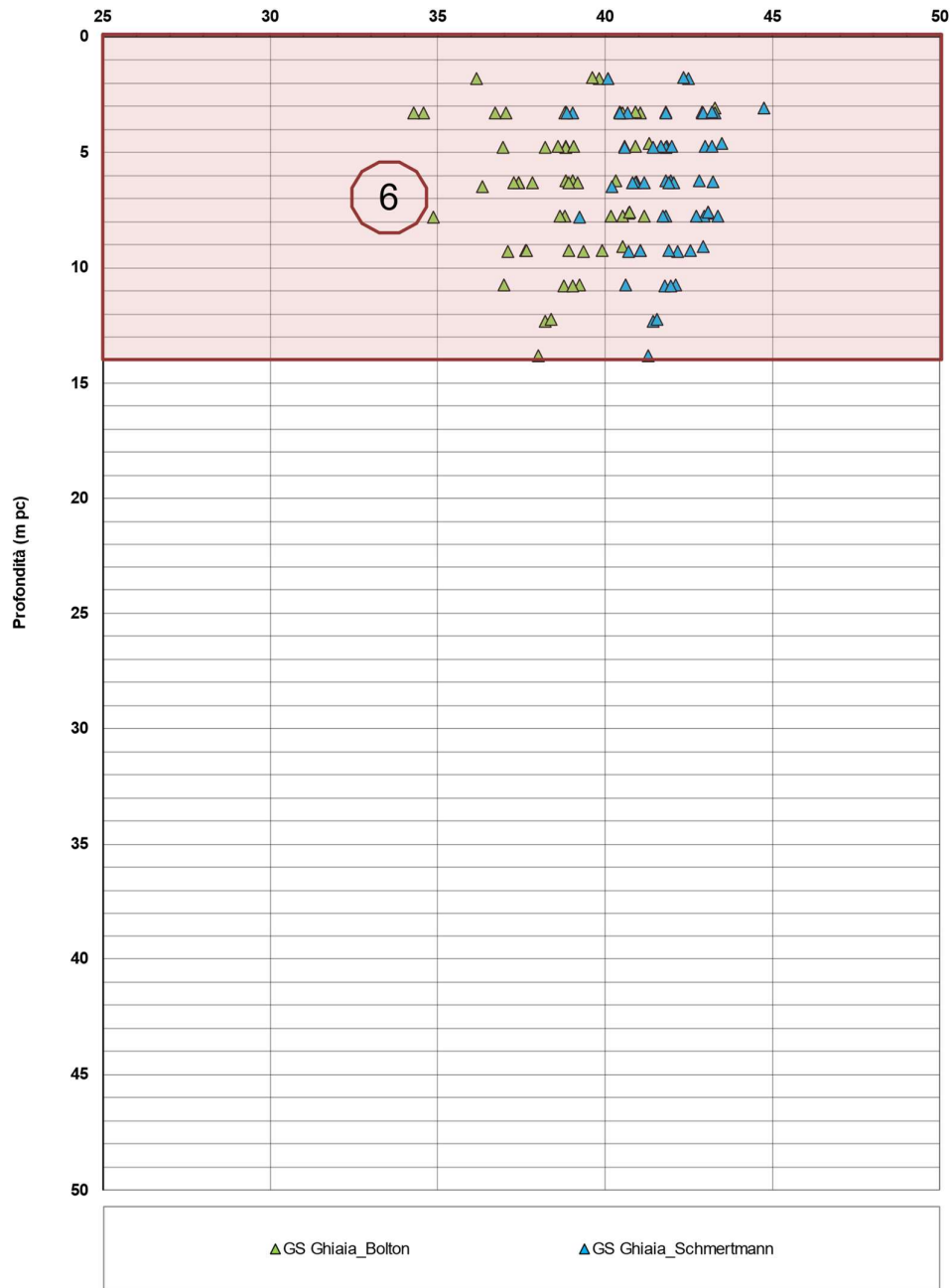


Figura 45 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 6 tra pk 7+600 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

pk 7+600 - pk 10+050

ϕ' (°)

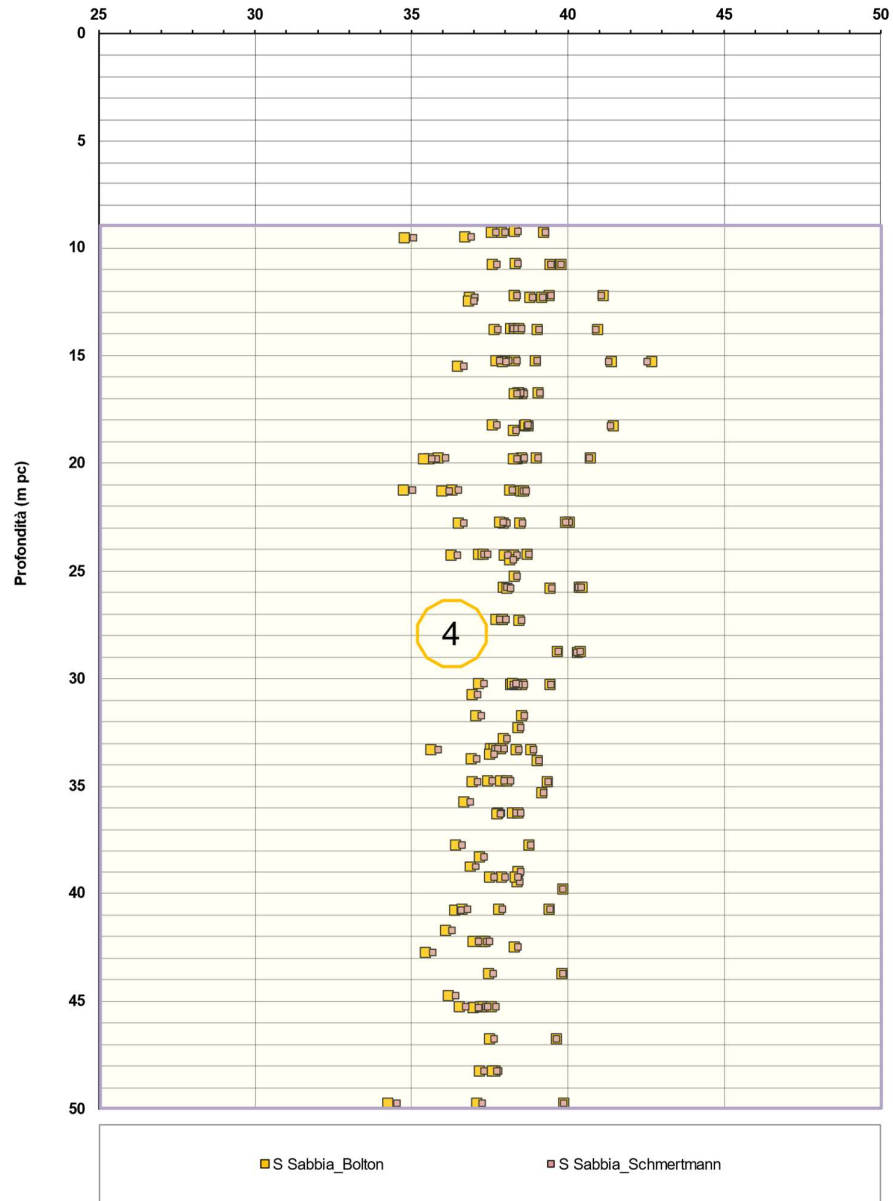


Figura 46 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 4 tra pk 7+600 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 7+600,00 a pk 10+050,00

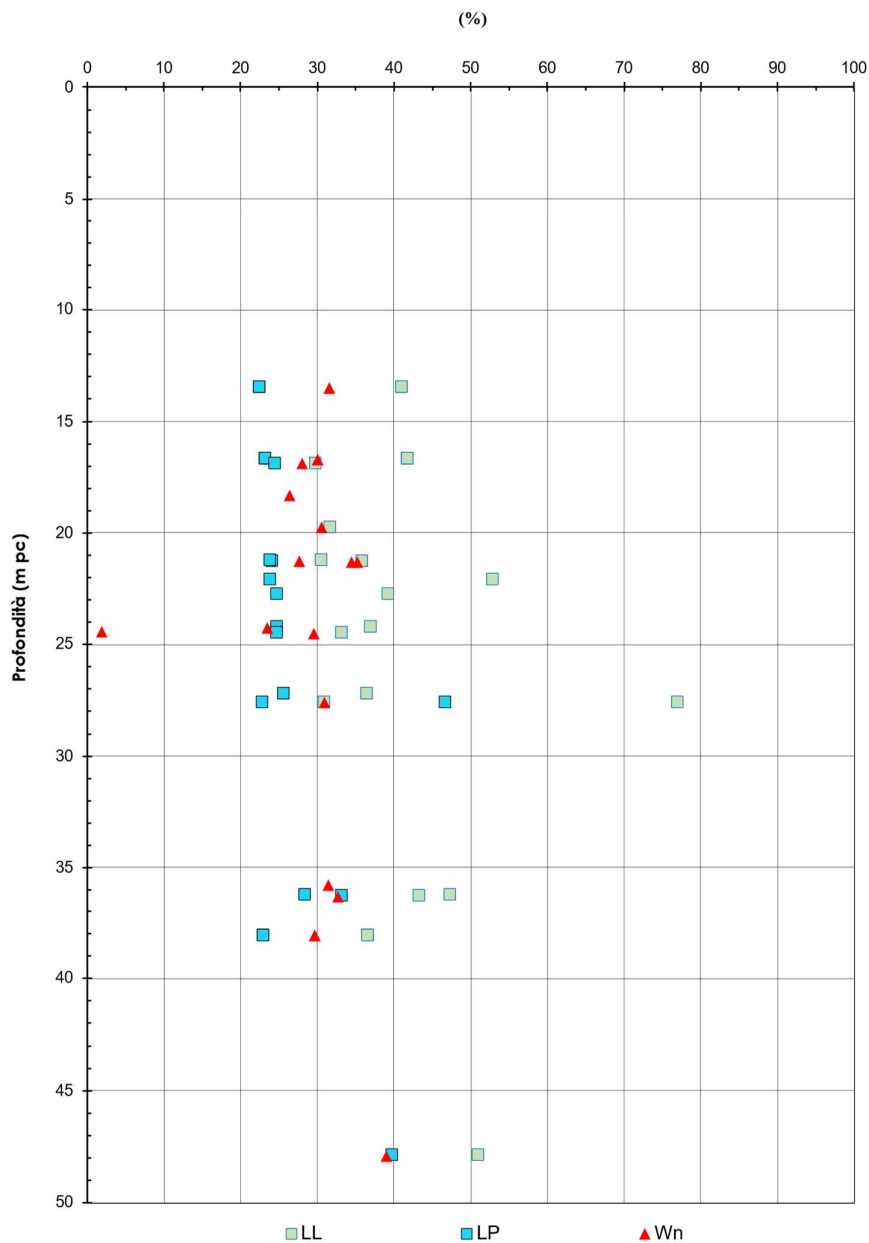


Figura 47 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 7+660 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 7+600,00 a pk 10+050,00

Ic
(-)

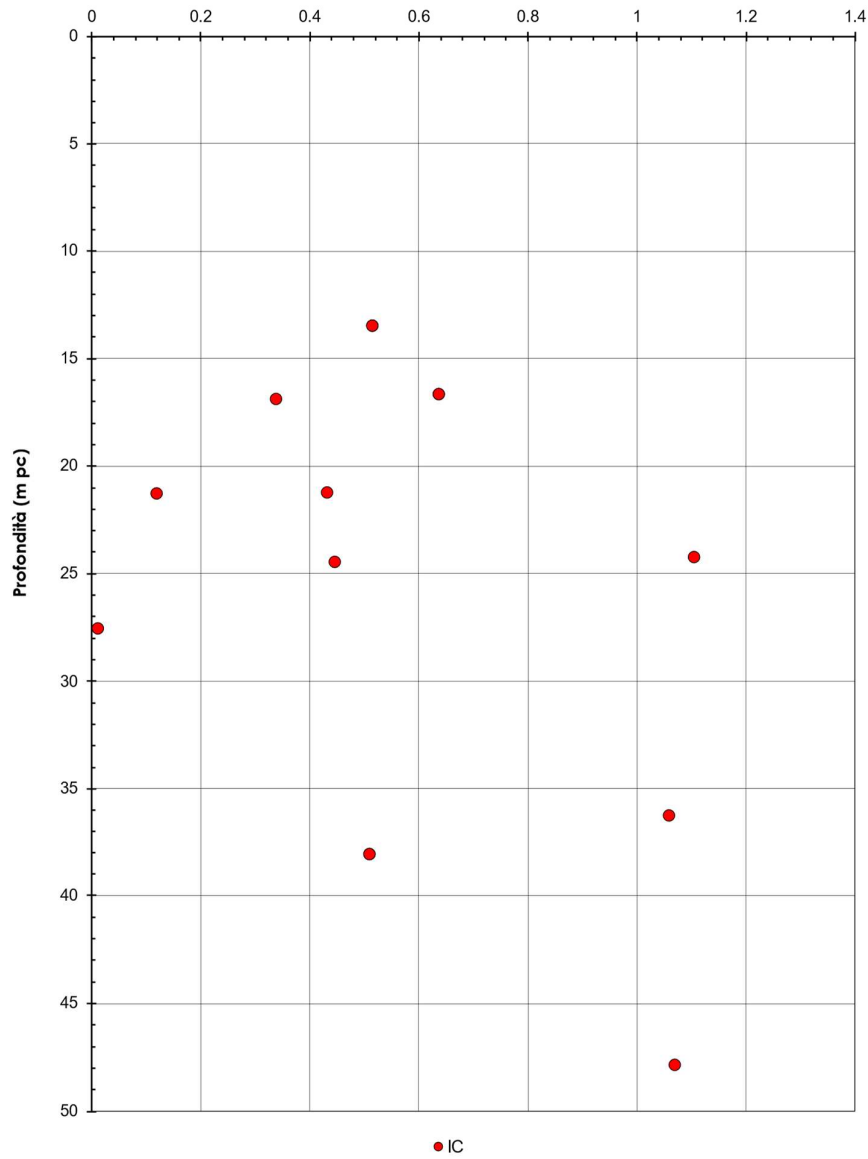


Figura 48 – Indice di consistenza tra pk 7+660 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

da pk 7+600,00 a pk 10+050,00

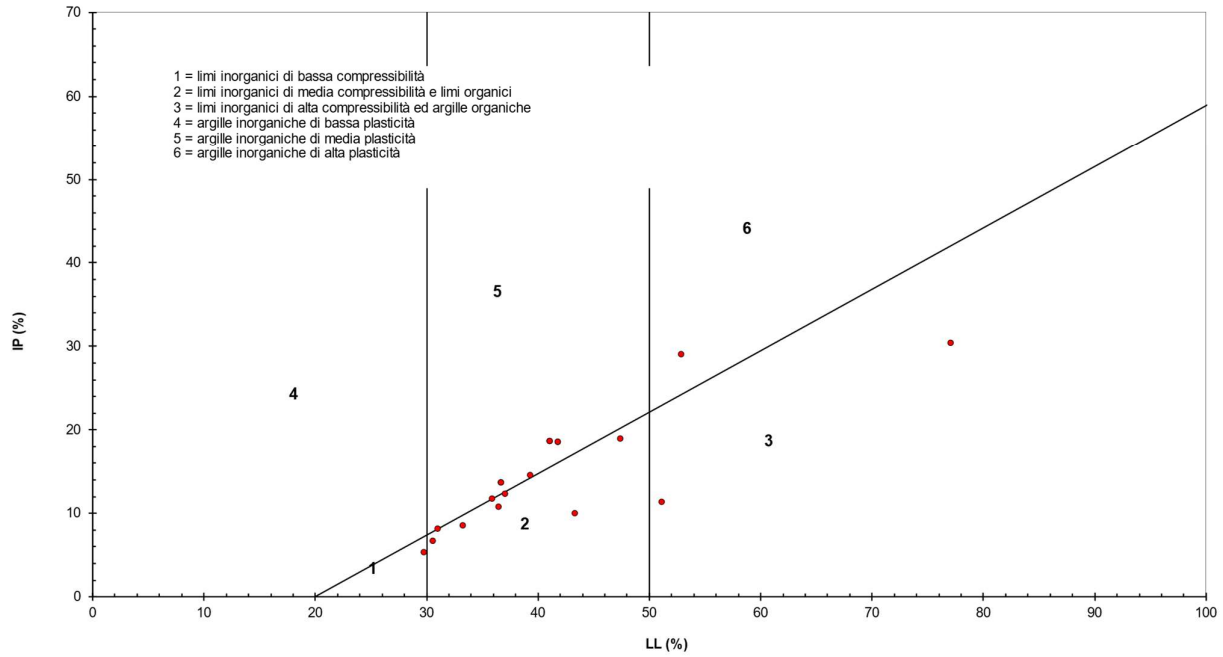


Figura 49 – Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi tra pk 7+660 e pk 10+050

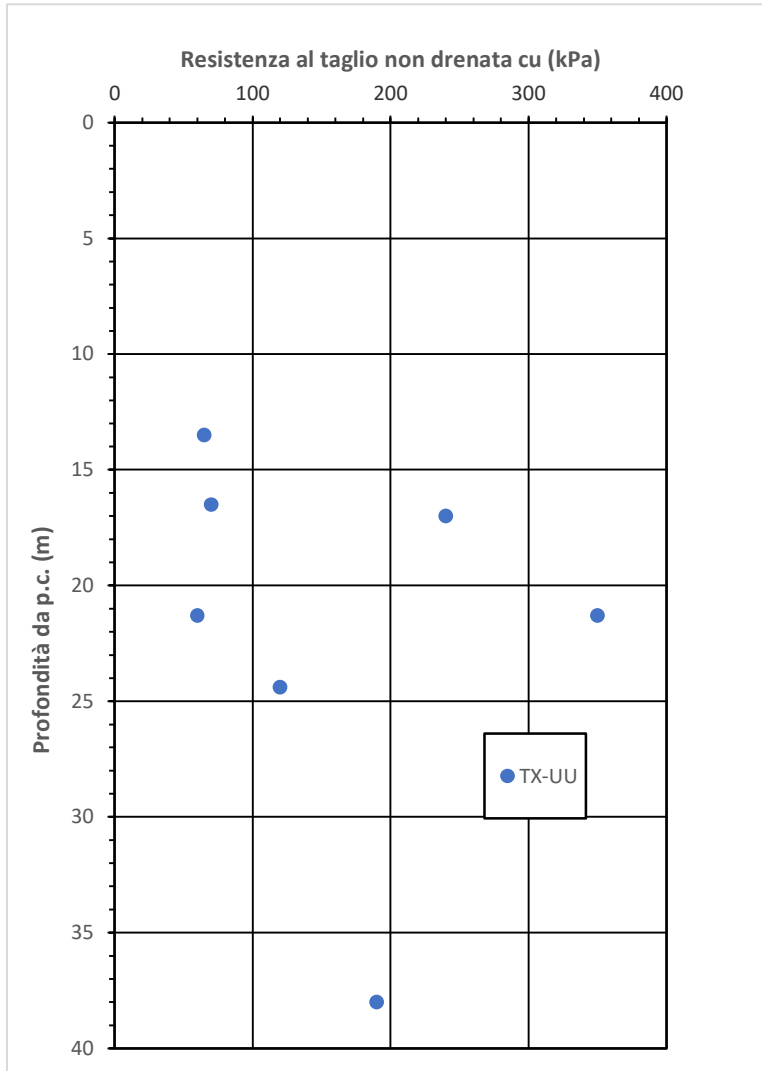


Figura 50 – Resistenza al taglio non drenata da prove TX-UU. Unità 2 tra pk 7+660 e pk 10+050

AV/AC VERONA VICENZA

pk 7+555 - pk 13+240

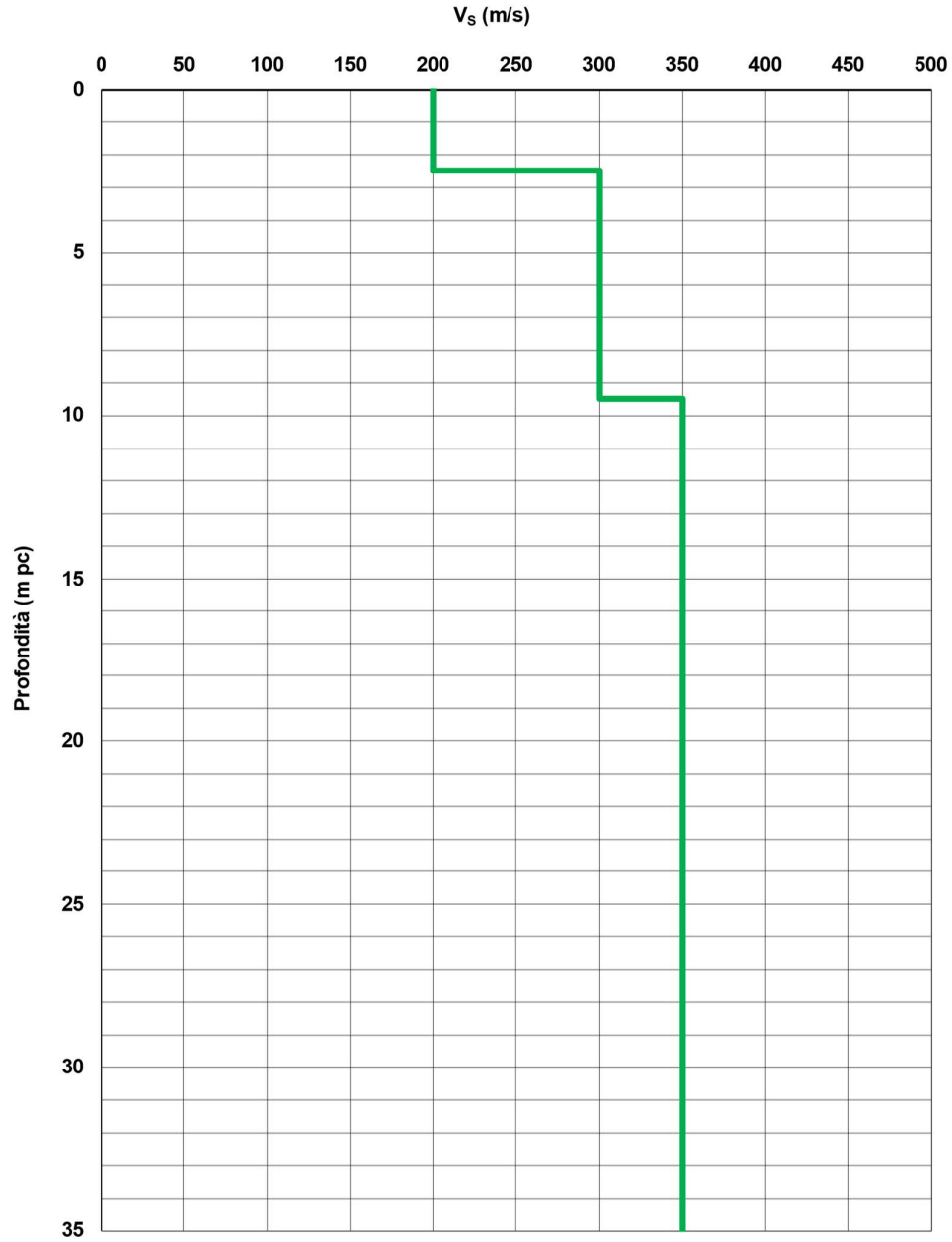


Figura 51 – Profilo di velocità Vs tra pk 7+555 e pk 13+240 (Doc. rif. [6])

AV/AC VERONA VICENZA

pk 7+555 - pk 13+240

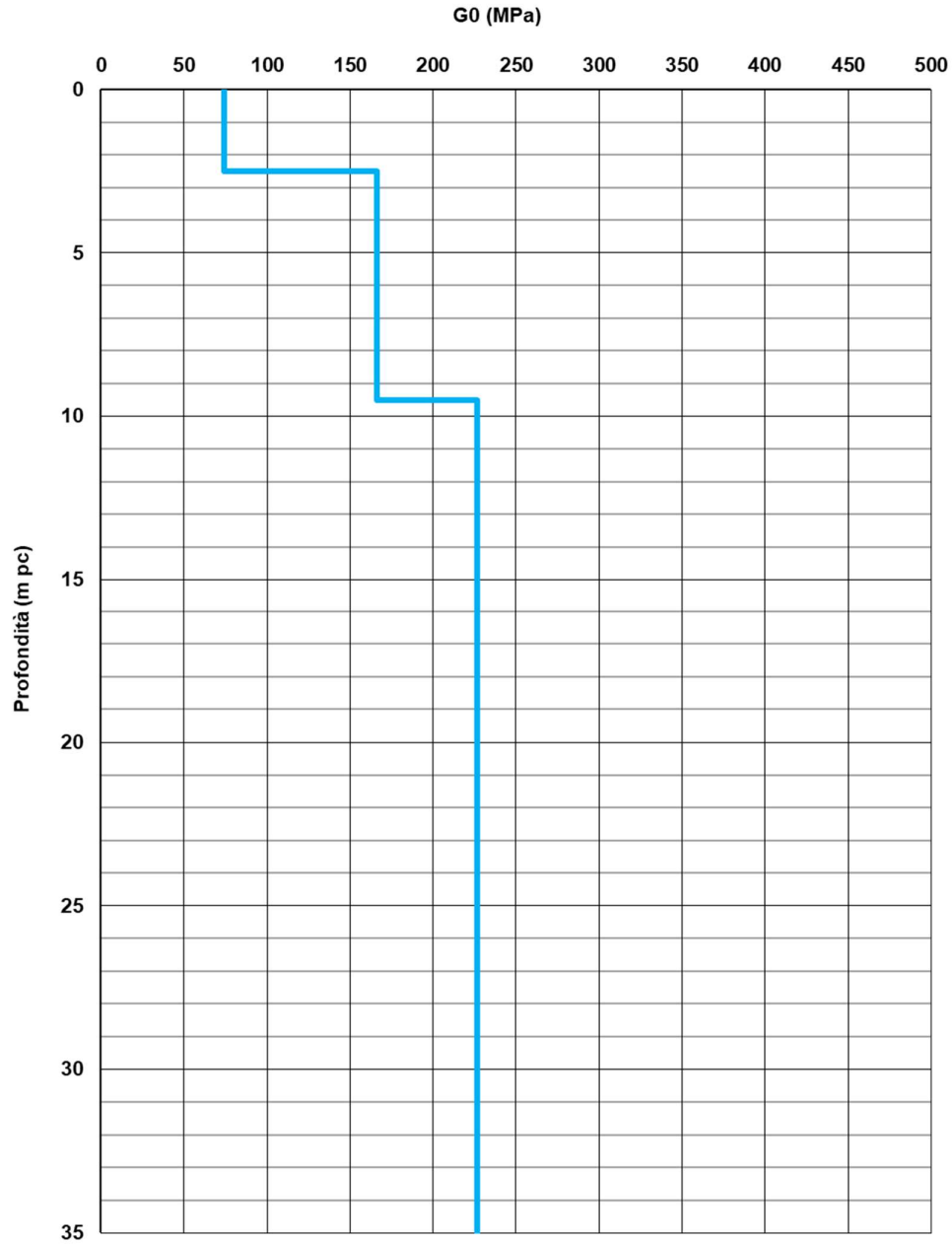




Figura 52 – Modulo di taglio G₀ tra pk 7+555 e pk 13+240

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 90 di 137 |

6.7 Permeabilità

Nell'ambito del Progetto Esecutivo sono state eseguite numerose prove Lefranc tra le progressive pk 5+300 e pk 8+900 al fine di fornire una stima realistica delle permeabilità dei materiali rinvenuti, in particolar modo nella zona della galleria artificiale e del Viadotto Fibbio.

Per quanto riguarda alla zona della GA01, si rimanda alla relazione Idrogeologica [3].

Per quanto concerne i depositi ghiaiosi superficiali nell'area, per via della composizione estremamente eterogenea, si misurano valori permeabilità comprese tra 5×10^{-5} m/s e 2×10^{-3} m/s nelle unità ghiaiose. I risultati delle prove Lefranc sono riportati nella Tabella 18. Valori comparabili di permeabilità sono stati determinati sulla base delle prove di pompaggio eseguite lungo lo sviluppo della GA01, come illustrato nella Relazione Idrogeologica (Doc. rif. [3]).

In considerazione del campo di variabilità fornito, le attività di progettazione dovranno essere sviluppate adottando assunzioni cautelative, in funzione della natura delle opere in esame e delle indagini ritenute significative. Le cautele prese saranno volte a garantire accettabili margini di sicurezza.

Per maggiori dettagli circa le permeabilità attese, si rimanda alla Relazione Idrogeologica (Doc. rif. [3]) ed alle Relazioni Geotecniche delle singole WBS.

Tabella 18 – Risultati prove Lefranc

| Sondaggio n° | Profondità (m da pc) | | livello falda (m da pc) | Litologia* | k (m/s) |
|--------------|-------------------------|------|-------------------------------|-------------|------------|
| | da | a | | | |
| BH-PE-74 | 6.8 | 7.3 | 5 | A(L) / L(A) | 3.97E-06 |
| BH-PE-74 | 8.5 | 9 | 5 | A(L) /L | 8.23E-07 |
| BH-PE-74 | 12 | 12.8 | 5 | GS | 4.77E-05 |
| BH-PE-10 | 5.5 | 6 | - | - | 2.44E-04 |
| BH-PE-10 | 9.5 | 10 | - | - | 2.02E-04 |
| BH-PE-10 | 13.5 | 14 | 12 | - | 1.16E-04 |
| BH-PE-10 | 16.5 | 17 | 9 | - | 2.95E-05 |
| BH-PE-10 | 19.5 | 20 | 9 | - | 3.10E-05 |
| BH-PE-11 | 12 | 12.5 | 7.8 | G(S) | 4.81E-05 |
| BH-PE-11 | 15 | 15.5 | 7.8 | S(L) | 6.19E-06 |
| BH-PE-11 | 18 | 18.5 | 7.8 | S(L) | 6.87E-06 |
| BH-PE-11 | 25 | 25.5 | 7.8 | S[L] | 9.93E-06 |
| BH-PE-11 | 31.5 | 32 | 7.8 | A(L) / L(S) | 6.15E-07 |
| BH-PE-13 | 11.8 | 12 | 7.9 | G[S] | 4.64E-05 |
| BH-PE-13 | 14.8 | 15 | 7.9 | G[S] | 5.63E-05 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica



E12RBGE0000001C

Foglio

91 di 137

| Sondaggio n° | Profondità (m da pc) | | livello falda (m da pc) | Litologia* | k (m/s) |
|--------------|-------------------------|------|-------------------------------|-------------|------------|
| | da | a | | | |
| BH-PE-13 | 19 | 18 | 7.7 | S(L) | 3.39E-06 |
| BH-PE-13 | 21 | 22 | 7.7 | S[L] | 3.90E-06 |
| BH-PE-13 | 31.5 | 32 | 7.7 | A(L) / L(S) | 6.25E-07 |
| BH-PE-14 | 11.7 | 12 | 9 | - | 1.18E-02 |
| BH-PE-14 | 14.7 | 15 | 9.5 | - | 6.12E-03 |
| BH-PE-14 | 19.7 | 20 | 9.5 | - | 6.07E-03 |
| BH-PE-14 | 32.7 | 33 | | - | 9.99E-03 |
| BH-PE-14 | 33 | 33.5 | 9 | - | 8.40E-06 |
| BH-PE18 | 2.3 | 2.5 | 1.35 | G(S) | 6.39E-05 |
| BH-PE18 | 4.3 | 4.5 | 1.35 | G(S) | 1.42E-04 |
| BH-PE18 | 7.3 | 7.5 | 1.35 | G(S) | 1.52E-04 |

* Doc. rif. [7]

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 92 di 137 |

7. RIASSUNTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Lo studio svolto ha avuto come finalità la classificazione e caratterizzazione dei depositi investigati, coerentemente con le indicazioni emerse dallo studio geologico-geomorfologico della zona. I Profili Geotecnici (Doc. rif. [7]) individuano la presenza delle unità stratigrafiche definite nei capitoli precedenti, sulla base dei risultati delle indagini disponibili. I principali parametri caratteristici suggeriti per ognuna delle unità sono elencati nelle Tabelle seguenti (da Tabella 19 a Tabella 21).

Si ricorda ancora che, sulla base della Normativa qui di riferimento (NTC 2008), e come ulteriormente ribadito da quella in vigore (NTC 2018), la scelta dei parametri e della stratigrafia di progetto è di esclusiva responsabilità e competenza del progettista della singola opera. In questa luce, altri parametri, tipicamente quelli che governano i processi di consolidazione e drenaggio (ad ese. permeabilità, coefficienti di consolidazione) governati da condizioni locali (lenti drenanti, percorsi di drenaggio, storia tensionale), e dipendenti dal tipo di problema da esaminare, dovranno essere assunti dal progettista sulla base dei dati di base qui sinteticamente presentati, e tenendo conto dei risultati delle indagini di sito e di laboratorio, riportati nei Report fattuali delle indagini.

Tabella 19 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 0+000 alla 4+942

| Unità | γ (kN/m ³) | Dr (%) | c' (kPa) | ϕ' (°) | Vs (m/s) | G0 (MPa) | E' (MPa) | c _u (kPa) |
|-------|-------------------------------|--------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------------------|
| 3a | 18-19 | | 0 | 28-32 | | | 10-15 | |
| 3b | 18-19 | | 0 | 26-28 | | | 5-12 | 30-60 |
| 6 | 19-20 | 35-60 | 0 | 39-42 | 250-320 | 120-200 | 60-150 | - |
| 4 | 19-20 | 55-80 | 0 | 37-41 | 350-450 | 230-350 | 100-250 | - |
| 2 | 19-20 | - | 0-10 | 26-28 | - | - | 20-40 | 100-200 |



| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica E12RBGE0000001C</p> | <p>Foglio 93 di 137</p> |

Tabella 20 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 4+942 alla 7+600

| Unità | γ (kN/m ³) | Dr (%) | c' (kPa) | ϕ' (°) | Vs (m/s) | G0 (MPa) | E' (MPa) | Cu (kPa) |
|-------|-------------------------------|--------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| R | 18-19 | | 0 | 28-30 | | | 10-20 | |
| 3a | 18-19 | | 0 | 28-32 | | | 10-15 | |
| 3b | 18-19 | | 0 | 26-28 | | | 5-12 | 30-60 |
| 6 | 19-20 | 35-65 | 0 | 39-42 | 220-300 | 100-170 | 60-130 | - |
| 4 | 19-20 | 40-80 | 0 | 37-41 | 250-300 | 120-170 | 60-130 | - |
| 2 | 19-20 | - | 0-10 | 26-28 | - | - | 20-40 | 100-200 |



Tabella 21 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 7+600 alla 10+045

| Unità | γ (kN/m ³) | Dr (%) | ϕ' (°) | Vs (m/s) | G0 (MPa) | E' (MPa) | Cu (kPa) | |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 3a | 18-19 | | 28-32 | | | 10-15 | | |
| 3b | 18-19 | | 26-28 | | | 6-12 | 40-60 | |
| 6 | 19-20 | 30-70 | 38-42 | 200 | 80-100 | 40-60 | - | |
| 4 | 19-20 | 40-70 | 36-40 | 300-350 | 170-230 | 100-180 | - | |
| 2 (*) | 19-20 | <15 m profondità | | | | | 10-15 | 60-80 |
| | | Tra 15 m e 20 m di profondità | | | | | 20-30 | 100-130 |
| | | >20 m profondità | | | | | 40-50 | 130-200 |



Nota (*): per l'unità 2, a tutte le profondità c'=0-10 kPa, $\phi' = 26^\circ-28^\circ$

Con riferimento ai valori riportati in tabella, si rimanda in generale al capitolo 5 per una spiegazione di dettaglio su come siano stati ricavati. In particolare, si segnala quanto segue

- 1) I valori dell'angolo d'attrito sono da considerare come valori operativi, più prossimi ai valori di picco.
- 2) Per le ghiaie e le sabbie delle Unità 6 e 4 rispettivamente, nella definizione dei valori caratteristici dell'angolo di resistenza al taglio, si consiglia di fare riferimento ai valori più elevati del range (ricavati generalmente con la correlazione di Schmertmann), tenendo conto della buona gradazione dei materiali di sito.
- 3) I valori dei moduli di Young E' operativi riportati per le Unità 4 e 6 sono stati ottenuti, come descritto al punto 5.8.1, ipotizzando un abbattimento del modulo di Young iniziale E₀ (a sua volta ottenuto dai profili di Vs con le relazioni elastiche utilizzando un $\nu=0.2$) di $1/3 \div 1/5$.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 94 di 137 |

- 4) Per i valori del coefficiente di permeabilità, tenuto conto della sua forte variazione (anche di diversi ordini di grandezza) in relazione alle condizioni locali, al problema da esaminare e alla direzione principale del flusso del dato problema (anisotropia della permeabilità, di solito molto pronunciata terreni sedimentari) abilità), il progettista potrà fare riferimento orientativo ai dati di base di cui al 6.7.



| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 95 di 137 |

8. PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE

La tematica della liquefazione è affrontata nel dettaglio nella Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [5]). Ad esso si rimanda per il dettaglio sulle metodologie adottate per le verifiche e sui risultati delle analisi.

Sulla base dell'esame dei dati contenuti nella relazione citata, per il tratto in esame si conclude quanto segue.

- Tra le progressive pk 0+000 e pk 10+000, la prevalenza per porzioni stratigrafiche significative della formazione 6 (ghiaia grossolana) porta a valori N_{SPT} elevati (superiori alla soglia di 30, prima della normalizzazione), tanto da rendere sporadica e limitata a spessori metrici la locale presenza di punti con $FL < 1.25$, generalmente all'interno della formazione delle sabbie medie tra 12 e 17 m di profondità, senza una rilevante continuità laterale del fenomeno.
- In corrispondenza della progressiva pk 5+640 si evidenzia una prova con risultati penalizzanti tra i 12 e i 24 m di profondità, con FL compreso tra 0.75 e 1.1 (sondaggio SP6), anche qui limitata da analisi condotte su sondaggi limitrofi che non confermano tale suscettibilità. Altresì, nell'intorno della prova SP6 sono state condotte due prove di tipo cross-hole (CH-PE-10 e, nelle immediate vicinanze, CH-PE-11,) che indicano valori di V_s compresi tra 200 e 300 m/s. Per tali valori di V_s , il criterio di liquefacibilità di sabbie non cementate di Andrus & Stokoe ([29]), indica una non suscettibilità a tale fenomeno, permettendo di limitare il risultato di questa prova ad un eventuale fenomeno locale. Sulla base di tali dati, non si profilano, a parere degli scriventi, rilevanti impatti di questo eventuale fenomeno locale sulla progettazione della GA01.
- Più oltre, nell'intorno della progressiva 7+670 circa, si osserva una prova CPTU 3/3bis con valori di $FL = 0.5$ tra 0 e 5 m di profondità, solo parzialmente confermata dalle analisi su prove SPT limitrofi (con singoli punti localizzati vicini alla superficie). Anche qui, il criterio basato sulle velocità V_s (sempre superiori a 250 m/s) permettono di considerare come locale il fenomeno, e comunque da tenere in conto nella progettazione.
- Nel suo complesso, nella porzione di tracciato tra 0+000 e 10+000 il fenomeno della liquefazione può essere considerato, alla scala del progetto, come sostanzialmente marginale, con singoli accadimenti con $FL < 1.25$, non correlati tra prove adiacenti.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 96 di 137 |

9. STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEI MATERIALI IN SITO

9.1 Requisiti normativi

E' stata valutata, in termini generali, la possibile idoneità dei terreni più superficiali a subire un trattamento di stabilizzazione a calce per consentirne l'utilizzo per la realizzazione di rilevati e strati di sottofondo dei rilevati stessi.

La possibilità di utilizzo di calce per la stabilizzazione del terreno naturale viene analizzata nel capitolo 18.6.3 del Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili - Parte II – RFI.

I pre-requisiti di idoneità dei materiali per il trattamento a calce sono sintetizzati nella Tabella 18.6.3.1.1-1, qui riportata per facilità di consultazione (Tabella 9-1).

Tabella 9-1 – Limiti di accettazione dei terreni naturali da sottoporre a trattamento di stabilizzazione con calce

Tabella 18.6.3.1.1-1



| LIMITI DI ACCETTAZIONE DEL TERRENO NATURALE | | | |
|---|---|-------------------------|---|
| Test di Laboratorio | Norma di riferimento | Requisito | Limiti di accettabilità |
| Analisi granulometrica | CNR B.U n. 36 UNI EN 933-1 UNI CEN ISO/TS 17892-4 | Granulometria | par. 2.1 della norma CNR B.U. n.36 ⁽¹⁾ |
| Limiti di Atterberg (LL-LP) | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | Indice di plasticità IP | >10 ⁽¹⁾ |
| Contenuto in sostanze organiche | ASTM D 2974 - C | Sostanze organiche | < 2% ⁽²⁾ |
| Contenuto in solfati | UNI EN 1744-1 | Solfati totali | < 0,25% ⁽³⁾ |

⁽¹⁾ Saranno ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova preventivamente approvato da Ferrovie. In ogni caso il diametro massimo degli elementi non dovrà essere maggiore della metà dello spessore finito di ciascuno degli strati di terra trattata per la realizzazione dei rilevati e l'indice di plasticità dovrà essere IP>5

⁽²⁾ Questo valore può essere aumentato fino al 4%, nel caso di impiego del trattamento per il piano di posa del rilevato, a condizione che siano soddisfatti i valori delle prove sul prodotto finale riportati al capitolo II.5

⁽³⁾ Questo valore può essere aumentato fino a raggiungere l'1%, qualora lo studio di laboratorio della miscela sia stato ritenuto idoneo da Ferrovie

Dal punto di vista granulometrico, i materiali da assoggettare al trattamento a calce devono, in linea di principio, rientrare nel fuso granulometrico riportato nel paragrafo 2.1 della Norma CNR B.U. 36 del 21/2/1973, riportato nella Figura 9-1.

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 97 di 137 |

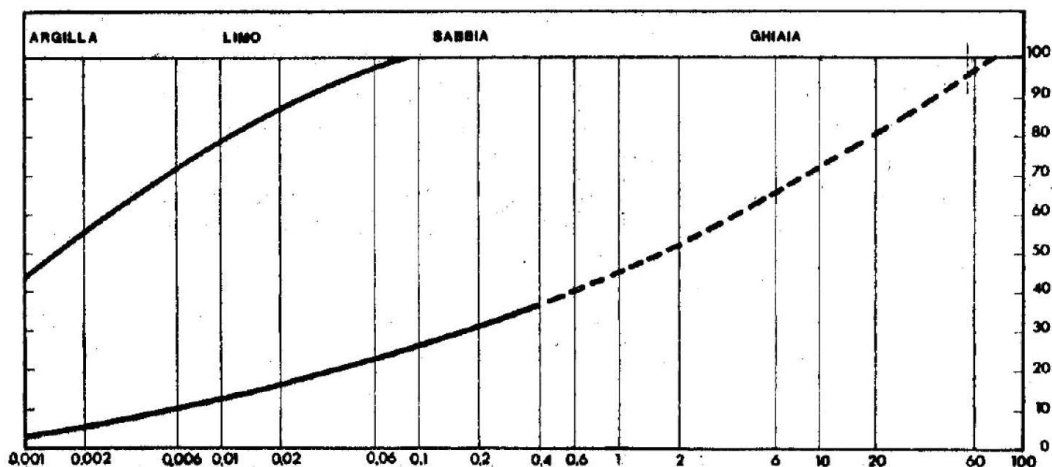




Figura 9-1 – Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce (CNR B.U. 36)

Come indicato nella Tabella 9-1, sono ammesse anche granulometrie non ricadenti nel fuso citato, anche con valori inferiori di plasticità, purché ne venga dimostrata l' idoneità tramite sperimentazione specifica di laboratorio e di sito.

Per valutare, in maniera preliminare ed in termini generali, la possibile idoneità al trattamento a calce dei terreni superficiali nella tratta in oggetto, sono stati esaminati i risultati delle prove di laboratorio disponibili eseguite su campioni di terreno prelevati nei sondaggi e nei pozzetti, nell'ambito dei primi 2.5 m di profondità da p.c..

9.2 Granulometria ed IP da Pk 0+000 a Pk 7+600

Il grafico della Figura 9-2 mostra i valori del contenuto di fine determinati per profondità fino a 2.5 m da p.c.. nella sub-tratta da Pk 0.000 a 7+600. Come si può vedere, il contenuto di fini (<0.063 mm) risulta in generale minore del 25%, valore limite inferiore del fuso granulometrico di Figura 9-1 (CNR B.U. 36), a conferma di quanto emerso dalla caratterizzazione geotecnica generale della tratta, che vede la prevalenza di materiali granulari anche a piccola profondità. Solo in pochi e sporadici casi il contenuto di fini supera il 25%. La Figura 9-3 mostra l'andamento dei valori dell'indice di plasticità IP nei primi 2.5 m di profondità, determinato su campioni prelevati nei sondaggi e nei pozzetti esplorativi eseguiti lungo la tratta. Tra le pk 0+000 e 7+600. Anche in questo caso la presenza di materiale non plastico appare dominante ed incompatibile con i requisiti di accettazione di Tabella 9-1 (IP > 10 o comunque del 5%). Sulla base dei risultati disponibili si può quindi concludere che i materiali degli strati più superficiali, dalla Pk 0+000 alla Pk 7+600 risultano in generale non idonei alla stabilizzazione a calce.

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica E12RBGE0000001C</p> | <p>Foglio 98 di 137</p> |

Eventuali modeste e sporadiche lenti superficiali di materiale coesivo (ad esempio quella individuata a seguito della realizzazione del pozzetto PT-PE-02, che mostra terreno superficiale coesivo di tipo 3a/3b per uno spessore di circa 1.5 m ed una estensione dell'ordine di 100 – 150 m), di rilevanza tale non poter esser considerate come trascurabili, andranno valutate durante la fase di costruzione in termini di opportunità/convenienza dell'intervento di stabilizzazione.

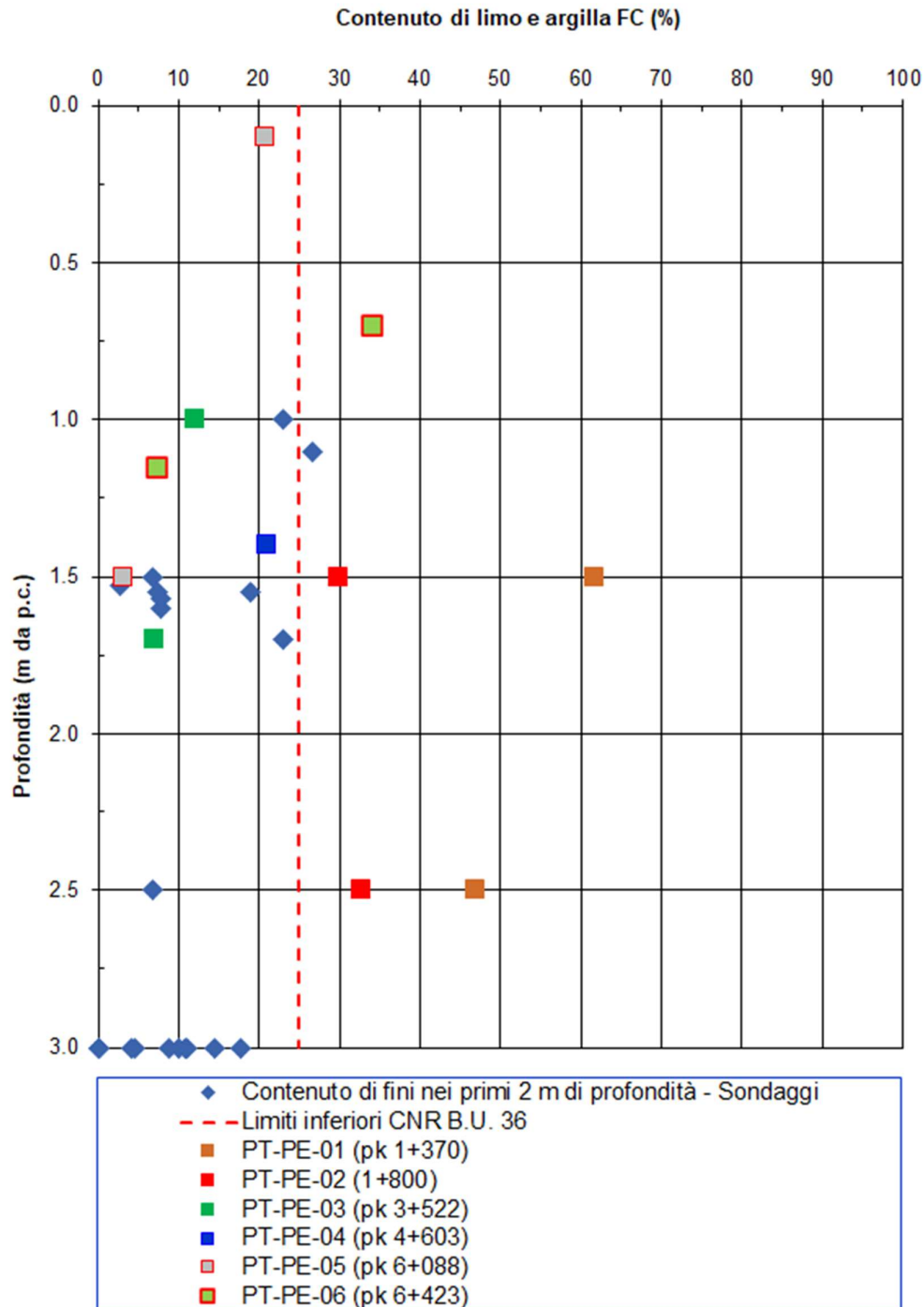


Figura 9-2 – Contenuto di fini dei campioni superficiali di terreno (0.0 ÷ 2.5 m) tra Pk 0+000 e 7+600

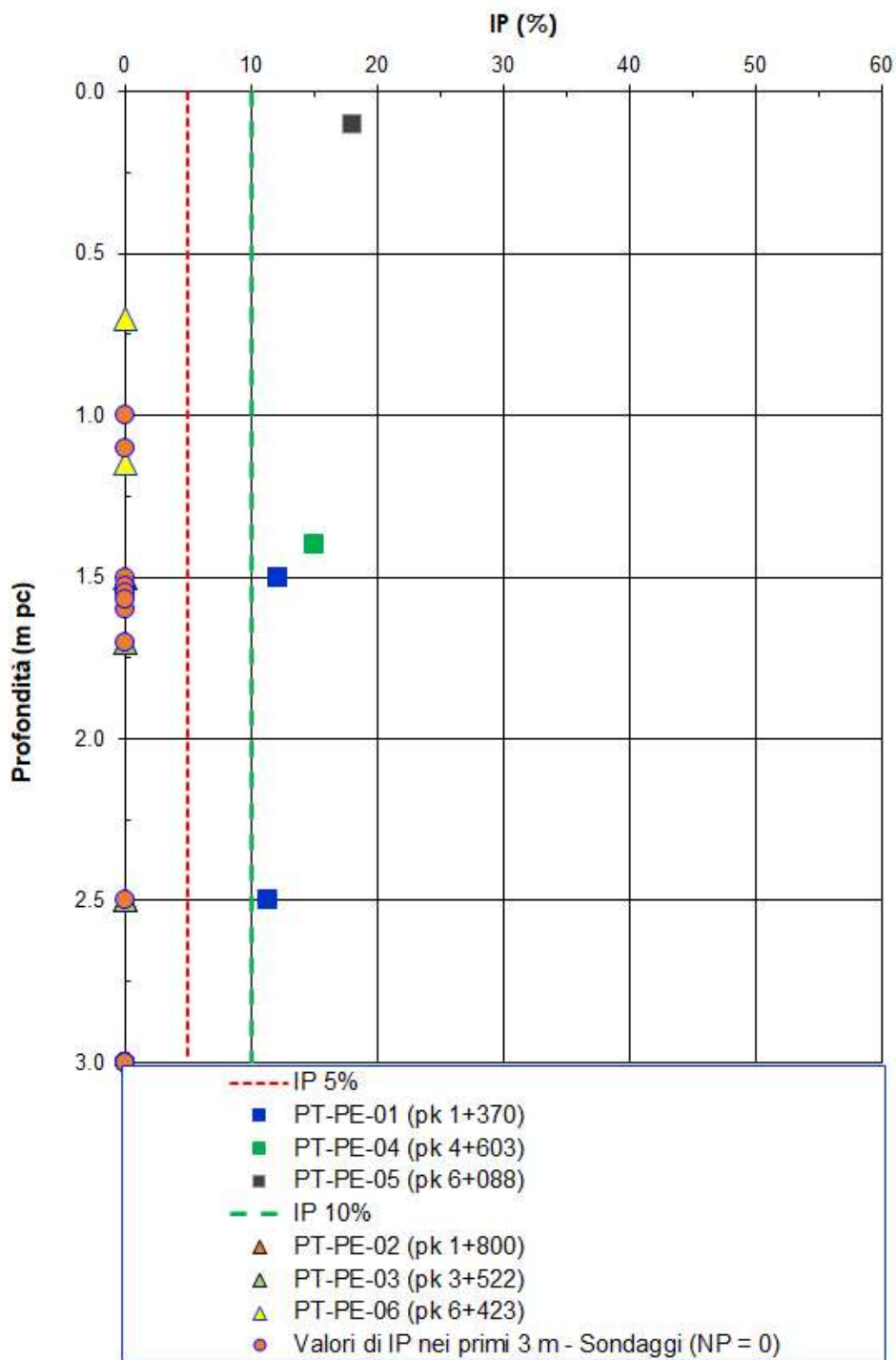



Figura 9-3 – IP dei campioni superficiali di terreno (0.0 ÷ 2.5 m) – Pk 0.000 – 7+600

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 101 di 137 |

9.3 Granulometria ed IP da Pk 7+600 a Pk 10+050

Il grafico della Figura 9-4 mostra i valori del contenuto di fine determinati per profondità fino a 2.5 m da p.c.. nella sub-tratta da Pk 7+600 a 10+050. Tale sub-tratta è di fatto interamente occupata dallo sviluppo del Viadotto Fibbio, il che, in pratica, elimina o riduce fortemente la necessità e la possibilità di utilizzare la stabilizzazione a calce per il terreni superficiali del sito. I risultati relativi a questa sub-tratta vengono comunque riportati per completezza di informazione.

I materiali superficiali presenti tra le progressive indicate mostrano un contenuto di fini (<0.063 mm) superiore al 25%, valore limite inferiore del fuso granulometrico di Figura 9-1 (CNR B.U. 36), a conferma della presenza, evidenziata dal profilo geotecnico a partire dalla spalla Ovest del Viadotto Fibbio, di terreno limoso-argilloso appartenente alle formazioni 3a e 3b. La Figura 9-5 mostra l'andamento dei valori dell'indice di plasticità IP nei primi 2.5 m di profondità, determinato su campioni prelevati nei sondaggi e nei pozzetti esplorativi tra le pk 7+600 e 10+050. In questo caso si osserva una maggiore dispersione dei risultati, con presenza parziale di terreno compatibile con i limiti della Tabella 9-1 (IP > 10 o comunque del 5%). Sulla base dei risultati disponibili si può quindi concludere che i materiali degli strati più superficiali, dalla Pk 7+600 alla Pk 10+050 risulterebbe in parte idonei alla stabilizzazioni a calce, che però risulta di modesto interesse pratico nella tratta considerata.

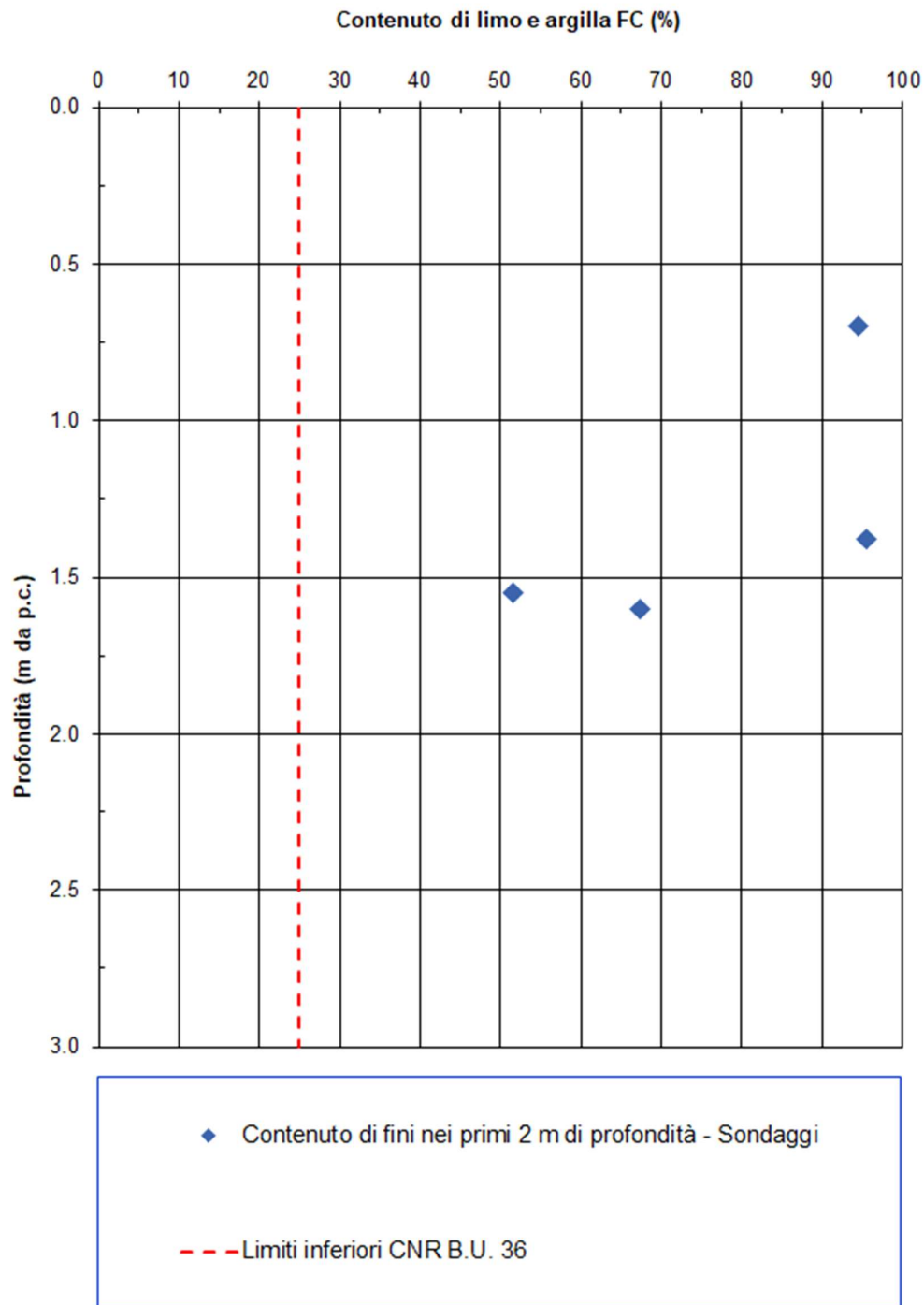


Figura 9-4 - Contenuto di fini dei campioni superficiali di terreno (0.0 ÷ 2.5 m) tra Pk 7+600 e 10+050

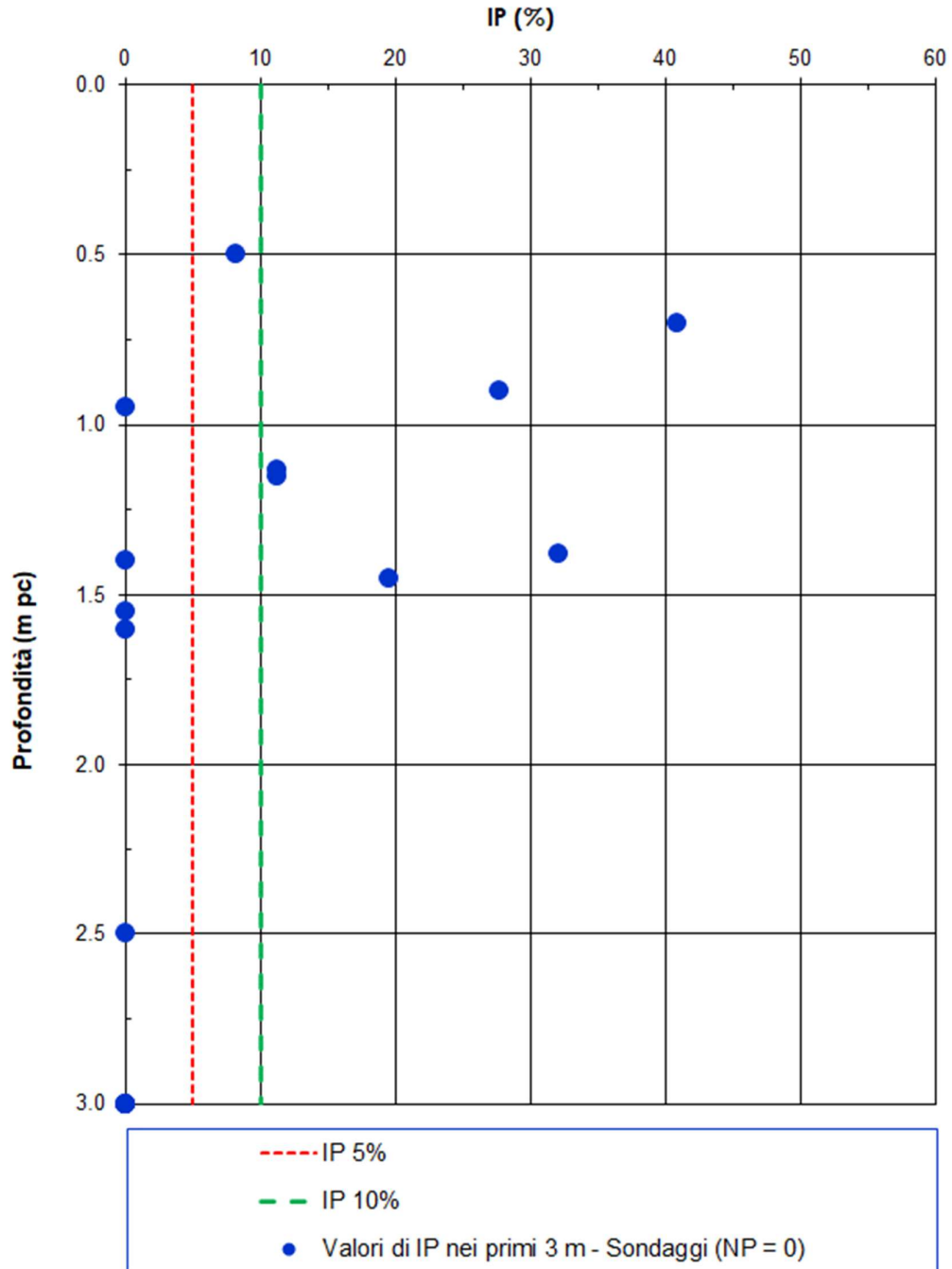




Figura 9-5 - IP dei campioni superficiali di terreno (0.0 ÷ 2.5 m) – Pk 7+600 – 10+050

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 104 di 137 |

9.4 Contenuto di solfati e di sostanze organiche

Per quanto riguarda i limiti di accettazione per i solfati, le informazioni generali disponibili indicano valori di concentrazione sui campioni superficiali (0.0 ÷ 2.0 m) generalmente inferiori o pari allo 0.01 %, compatibili con quanto indicato in Tabella 9-1. In sede di realizzazione di ciascun singolo rilevato, dovranno in ogni caso essere eseguite ulteriori e puntuali determinazioni in tal senso sul materiale da stabilizzare. Analogamente, specifiche determinazioni andranno condotte in fase di realizzazione in termini di contenuto di sostanze organiche, per valutare localmente la compatibilità con questa tipologia di trattamento. In generale, per i campioni superficiali prelevati lungo l'intero tracciato, il contenuto di sostanza organica è risultato compreso tra l'1.2% e il 4.4% (mediamente 3%), come era lecito attendersi in terreni sottoposti ad intenso uso agricolo; si tratta di valori compatibili con il trattamento, previa idonea sperimentazione per la determinazione della miscela ottimale (un maggior contenuto di sostanza organica comporta una maggiore richiesta di calce).

A tale proposito si sottolinea come, nella tratta in esame, la tematica della stabilizzazione a calce non risulti in generale percorribile per la prima sub-tratta (fino a Pk 7+600) o comunque di scarso interesse (da Pk 7+600 a 10+050), non essendoci quindi necessità di dettagliare prescrizioni relative alla fase operativa.

9.5 Prove su miscele terreno-legante eseguite durante la fase di Progetto Esecutivo

Per completezza di trattazione, si segnala che sono state condotte sperimentazioni di laboratorio su miscele di terreno e calce a partire da campioni prelevati in alcuni dei pozzetti lungo il tracciato della linea ferroviaria in progetto. Per quasi tutti questi campioni infatti, la curva granulometrica ricade nel fuso di riferimento (Figura 9-6).

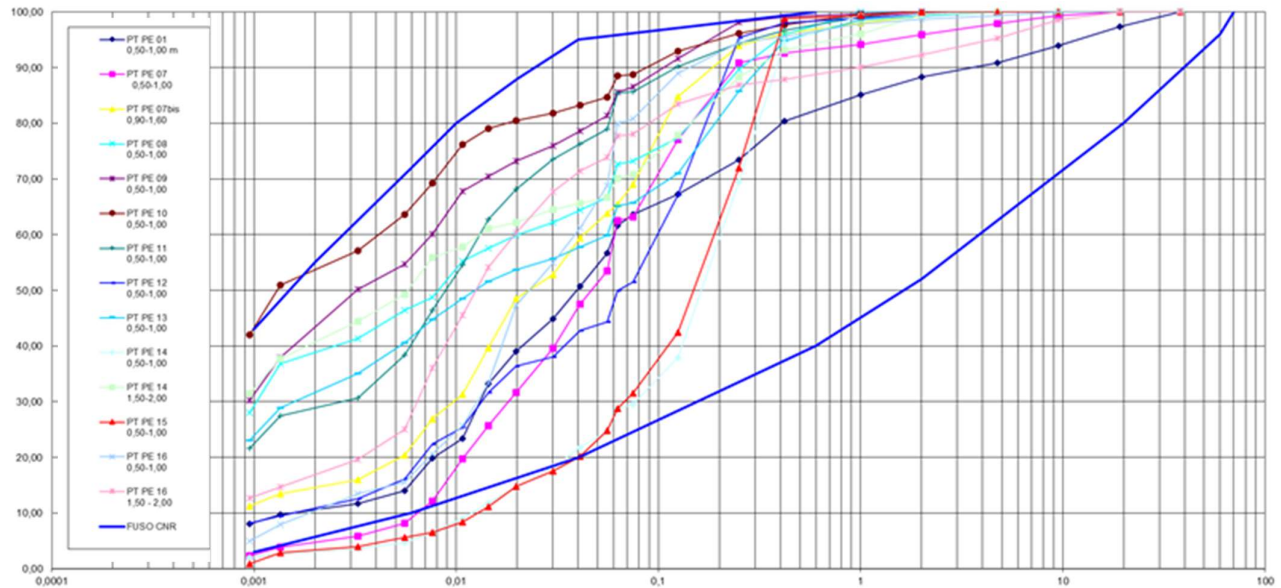


Figura 9-6. Curve granulometriche dei campioni prelevati dai pozzetti dislocati lungo la linea.

Le prove eseguite su miscele terreno – legante (calce o calce + cemento) sono sintetizzate nella Tabella 9-2.



| | | | | | |
|--|--|---|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 106 di 137 |

Tabella 9-2 – Risultati delle sperimentazioni di laboratorio eseguite su miscele di terreno con legante.



| Riferimento | Profondità (m) | Classificazione | Consumo iniziale di calce | Sperimentazione miscele terra - calce | | |
|-------------------------|----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|
| | | UNI 11531 | ASTM C 977 app (%) | CaO (%) | | |
| PT PE 07 (pk 12+030) | 0.5 - 1.0 | A4 | | 1% CaO + 2% cem | 1% CaO + 2.5% cem | 1% CaO + 3% cem |
| PT PE 07bis (pk 12+030) | 0.9 - 1.6 | A7-6 | 1.20 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| PT PE 08 (pk 34+380) | 0.3 | | | | | |
| | 0.5 - 1.0 | A7-6 | 3.10 | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| | 1.5 - 2.0 | A7-5 | 3.40 | | | |
| PT PE 09 (pk 38+010) | 0.5 - 1.0 | A7-5 | | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| PT PE 10 (pk 40+025) | 0.3 | | | | | |
| | 0.5 - 1.0 | A7-5 | 3.30 | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| | 1.5 - 2.0 | A2-4 | 1.00 | | | |
| PT PE 11 (pk 41+336) | 0.3 | | | | | |
| | 0.5 - 1.0 | A6 | 2.00 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| | 1.5 - 2.0 | A6 | 1.70 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| PT PE 12 (pk 16+795) | 0.3 | | | | | |
| | 0.5 - 1.0 | A4 | 1.10 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| | 1.5 - 2.0 | A2-4 | 1.00 | | | |
| PT PE 13 (pk 28+384) | 0.3 | | | | | |
| | 0.5 - 1.0 | A7-6 | | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| | 1.5 - 2.0 | A4 | 1.10 | | | |
| PT PE 16 (pk 23+253) | 0.3 | | | | | |
| | 0.5 - 1.0 | A4 | 1.40 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| | 1.5 - 2.0 | A6 | 1.30 | | | |

Come si può osservare, i valori del consumo iniziale di calce (CIC) variano da circa 1.1% per i materiali di tipo A4 ad oltre il 3% per i materiali argilloso limosi appartenenti gruppi A7-5 ed A7-6.

Le relative miscele sperimentali hanno dosaggi da 1.5% a 2.5% per i materiali di tipo A4 fino al 3.5% per i materiali di tipo A7-5 ed A7-6.

Durante la fase corrente di Progetto Esecutivo, si è proceduto con la sperimentazione di alcune miscele terreno-calce (o, nel caso del materiale proveniente dal pozzetto PT-PE-07, con calce + cemento), su materiale proveniente da singoli pozzetti:

- PT-PE-7bis (Tabella 9-3)
- PT-PE-7 (Tabella 9-4)
- PT-PE-11 (Tabella 9-6).

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica E12RBGE0000001C | Foglio 107 di 137 |

Sono state poi condotte sperimentazioni di miscelazione con calce (o con calce e cemento) su campioni di materiale composito, costituito da materiali all'incirca omogenei (ovvero appartenenti allo stesso gruppo) e provenienti da diversi pozzetti lungo la linea. Si tratta, in particolare, di materiale del gruppo A4 proveniente dai pozzetti PT-PE-12 e PT-PE-16 (Tabella 9-5) e di materiali dei gruppi A7-5 ed A7-6 provenienti da PT-PE-8, PT-PE-9, PT-PE-10 e PT-PE-13 (Tabella 9-7).

I risultati completi delle sperimentazioni eseguite sulle miscele sono riportati in dettaglio dalla Tabella 9-3 alla Tabella 9-7. Si tratta in generale di risultati soddisfacenti, già a partire dai valori inferiori di percentuale di legante nelle miscele per ciascuno dei gruppi di terreni esaminati. Tali risultati forniscono quindi una indicazione generale per le successive fasi sperimentali che saranno necessarie all'atto della costruzione. Nella fase realizzativa dovranno infatti essere condotte tutte le sperimentazioni del caso per aree omogenee di materiale, secondo quanto riportato per esteso nei paragrafi 18.6.3.2 e 18.6.3.3 del Capitolato RFI citato, inclusa la realizzazione di campi prova sperimentali.

Tabella 9-3 - Miscela su materiali del pozzetto PTPE 7bis

| POZZETTO ESPLORATIVO | PT-PE-7bis (pk 20+013) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PT-PE-7bis naturale | PT-PE-7bis trattato a CaO al 2% | PT-PE-7bis trattato a CaO al 2,5% | PT-PE-7bis trattato a CaO al 3% |
| Camp. | 0,90-1,60 | 0,90-1,60 | 0,90-1,60 | 0,90-1,60 |
| Prof. (m da p.c.) | 0,90-1,60 | 0,90-1,60 | 0,90-1,60 | 0,90-1,60 |
| Descrizione | Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio | Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio | Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio | Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio |
| UNI 11531-1 | A7-6 | | | |
| ghiaia (> 2 mm) | 0.7% | | | |
| sabbia (> 0.06 mm) | 34.1% | | | |
| limo (> 2 µm) | 50.6% | | | |
| argilla (< 2 µm) | 14.7% | | | |
| Wn | 35.7% | | | |
| LL | 41.8% | | | |
| LP | 23.6% | | | |
| IP | 18.2% | | | |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod (Mg/m ³) | 2.035 | 2.040 | 2.036 | 2.072 |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m ³) | 1.798 | 1.785 | 1.768 | 1.755 |
| W% Ottimo da prova proctor mod. | 13.2 | 14.3 | 15.2 | 16.8 |
| Gs (Mg/m ³) (STIMATO) | 2.70 | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 77.7 | | | |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 73.0 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 3.1 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 3.8 | | | |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) | 4.94 | | | |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) | 23.2 | | | |
| SOLFATI (%) | | | | |
| SOSTANZA ORGANICA (%) | 1.9 | | | |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%) | 1.5 | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | | 74.5 | 94.9 | 94.3 |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | | 94.2 | 95.3 | 102.3 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 100.2 | 126.1 | 130.7 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 95.7 | 121.2 | 121.4 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg) | | 0.09 | 0.06 | 0.05 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg) | | 17.2 | 18.3 | 20.0 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 104.9 | 124.7 | 142.6 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 84.3 | 129.5 | 138.8 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg) | | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg) | | | | |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale, MPa) | | 0.67 | 0.66 | 0.74 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.34 | 0.33 | 0.37 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale MPa) | | 0.75 | 0.86 | 0.92 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.37 | 0.43 | 0.46 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale MPa) | | 0.79 | 0.81 | 0.68 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.39 | 0.40 | 0.34 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale MPa) | | 0.76 | 1.05 | 1.07 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.38 | 0.52 | 0.53 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale MPa) | | 0.85 | 1.04 | 1.09 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.43 | 0.52 | 0.54 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale MPa) | | 0.96 | 0.99 | 1.04 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.48 | 0.49 | 0.52 |

Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

E12RBGE0000001C

Foglio

109 di
137

Tabella 9-4 - Miscela su materiale del pozzetto PTPE 7

| POZZETTO ESPLORATIVO | PT-PE-7 | | | |
|---|---|--|--|--|
| | PT-PE-7 naturale | PT-PE-7 trattato a CaO al 1,0 % e CEM 2,0% | PT-PE-7 trattato a CaO al 1,0 % e CEM 2,5% | PT-PE-7 trattato a CaO al 1,0 % e CEM 3,0% |
| Camp. | 0,50 - 1,00 + 1,50 - 2,00 m | | | |
| Prof. (m da p.c.) | 0,50 - 1,00 + 1,50 - 2,00 m | | | |
| Descrizione | limocon sabbia e sabbia con limo marrone chiaro | | | |
| UNI 11531-1 | | | | |
| ghiaia (> 2 mm) | | | | |
| sabbia (> 0.06 mm) | | | | |
| limo (> 2 µm) | | | | |
| argilla (< 2 µm) | | | | |
| Wn | | | | |
| LL | | | | |
| LP | | | | |
| IP | | | | |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod (Mg/m ³) | 2.118 | 2.158 | 2.201 | 2.257 |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m ³) | 1.915 | 1.935 | 1.960 | 1.994 |
| W% Ottimo da prova proctor mod. | 10,6 | 11,5 | 12,3 | 13,2 |
| Gs (Mg/m ³) (STIMATO) | | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 20,2 | | | |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 28,5 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 5,6 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 8,2 | | | |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) | 2,01 | | | |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) | 17,7 | | | |
| SOSTANZA ORGANICA (%) | | | | |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%) | | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | | 81,8 | 97,4 | 86,1 |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | | 80,8 | 84,6 | 76,8 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 121,7 | 134,0 | 146,9 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 109,8 | 120,5 | 150,7 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg) | | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg) | | 13,83 | 14,5 | 15,3 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 146,4 | 180,6 | 156,6 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 159,6 | 165,2 | 153,0 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg) | | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg) | | 13,26 | 13,88 | 15,57 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa) | | 0,96 | 1,00 | 1,32 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,48 | 0,50 | 0,66 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa) | | 0,98 | 1,11 | 1,4 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,49 | 0,55 | 0,7 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa) | | 0,87 | 1,21 | 1,28 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,44 | 0,61 | 0,64 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa) | | 1,01 | 1,27 | 1,54 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,51 | 0,64 | 0,77 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa) | | 1,12 | 1,41 | 1,58 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,56 | 0,71 | 0,79 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa) | | 1,13 | 1,41 | 1,61 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,56 | 0,70 | 0,81 |

Tabella 9-5 - Miscele su materiali dei pozzetti PTPE 12 - 16

| POZZETTO ESPLORATIVO | PT-PE-12 + 16 | | | |
|---|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | PT-PE-12+16 naturale | PT-PE-12+16 trattato a CaO al 1,5% | PT-PE-12+16 trattato a CaO al 2,0% | PT-PE-12+16 trattato a CaO al 2,5% |
| Camp. | 0,50 - 1,00 m | | | |
| Prof. (m da p.c.) | | | | |
| Descrizione | | | | |
| UNI 11531-1 | | | | |
| ghiaia (> 2 mm) | | | | |
| sabbia (> 0.06 mm) | | | | |
| limo (> 2 µm) | | | | |
| argilla (< 2 µm) | | | | |
| Wn | | | | |
| LL | | | | |
| LP | | | | |
| IP | | | | |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod (Mg/m ³) | 2.061 | 2.077 | 2.068 | 2.053 |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m ³) | 1.834 | 1.843 | 1.820 | 1.795 |
| W% Ottimo da prova proctor mod. | 12.4 | 12.7 | 13.6 | 14.4 |
| Gs (Mg/m ³) (STIMATO) | | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 29.0 | | | |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 30.8 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 5.1 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 6.2 | | | |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) | 2.88 | | | |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) | 17.2 | | | |
| SOSTANZA ORGANICA (%) | | | | |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%) | | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | | 62.6 | 78.4 | 86.2 |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | | 65.5 | 78.7 | 99.8 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 67.0 | 90 | 102.4 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 72.3 | 81.9 | 109.4 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg) | | 0.07 | 0.05 | 0.07 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg) | | 16.4 | 17.7 | 18.8 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 77.4 | 92.8 | 110.2 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 73.2 | 91.6 | 107.8 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg) | | 0.02 | 0.06 | 0.04 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg) | | 14.61 | 16.63 | 17.91 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa) | | 0.53 | 0.69 | 0.88 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.27 | 0.35 | 0.44 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa) | | 0.53 | 0.83 | 0.88 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.27 | 0.41 | 0.44 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa) | | 0.49 | 0.81 | 0.96 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.25 | 0.4 | 0.48 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa) | | 0.58 | 0.8 | 1.04 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.29 | 0.4 | 0.52 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa) | | 0.54 | 0.84 | 1.13 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.27 | 0.42 | 0.57 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa) | | 0.64 | 0.82 | 1.04 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.32 | 0.41 | 0.52 |

Tabella 9-6 - Miscela su materiale del pozzetto PTPE 11

| POZZETTO ESPLORATIVO | PT-PE-11 | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | PT-PE-11 naturale | PT-PE-11 trattato a CaO al 2,0% | PT-PE-11 trattato a CaO al 2,5% | PT-PE-11 trattato a CaO al 3,0% |
| Camp. | | | | |
| Prof. (m da p.c.) | 0,50 - 1,00 + 1,50 - 2,00 m | | | |
| Descrizione | | | | |
| UNI 11531-1 | | | | |
| ghiaia (> 2 mm) | | | | |
| sabbia (> 0.06 mm) | | | | |
| limo (> 2 µm) | | | | |
| argilla (< 2 µm) | | | | |
| Wn | | | | |
| LL | | | | |
| LP | | | | |
| IP | | | | |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod. (Mg/m ³) | 2.055 | 2.054 | 2.055 | 2.054 |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m ³) | 1.815 | 1.805 | 1.793 | 1.765 |
| W% Ottimo da prova proctor mod. | 13.2 | 13.8 | 14.6 | 16.4 |
| Gs (Mg/m ³) (STIMATO) | | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 46.4 | | | |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 48.4 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 6.5 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 6.4 | | | |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) | 3.89 | | | |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) | 21.1 | | | |
| SOSTANZA ORGANICA (%) | | | | |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%) | | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | | 62 | 77.6 | 95.3 |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | | 62.3 | 85.5 | 94.8 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 80.4 | 75.9 | 105.7 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 68.1 | 91.5 | 108.7 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg) | | 0.12 | 0.04 | 0.04 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg) | | 17.0 | 18.3 | 18.9 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 86.8 | 106.2 | 120.9 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 85.5 | 104.3 | 117.6 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg) | | 0.05 | 0.03 | 0.03 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg) | | 14.83 | 18.9 | 18.72 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa) | | 0.64 | 0.77 | 0.89 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.32 | 0.38 | 0.45 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa) | | 0.69 | 0.87 | 0.96 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.35 | 0.44 | 0.48 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa) | | 0.68 | 0.87 | 1.06 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.34 | 0.44 | 0.53 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa) | | 0.75 | 1.04 | 1.24 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.37 | 0.52 | 0.62 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa) | | 0.78 | 1.09 | 1.39 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.39 | 0.55 | 0.69 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa) | | 0.79 | 1.08 | 1.18 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0.39 | 0.54 | 0.59 |

Tabella 9-7 – Miscela su materiali dei pozzetti PTPE 8 – 9 - 10 - 13

| POZZETTO ESPLORATIVO | PT-PE-08+09+10+13 | | | |
|---|----------------------------|---|---|---|
| | PTPE-8+9+10+13 naturale | PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO al 2,5 % | PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO al 3,0 % | PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO al 3,5 % |
| Camp. | 0,50 - 1,00 m | | | |
| Prof. (m da p.c.) | | | | |
| Descrizione | | | | |
| UNI 11531-1 | | | | |
| ghiaia (> 2 mm) | | | | |
| sabbia (> 0.06 mm) | | | | |
| limo (> 2 µm) | | | | |
| argilla (< 2 µm) | | | | |
| Wn | | | | |
| LL | | | | |
| LP | | | | |
| IP | | | | |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod (Mg/m ³) | 2.021 | 2.022 | 2.022 | 2.001 |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m ³) | 1.736 | 1.721 | 1.705 | 1.673 |
| W% Ottimo da prova proctor mod. | 16.4 | 17.5 | 18.6 | 19.6 |
| Gs (Mg/m ³) (STIMATO) | | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 28,7 | | | |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 32,4 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) | 2,8 | | | |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) | 4,1 | | | |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) | 4,02 | | | |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) | 21,1 | | | |
| SOSTANZA ORGANICA (%) | | | | |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%) | | | | |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima) | | 61,4 | 63,4 | 65,3 |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima) | | 62,9 | 70,1 | 72,3 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 86,7 | 106,4 | 146,4 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg) | | 65,4 | 84,6 | 118,9 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg) | | 0,06 | 0,04 | 0,06 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg) | | 19,9 | 20,9 | 22,6 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 86,8 | 123,7 | 154,4 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg) | | 96,9 | 116,6 | 143,1 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg) | | 0,03 | 0,03 | 0,06 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg) | | 19,82 | 20,5 | 22,31 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa) | | 0,44 | 0,71 | 0,86 |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,22 | 0,36 | 0,43 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa) | | 0,47 | 0,68 | 0,99 |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,24 | 0,34 | 0,49 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa) | | 0,39 | 0,73 | 1,05 |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,19 | 0,37 | 0,52 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa) | | 0,51 | 0,93 | 1,09 |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,26 | 0,47 | 0,55 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa) | | 0,6 | 0,87 | 1,11 |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,3 | 0,43 | 0,55 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa) | | 0,74 | 0,87 | 1,02 |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa)) | | 0,37 | 0,44 | 0,51 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2RBGE0000001 | A |

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR





ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|-----------------|---------------|
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 10 | EI2RBGE0000001C | 114 di 137 |



ALLEGATO 1 - SINTESI DEI RISULTATI DELLE PROVE FISICHE DI LABORATORIO

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001 | A |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|-----|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| BH-PE-01 | 00+139 | 2020 | 56.58 | | 1.78 | 57.80 | 23.20 | | | 19.00 | | | | | |
| BH-PE-01 | 00+139 | 2020 | 56.58 | | 3.23 | 60.70 | 24.90 | | | 14.40 | | | | | |
| BH-PE-01 | 00+139 | 2020 | 56.58 | | 6.23 | 50.70 | 27.60 | | | 21.70 | | | | | |
| BH-PE-01 | 00+139 | 2020 | 56.58 | | 7.73 | 46.40 | 28.20 | | | 19.50 | | | | | |
| BH-PE-01 | 00+139 | 2020 | 56.58 | | 12.23 | 69.50 | 15.80 | | | 14.70 | | | | | |
| BH-PE-01 | 00+139 | 2020 | 56.58 | | 21.23 | 57.90 | 22.20 | | | 19.90 | | | | | |
| BH-PE-01 | 00+139 | 2020 | 56.58 | | 27.23 | 69.60 | 21.10 | | | 9.30 | | | | | |
| CDS1 | 00+700 | 2017 | 61.00 | | 1.73 | 74.50 | 18.70 | | | 6.80 | | | | | |
| CDS1 | 00+700 | 2017 | 61.00 | | 3.73 | 60.41 | 26.84 | | | 12.80 | | | | | |
| CDS1 | 00+700 | 2017 | 61.00 | | 9.73 | 88.90 | 7.00 | | | 4.10 | | | | | |
| CDS1 | 00+700 | 2017 | 61.00 | | 15.23 | 62.30 | 24.80 | | | 12.90 | | | | | |
| CDS1 | 00+700 | 2017 | 61.00 | | 21.23 | 58.20 | 39.20 | | | 2.60 | | | | | |
| CDS1 | 00+700 | 2017 | 61.00 | | 28.23 | 62.70 | 34.90 | | | 2.40 | | | | | |
| BH-PE-02 | 01+150 | 2021 | 46.12 | A | 1.80 | | 6.00 | 81.00 | 13.00 | 94.00 | | | 24.00 | 31.00 | 21.00 |
| BH-PE-02 | 01+150 | 2021 | 46.12 | A | 1.80 | | | | | | | | | | |
| BH-PE-02 | 01+150 | 2021 | 46.12 | A | 1.80 | | | | | | | | | | |
| BH-PE-02 | 01+150 | 2021 | 46.12 | 1 | 4.73 | 1.00 | 55.00 | | | 44.00 | | | | | |
| BH-PE-02 | 01+150 | 2021 | 46.12 | 2 | 10.73 | 48.00 | 36.00 | | | 16.00 | | | | | |
| BH-PE-02 | 01+150 | 2021 | 46.12 | 4 | 13.73 | 23.00 | 68.00 | | | 9.00 | | | | | |
| BH-PE-02 | 01+150 | 2021 | 46.12 | 6 | 19.73 | 59.00 | 27.00 | | | 14.00 | | | | | |

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 116 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | SPT1 | 1.78 | 1.00 | 5.00 | 69.00 | 25.00 | 94.00 | | | | 45.00 | 43.00 |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | SPT2 | 3.23 | 81.00 | 16.00 | | | 3.00 | | | | | |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | SPT3 | 4.78 | 58.00 | 40.00 | | | 2.00 | | | | | |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | SPT5 | 7.78 | 50.00 | 42.00 | | | 8.00 | | | | | |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | CI1 | 12.25 | | 10.00 | 71.00 | 19.00 | 90.00 | | | 24.00 | 30.00 | 21.00 |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | CI1 | 12.25 | | 55.00 | | | 45.00 | | | | | |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | SPT8 | 15.23 | | 97.00 | | | 3.00 | | | | | |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | CI2 | 27.25 | | 18.00 | 52.00 | 30.00 | 82.00 | | | 24.00 | 44.00 | 17.00 |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | SPT12 | 30.23 | 18.00 | 63.00 | | | 19.00 | | | | | |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | SPT15 | 39.23 | 52.00 | 35.00 | | | 13.00 | | | | | |
| BH-PE-03 | 01+280 | 2021 | 44.97 | SPT17 | 45.23 | 45.00 | 44.00 | | | 11.00 | | | | | |
| BH-PE-04 | 01+916 | 2020 | 53.63 | | 1.73 | 64.40 | 22.10 | | | 2.80 | | | | | |
| BH-PE-04 | 01+916 | 2020 | 53.63 | | 3.23 | 60.50 | 23.30 | | | 4.50 | | | | | |
| BH-PE-04 | 01+916 | 2020 | 53.63 | | 4.75 | 52.90 | 24.80 | | | 20.10 | | | | | |
| BH-PE-04 | 01+916 | 2020 | 53.63 | | 7.75 | 46.30 | 20.50 | | | 10.60 | | | | | |
| BH-PE-04 | 01+916 | 2020 | 53.63 | | 12.25 | 60.60 | 33.90 | | | 5.50 | | | | | |
| BH-PE-04 | 01+916 | 2020 | 53.63 | | 14.40 | 0.00 | 16.72 | 65.85 | 17.43 | 83.28 | | 2.79 | | 21.00 | 17.00 |
| BH-PE-05 | 02+272 | 2021 | 48.73 | CR1 | 1.78 | 47.70 | 27.80 | | | 24.70 | | | | | |
| BH-PE-05 | 02+272 | 2021 | 48.73 | CR3 | 4.78 | 62.70 | 25.60 | | | 11.70 | | | | | |
| BH-PE-05 | 02+272 | 2021 | 48.73 | CR5 | 7.78 | 52.70 | 34.20 | | | 13.10 | | | | 38.00 | 24.00 |
| BH-PE-05 | 02+272 | 2021 | 48.73 | CR7 | 12.23 | 61.30 | 25.00 | | | 13.70 | | | | 39.00 | 21.00 |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 117 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| BH-PE-05 | 02+272 | 2021 | 48.73 | T9 | 18.25 | | 3.00 | 78.00 | 19.00 | 97.00 | 20.80 | 2.71 | | 23.10 | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 1.75 | 70.70 | 14.10 | | | 7.80 | | | | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 3.25 | 73.90 | 13.10 | | | 4.20 | | | | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 4.25 | 72.00 | 16.00 | | | 4.50 | | | | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 6.25 | 69.20 | 16.70 | | | 8.00 | | | | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 7.75 | 69.90 | 17.80 | | | 4.90 | | | | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 12.25 | 68.00 | 27.70 | | | 4.40 | | | | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | A | 15.25 | 0.77 | 84.72 | 7.68 | 6.83 | 14.51 | | 2.69 | 22.59 | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 15.73 | 0.90 | 77.60 | | | 21.50 | | | | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | B | 17.45 | 0.00 | 13.55 | 71.34 | 15.11 | 86.45 | | 2.78 | 22.40 | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 24.23 | 1.00 | 78.40 | | | 20.60 | | | | | |
| BH-PE-06 | 03+191 | 2020 | 52.94 | | 30.23 | 1.70 | 79.20 | | | 19.10 | | | | | |
| BH-PE-07 | 03+469 | 2020 | 51.69 | | 3.25 | 50.60 | 27.40 | | | 8.70 | | | | | |
| BH-PE-07 | 03+469 | 2020 | 51.69 | | 6.25 | 58.30 | 12.90 | | | 7.40 | | | | | |
| BH-PE-07 | 03+469 | 2020 | 51.69 | | 9.25 | 51.50 | 27.00 | | | 17.10 | | | | | |
| BH-PE-07 | 03+469 | 2020 | 51.69 | | 12.25 | 65.70 | 25.60 | | | 8.70 | | | | | |
| BH-PE-07 | 03+469 | 2020 | 51.69 | | 15.23 | 17.00 | 82.70 | | | 0.30 | | | | | |
| BH-PE-07 | 03+469 | 2020 | 51.69 | | 17.00 | 4.24 | 14.61 | 64.93 | 16.22 | 81.15 | 20.04 | 2.73 | 18.47 | 21.00 | 17.00 |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | | 1.73 | 66.40 | 26.20 | | | 7.40 | | | | | |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | | 4.48 | 60.40 | 14.10 | | | 11.60 | | | | | |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | | 7.73 | 66.50 | 15.10 | | | 6.80 | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 118 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | | 15.23 | 7.40 | 41.80 | | | 50.80 | | | | | |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | | 18.23 | 7.40 | 41.80 | | | 50.80 | | | | | |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | | 24.23 | 1.90 | 79.50 | | | 18.60 | | | | | |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | | 27.23 | 5.40 | 65.50 | | | 29.10 | | | | | |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | A | 13.75 | 1.01 | 6.69 | 74.33 | 17.98 | 92.31 | 20.13 | 2.66 | 18.63 | 23.00 | 18.00 |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | B | 16.75 | 1.60 | 83.03 | 10.13 | 5.24 | 15.37 | | 2.69 | 22.29 | | |
| BH-PE-08 | 03+784 | 2020 | 48.47 | B | 13.75 | | | | | 0.00 | | | | | |
| SA203R003 | 04+025 | 2002 | 51.5 | A | 19.85 | 0.00 | 2.30 | 39.70 | 58.10 | 97.80 | 20.50 | | 21.80 | 35.20 | 22.70 |
| SA203R003 | 04+025 | 2002 | 51.5 | | 7.80 | 60.10 | 25.70 | 11.30 | 2.90 | 14.20 | | | 4.30 | | |
| SA203R003 | 04+025 | 2002 | 51.5 | | 12.30 | 49.70 | 32.30 | 12.60 | 5.40 | 18.00 | | | 6.50 | | |
| SA203R003 | 04+025 | 2002 | 51.5 | | 22.73 | 1.80 | 79.60 | 11.00 | 7.60 | 18.60 | | | | | |
| SA203R003 | 04+025 | 2002 | 51.5 | | 27.23 | 0.50 | 87.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| BH-PE-09 | 04+838 | 2020 | 48.45 | | 3.25 | 60.90 | 16.20 | | | 10.00 | | | | | |
| BH-PE-09 | 04+838 | 2020 | 48.45 | | 6.25 | 59.70 | 17.60 | | | 10.70 | | | | | |
| BH-PE-09 | 04+838 | 2020 | 48.45 | | 12.23 | 26.10 | 73.40 | | | 0.50 | | | | | |
| BH-PE-09 | 04+838 | 2020 | 48.45 | | 15.23 | 1.00 | 58.60 | | | 40.50 | | | | | |
| BH-PE-09 | 04+838 | 2020 | 48.45 | | 24.23 | 1.50 | 91.90 | | | 6.50 | | | | | |
| BH-PE-09 | 04+838 | 2020 | 48.45 | Cl1 | 13.75 | 3.35 | 7.99 | 69.03 | 19.63 | 88.66 | | 2.69 | 25.66 | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | A | 28.68 | 0.50 | 1.70 | | | 97.80 | 20.30 | | 29.30 | 36.50 | 23.90 |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 1.73 | 53.40 | 23.70 | | | 22.90 | | | | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 3.23 | 58.50 | 23.70 | | | 17.80 | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 119 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 4.73 | 76.50 | 11.40 | | | 12.10 | | | | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 6.23 | 56.60 | 15.00 | | | 28.40 | | | | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 7.73 | 58.20 | 23.10 | | | 18.70 | | | | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 10.15 | 0.70 | 7.40 | | | 91.90 | | | | 23.90 | 18.50 |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 11.85 | 31.60 | 41.00 | | | 27.40 | | | | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 15.23 | 14.40 | 70.40 | | | 15.20 | | | | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 18.23 | 27.50 | 59.20 | | | 13.30 | | | | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 21.23 | 4.90 | 65.80 | | | 29.30 | | | | | |
| SPA5 | 05+125 | 2014/2015 | 47.11 | | 24.23 | 0.00 | 80.30 | | | 19.70 | | | | | |
| XA203B004 | 05+170 | 2002 | 40.5 | A | 25.50 | 0.00 | 0.90 | 42.40 | 56.70 | 99.10 | 19.00 | | 29.80 | 48.40 | 32.80 |
| XA203B004 | 05+170 | 2002 | 40.5 | | 3.23 | 44.10 | 50.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203B004 | 05+170 | 2002 | 40.5 | | 7.75 | 48.10 | 41.80 | 6.20 | 3.90 | 10.10 | 19.10 | | 5.80 | | |
| XA203B004 | 05+170 | 2002 | 40.5 | | 13.75 | 17.50 | 79.10 | 3.40 | 3.40 | 6.80 | 17.30 | | 18.60 | | |
| XA203B004 | 05+170 | 2002 | 40.5 | | 15.23 | 0.90 | 91.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203B004 | 05+170 | 2002 | 40.5 | | 19.73 | 0.10 | 93.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203B004 | 05+170 | 2002 | 40.5 | | 22.73 | 15.70 | 79.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| BH-PE-10 | 05+339 | 2020 | 47.28 | | 35.20 | 5.66 | 10.04 | 65.32 | 18.98 | 84.30 | 19.56 | 2.69 | | 33.00 | 24.00 |
| BH-PE-10 | 05+339 | 2020 | 47.28 | | 10.73 | 53.64 | 34.39 | 8.57 | 3.40 | 11.97 | | 2.74 | | | |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | A | 28.80 | 0.00 | 1.00 | | | 99.00 | 19.70 | | 29.50 | 33.20 | 23.60 |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | B | 31.30 | 0.00 | 0.30 | | | 99.70 | 19.40 | | 29.80 | 40.70 | 25.50 |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | | 2.65 | 77.70 | 15.50 | | | 6.80 | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 120 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | | 7.15 | 58.10 | 33.60 | | | 8.30 | | | | | |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | | 10.15 | 75.60 | 20.90 | | | 3.50 | | | | | |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | | 15.23 | 13.20 | 77.60 | | | 9.20 | | | | | |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | | 21.23 | 1.20 | 88.50 | | | 10.30 | | | | | |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | | 24.23 | 1.90 | 91.20 | | | 6.90 | | | | | |
| SP6 | 05+600 | 2014/2015 | 45.8 | | 30.40 | 0.00 | 0.30 | | | 99.70 | | | | 38.10 | 24.70 |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | | 3.25 | 61.30 | 27.70 | | | 11.00 | | | | | |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | | 6.25 | 59.80 | 26.30 | | | 13.90 | | | | | |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | | 9.25 | 77.80 | 15.60 | | | 6.60 | | | | | |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | | 12.25 | 6.10 | 86.50 | | | 7.40 | | | | | |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | A | 13.75 | 0.00 | 81.87 | 11.26 | 6.87 | 18.13 | | 2.70 | 25.16 | | |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | | 15.23 | 5.30 | 85.10 | | | 9.60 | | | | | |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | | 18.23 | 4.00 | 86.00 | | | 10.00 | | | | | |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | | 21.23 | 1.50 | 90.00 | | | 8.50 | | | | | |
| BH-PE-12 | 06+091 | 2020 | 46.15 | | 24.23 | 0.60 | 92.70 | | | 6.70 | | | | | |
| VRE1 | 06+175 | 2018 | 46.00 | | 1.50 | 37.70 | 39.40 | | | 22.90 | | | | | |
| VRE1 | 06+175 | 2018 | 46.00 | | 20.50 | 43.40 | 51.30 | | | 5.30 | | | | | |
| VRE1 | 06+175 | 2018 | 46.00 | | 23.50 | 43.20 | 49.60 | | | 7.20 | | | | | |
| VRE1 | 06+175 | 2018 | 46.00 | | 26.50 | 45.70 | 51.70 | | | 2.60 | | | | | |
| VRE1 | 06+175 | 2018 | 46.00 | | 32.50 | 2.50 | 42.80 | | | 54.70 | | | | | |
| VRE1 | 06+175 | 2018 | 46.00 | | 29.50 | 0.00 | 6.76 | 69.04 | 24.20 | 93.24 | 19.47 | 2.76 | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 121 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| VRE1 | 06+175 | 2018 | 46.00 | | 34.00 | 0.00 | 6.81 | 69.44 | 23.75 | 93.19 | 19.51 | 2.74 | 26.36 | 29.00 | 24.00 |
| VRE2 | 06+250 | 2018 | 46.00 | | 31.30 | 0.00 | 81.15 | 11.12 | 7.73 | 18.85 | | 2.58 | 21.71 | | |
| VRE2 | 06+250 | 2018 | 46.00 | | 1.50 | 36.40 | 36.90 | | | 26.70 | | | | | |
| VRE2 | 06+250 | 2018 | 46.00 | | 20.50 | 42.90 | 50.40 | | | 6.70 | | | | | |
| VRE2 | 06+250 | 2018 | 46.00 | | 23.50 | 43.00 | 54.80 | | | 2.20 | | | | | |
| VRE2 | 06+250 | 2018 | 46.00 | | 26.50 | 3.20 | 93.50 | | | 3.30 | | | | | |
| VRE2 | 06+250 | 2018 | 46.00 | | 29.50 | 0.50 | 98.90 | | | 0.60 | | | | | |
| VRE2 | 06+250 | 2018 | 46.00 | | 34.00 | 0.20 | 42.60 | | | 57.20 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 3.19 | 53.20 | 35.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 9.30 | 60.50 | 34.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 14.30 | 43.50 | 50.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 18.23 | 24.00 | 52.00 | 13.50 | 10.50 | 24.00 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 21.23 | 4.10 | 85.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 24.23 | 6.10 | 61.10 | 16.60 | 16.20 | 32.80 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 27.23 | 1.50 | 87.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 29.20 | 0.00 | 15.40 | 55.70 | 28.90 | 84.60 | 18.60 | | 32.10 | 54.20 | 39.70 |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 31.23 | 0.00 | 71.40 | 15.30 | 13.30 | 28.60 | | | | | |
| XA203B005 | 06+275 | 2002 | 45.4 | | 35.73 | 9.10 | 56.20 | 20.90 | 13.80 | 34.70 | | | | | |
| BH-PE-13 | 06+306 | 2020 | 44.67 | | 16.25 | 6.93 | 88.05 | 2.07 | 2.95 | 5.02 | | 2.70 | | | |
| SPA8 | 06+500 | 2014/2015 | 43.86 | A | 25.75 | 0.00 | 1.10 | | | 98.90 | 19.50 | | 27.70 | | |
| SPA8 | 06+500 | 2014/2015 | 43.86 | B | 28.80 | 0.00 | 6.10 | | | 93.90 | 20.10 | | 25.00 | 28.50 | 20.50 |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 122 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| SPA8 | 06+500 | 2014/2015 | 43.86 | 1 | 1.75 | 75.10 | 17.10 | | | 7.80 | | | | | |
| SPA8 | 06+500 | 2014/2015 | 43.86 | | 4.75 | 76.60 | 17.10 | | | 6.30 | | | | | |
| SPA8 | 06+500 | 2014/2015 | 43.86 | | 9.25 | 68.20 | 25.40 | | | 6.40 | | | | | |
| SPA8 | 06+500 | 2014/2015 | 43.86 | | 15.23 | 4.10 | 73.00 | | | 22.90 | | | | | |
| SPA8 | 06+500 | 2014/2015 | 43.86 | | 21.23 | 2.70 | 75.20 | | | 22.10 | | | | | |
| BH-PE-14 | 06+818 | 2020 | 44.17 | CI | 24.73 | 0.00 | 6.47 | 73.82 | 19.72 | 93.54 | 19.18 | 2.69 | | 34.00 | 27.00 |
| BH-PE-14 | 06+818 | 2020 | 44.17 | | 7.73 | 66.04 | 27.26 | 4.52 | 2.19 | 6.71 | | 2.73 | | | |
| BH-PE-14 | 06+818 | 2020 | 44.17 | | 13.73 | 65.33 | 26.12 | 4.50 | 2.05 | 6.55 | | 2.71 | | | |
| BH-PE-14 | 06+818 | 2020 | 44.17 | | 15.23 | 2.48 | 68.70 | 18.57 | 10.25 | 28.82 | | 2.69 | | | |
| BH-PE-14 | 06+818 | 2020 | 44.17 | | 18.23 | 3.62 | 85.25 | 5.07 | 6.06 | 11.13 | | 2.70 | | | |
| BH-PE-14 | 06+818 | 2020 | 44.17 | | 19.48 | 3.26 | 84.05 | 6.63 | 6.07 | 12.70 | | 2.71 | | | |
| BH-PE-14 | 06+818 | 2020 | 44.17 | | 22.73 | 3.01 | 85.61 | 7.20 | 4.17 | 11.37 | | | | | |
| BH-PE-14 | 06+818 | 2020 | 44.17 | CI | 24.73 | | | | | 0.00 | | | | | |
| SA203B006 | 06+830 | 2002 | 44.6 | A | 25.85 | 0.00 | 4.80 | 78.20 | 17.00 | 95.20 | 19.40 | | 28.90 | 32.90 | |
| SA203B006 | 06+830 | 2002 | 44.6 | 1 | 6.30 | 53.80 | 41.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| SA203B006 | 06+830 | 2002 | 44.6 | | 12.30 | 58.20 | 39.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| SA203B006 | 06+830 | 2002 | 44.6 | | 18.30 | 9.30 | 88.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| SA203B006 | 06+830 | 2002 | 44.6 | | 21.23 | 1.20 | 91.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| SA203B006 | 06+830 | 2002 | 44.6 | | 33.23 | 1.80 | 77.30 | 12.60 | 8.30 | 20.90 | 19.40 | | | | |
| BH-PE-15 | 07+408 | 2021 | 42.36 | SPT1 | 1.78 | 54.00 | 36.00 | | | 10.00 | | | | | |
| BH-PE-15 | 07+408 | 2021 | 42.36 | SPT3 | 4.78 | 61.00 | 28.00 | | | 11.00 | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 123 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|-----|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| BH-PE-15 | 07+408 | 2021 | 42.36 | SPT5 | 7.78 | 55.00 | 28.00 | | | 17.00 | | | | | |
| BH-PE-15 | 07+408 | 2021 | 42.36 | SPT7 | 12.28 | 56.00 | 34.00 | | | 10.00 | | | | | |
| BH-PE-15 | 07+408 | 2021 | 42.36 | SPT9 | 18.28 | 68.00 | 24.00 | | | 8.00 | | | | | |
| BH-PE-15 | 07+408 | 2021 | 42.36 | SPT11 | 24.23 | | 1.00 | 80.00 | 19.00 | 99.00 | | | | 37.00 | 24.00 |
| BH-PE-15 | 07+408 | 2021 | 42.36 | SPT12 | 27.23 | | 1.00 | 78.00 | 21.00 | 99.00 | | | | 39.00 | 24.00 |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 3.23 | 74.50 | 14.70 | | | 10.80 | | | | | |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 6.23 | 78.00 | 12.70 | | | 9.30 | | | | | |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 10.73 | 81.50 | 11.30 | | | 7.20 | | | | | |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 13.73 | 74.50 | 23.50 | | | 2.00 | | | | | |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 15.23 | 29.60 | 58.40 | | | 12.00 | | | | | |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 21.23 | 2.80 | 83.20 | | | 14.00 | | | | | |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 22.75 | 0.00 | 0.70 | | | 99.30 | | | | 39.30 | 24.80 |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 27.23 | 0.00 | 1.60 | | | 98.40 | | | | 36.50 | 25.70 |
| SPA9 | 07+600 | 2014/2015 | 42.35 | | 32.73 | 0.00 | 73.30 | | | 26.70 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | A | 13.50 | 0.00 | 0.20 | | | 99.80 | 19.50 | | 31.50 | 41.10 | 22.50 |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | B | 16.70 | 0.00 | 0.70 | | | 99.30 | 19.20 | | 30.00 | 41.80 | 23.30 |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | C | 38.10 | 0.00 | 0.50 | | | 99.50 | 19.30 | | 29.70 | 36.70 | 23.00 |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 1.10 | 0.00 | 30.10 | | | 69.90 | | | | 37.00 | 25.80 |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 3.23 | 24.80 | 64.10 | | | 11.10 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 6.23 | 23.20 | 71.90 | | | 4.90 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 9.23 | 8.10 | 67.50 | | | 24.40 | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 124 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|--------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 12.23 | 0.00 | 84.40 | | | 15.60 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 21.23 | 0.00 | 87.60 | | | 12.40 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 24.23 | 0.00 | 91.80 | | | 8.20 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 30.23 | 78.80 | 18.30 | | | 2.90 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 34.73 | 0.00 | 98.10 | | | 1.90 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 40.73 | 0.00 | 60.50 | | | 39.50 | | | | | |
| SPA10 | 07+670 | 2014/2015 | 32.62 | | 45.23 | 0.00 | 97.30 | | | 2.70 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | A | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 82.50 | 17.50 | 100.00 | | 2.74 | 31.50 | 41.10 | 22.50 |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | B | 16.70 | 0.00 | 0.00 | 80.00 | 20.00 | 100.00 | 19.20 | 2.75 | 30.00 | 41.80 | 23.30 |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | C | 38.10 | 0.00 | 0.00 | 85.00 | 15.00 | 100.00 | 19.30 | | 29.70 | 36.70 | 23.00 |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | 1 | 1.10 | 0.00 | 30.00 | 62.50 | 7.50 | 70.00 | | | | 37.00 | 25.80 |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 3.23 | 25.00 | 65.00 | | | 10.00 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 6.23 | 25.00 | 70.00 | | | 5.00 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 9.23 | 17.50 | 57.50 | | | 25.00 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 12.23 | 0.00 | 85.00 | | | 15.00 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 21.23 | 0.00 | 87.50 | | | 12.50 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 24.23 | 0.00 | 87.50 | | | 12.50 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 30.23 | 80.00 | 16.50 | | | 3.50 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 34.73 | 0.00 | 97.50 | | | 2.50 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 40.73 | 0.00 | 60.00 | | | 40.00 | | | | | |
| SPCA10 | 07+670 | 2014/2015 | | | 45.23 | 0.00 | 97.50 | | | 25.00 | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 125 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | A | 1.80 | 0.00 | 72.40 | | | 27.60 | 18.70 | | 30.80 | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | B | 16.90 | 0.00 | 4.10 | | | 95.90 | 18.20 | | 28.00 | 29.80 | 24.50 |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 3.23 | 82.10 | 13.60 | | | 4.30 | | | | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 4.73 | 65.80 | 26.60 | | | 7.60 | | | | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 6.23 | 78.20 | 17.70 | | | 4.10 | | | | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 10.73 | 0.00 | 95.90 | | | 4.10 | | | | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 12.23 | 0.00 | 91.50 | | | 8.50 | | | | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 19.73 | 0.00 | 37.10 | | | 62.90 | | | | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 25.73 | 5.90 | 85.10 | | | 9.00 | | | | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 32.23 | 24.70 | 60.00 | | | 15.30 | | | | | |
| SPA9bis | 08+050 | 2014/2015 | 31.93 | | 38.23 | 0.00 | 47.00 | | | 53.00 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2020 | 30.89 | C11 | 24.25 | 0.20 | 41.50 | 30.10 | 28.20 | 58.30 | 19.30 | 2.57 | 23.50 | 37.10 | 24.80 |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 1.78 | 6.60 | 41.90 | | | 51.50 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 7.78 | 36.80 | 41.10 | | | 22.10 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 13.78 | 0.00 | 1.20 | | | 98.70 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 19.78 | 0.00 | 97.00 | | | 3.00 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 30.78 | 0.00 | 97.90 | | | 2.10 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 19.28 | 0.00 | 98.40 | | | 1.60 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 41.78 | 0.00 | 98.50 | | | 1.50 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 44.78 | 0.00 | 97.90 | | | 2.10 | | | | | |
| BH-PE-17 | 08+161 | 2021 | 30.89 | | 49.78 | 0.00 | 4.68 | 73.64 | 21.68 | 95.32 | | 2.71 | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 126 di 137 |



| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|-------------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | A | 18.30 | 0.00 | 92.20 | | | 7.80 | 18.90 | | 26.40 | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | B | 21.30 | 0.00 | 0.30 | | | 99.70 | 18.80 | 2.73 | 34.50 | 35.90 | 24.20 |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 1.10 | 0.00 | 8.60 | | | 91.40 | | | | 51.00 | 23.30 |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 6.15 | 69.50 | 26.50 | | | 4.00 | | | | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 9.40 | 2.40 | 94.50 | | | 3.10 | | | | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 13.15 | 0.70 | 95.00 | | | 4.30 | | | | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 22.10 | 8.10 | 17.90 | | | 74.00 | | | | 52.90 | 23.90 |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 23.90 | 0.00 | 49.80 | | | 50.20 | | | | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 30.10 | 7.30 | 82.20 | | | 10.50 | | | | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 33.10 | 4.30 | 86.60 | | | 9.10 | | | | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 36.10 | 0.10 | 75.80 | | | 24.10 | | | | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 39.10 | 0.00 | 75.50 | | | 24.50 | | | | | |
| SP11 | 08+420 | 2014/2015 | 31.16 | | 44.10 | 49.70 | 42.10 | | | 8.20 | | | | | |
| BH-PE-18Bis | 08+675 | 2021 | | CR1 | 15.23 | 0.50 | 90.00 | | | 9.50 | | | | | |
| BH-PE-18Bis | 08+675 | 2021 | | T3 | 19.75 | | 1.00 | 87.00 | 12.00 | 99.00 | 18.70 | 2.64 | 30.50 | 31.70 | |
| BH-PE-18Bis | 08+675 | 2021 | | CR3 | 23.23 | 39.40 | 34.70 | | | 25.90 | | | | | |
| BH-PE-18Bis | 08+675 | 2021 | | CR5 | 27.23 | 0.30 | 94.30 | | | 5.40 | | | | | |
| BH-PE-18Bis | 08+675 | 2021 | | CR6 | 30.23 | 0.40 | 90.00 | | | 9.60 | | | | | |
| BH-PE-18Bis | 08+675 | 2021 | | CR8 | 36.23 | 0.50 | 9.36 | | | 5.90 | | | | | |
| BH-PE-18Bis | 08+675 | 2021 | | CR10 | 42.23 | 0.30 | 92.70 | | | 7.10 | | | | | |
| BH-PE-18 | 08+808 | 2021 | 30.39 | | 1.73 | 0.00 | 32.61 | 59.08 | 8.31 | 67.39 | | 2.74 | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 127 di 137 |


| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| BH-PE-18 | 08+808 | 2021 | 30.39 | | 4.75 | 73.99 | 13.07 | 1.59 | 0.56 | 2.15 | | 2.75 | | | |
| BH-PE-18 | 08+808 | 2021 | 30.39 | | 7.75 | 75.00 | 17.40 | | | 3.30 | | | | | |
| BH-PE-18 | 08+808 | 2021 | 30.39 | | 15.23 | 0.00 | 85.00 | | | 14.90 | | | | | |
| BH-PE-18 | 08+808 | 2021 | 30.39 | CR1 | 2.55 | 67.00 | 28.25 | 3.19 | 1.56 | 4.75 | | 2.73 | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | A | 21.25 | 0.00 | 4.50 | | | 95.50 | 19.80 | 2.75 | 27.70 | 30.60 | 23.90 |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 0.60 | 0.20 | 44.20 | | | 55.60 | | | | 28.20 | 20.00 |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 3.60 | 68.90 | 24.50 | | | 6.60 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 7.73 | 17.50 | 62.40 | | | 20.10 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 10.73 | 0.00 | 92.50 | | | 7.50 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 13.73 | 0.00 | 94.60 | | | 5.40 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 19.73 | 0.00 | 93.50 | | | 6.50 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 22.73 | 0.00 | 41.30 | | | 58.70 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 25.60 | 0.00 | 91.90 | | | 8.10 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 27.60 | 0.00 | 11.30 | | | 88.70 | | | | 77.10 | 46.70 |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 33.23 | 0.00 | 62.50 | | | 37.50 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 36.23 | 0.00 | 78.70 | | | 21.30 | | | | | |
| SPAA12bis | 08+850 | 2014/2015 | 30.8 | | 38.93 | 0.00 | 93.10 | | | 6.90 | | | | | |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | A | 21.30 | 100.00 | 0.00 | | | 0.00 | 18.50 | | 35.20 | | |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | B | 27.30 | 0.00 | 1.10 | 33.60 | 65.30 | 98.90 | | | | | |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | C | 34.80 | 0.00 | 0.40 | 25.60 | 74.00 | 99.60 | | | | | |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | | 9.23 | 69.50 | 20.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.80 | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 128 di 137 |

| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | | 12.23 | 0.20 | 85.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 17.90 | | | | |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | | 15.23 | | | | | | 19.70 | | | | |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | | 18.23 | 1.80 | 82.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 19.80 | | | | |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | | 30.25 | 0.10 | 69.20 | 20.40 | 10.30 | 30.70 | 18.40 | | | | |
| XA203P008 | 09+020 | 2002 | 30.5 | | 33.23 | 0.50 | 93.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 17.20 | | | | |
| SPAA13 | 09+240 | 2014/2015 | 29.37 | B | 24.50 | 0.00 | 0.60 | | | 99.40 | 20.10 | | 29.50 | 33.30 | 24.80 |
| SPAA13 | 09+240 | 2014/2015 | 29.37 | C | 27.60 | 0.00 | 0.50 | | | 99.50 | 19.90 | | 30.90 | 31.00 | 22.90 |
| SPAA13 | 09+240 | 2014/2015 | 29.37 | | 1.73 | 83.70 | 12.50 | | | 3.80 | | | | | |
| SPAA13 | 09+240 | 2014/2015 | 29.37 | | 3.23 | 0.00 | 92.40 | | | 7.60 | | | | | |
| SPAA13 | 09+240 | 2014/2015 | 29.37 | | 18.25 | 0.10 | 96.90 | | | 3.00 | | | | | |
| SPAA13 | 09+240 | 2014/2015 | 29.37 | | 36.25 | 0.00 | 0.90 | | | 99.10 | | | | 47.40 | 28.50 |
| SPAA13 | 09+240 | 2014/2015 | 29.37 | | 45.25 | 1.40 | 90.90 | | | 7.70 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | A | 1.80 | 0.00 | 11.10 | | | 88.90 | 17.70 | 2.74 | 44.90 | 47.70 | 28.20 |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | B | 35.80 | 0.00 | 17.70 | | | 82.30 | 18.50 | 2.75 | 31.40 | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 2.75 | 0.00 | 46.90 | | | 53.10 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 4.73 | 76.00 | 17.90 | | | 6.10 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 7.73 | 77.00 | 13.30 | | | 9.70 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 10.73 | 87.20 | 10.60 | | | 2.20 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 13.73 | 0.00 | 93.80 | | | 6.20 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 15.23 | 3.20 | 90.50 | | | 6.30 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 18.23 | 0.00 | 89.60 | | | 10.40 | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001C | Foglio 129 di 137 |

| Sond. | Prog. | CAMPAGNA | Quota | Campione | Prof. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | L+A | γ_t | Gs | w _n | LL | LP |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
| | [Pk.Km.] | | [m slmm] | | [m p.c.] | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | [kN/m ³] | [-] | [%] | [%] | [%] |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 21.23 | 0.00 | 92.00 | | | 8.00 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 24.23 | 57.30 | 38.60 | | | 4.10 | | | | | |
| SPA13bis | 09+650 | 2014/2015 | 29.41 | | 30.23 | 0.00 | 88.30 | | | 11.70 | | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 6.25 | 66.40 | 25.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 12.43 | 0.10 | 83.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.50 | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 15.93 | 0.30 | 82.30 | 11.60 | 5.80 | 17.40 | 18.90 | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 18.43 | 0.30 | 91.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.70 | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 24.43 | 0.70 | 96.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | 1.90 | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 27.25 | 46.20 | 37.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 33.43 | 0.60 | 87.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.90 | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 36.30 | 0.00 | 1.20 | 50.20 | 48.60 | 98.80 | 19.00 | | 32.70 | 43.30 | 33.30 |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 39.43 | 0.00 | 90.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16.50 | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 42.43 | 0.10 | 93.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.10 | | | | |
| XA203P009 | 10+027 | 2002 | 30.2 | | 47.90 | 0.00 | 0.80 | 33.40 | 65.80 | 99.20 | 18.20 | | 39.00 | 51.10 | 39.80 |
| SP14bis | 10+030 | 2014/2015 | 28.8 | A | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 95.50 | 16.80 | 2.70 | 56.70 | 60.30 | 28.20 |
| SP14bis | 10+030 | 2014/2015 | 28.8 | 1 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 94.50 | | | | 69.40 | 28.50 |
| SP14bis | 10+030 | 2014/2015 | 28.8 | | 4.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.30 | | | | | |
| SP14bis | 10+030 | 2014/2015 | 28.8 | | 9.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.10 | | | | | |
| SP14bis | 10+030 | 2014/2015 | 28.8 | | 13.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.50 | | | | | |
| SP14bis | 10+030 | 2014/2015 | 28.8 | | 22.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.30 | | | | | |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica E12RBGE0000001C</p> | <p>Foglio 130 di 137</p> |

ALLEGATO 2 - PLANIMETRIE TRACCIATO ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE000001C

Foglio

131 di
137

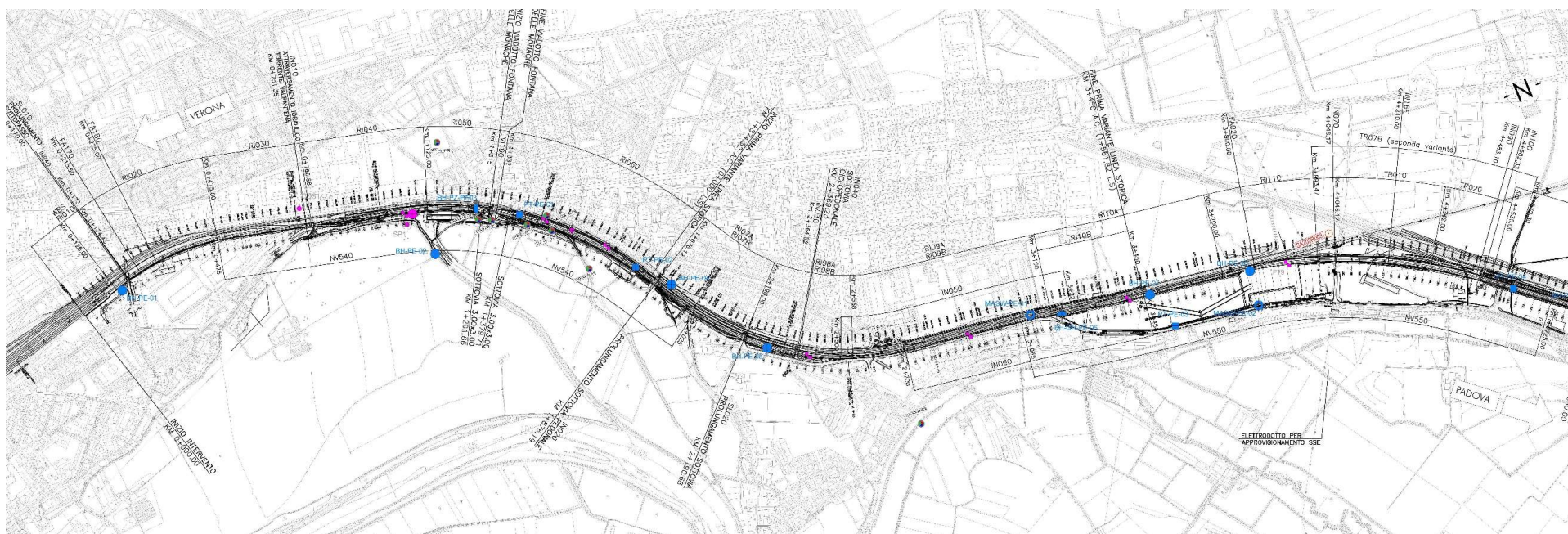


Figura 7 – Planimetria tracciato ed ubicazione indagini tra pk 0+000 e pk 4+500

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE000001C

Foglio

132 di
137

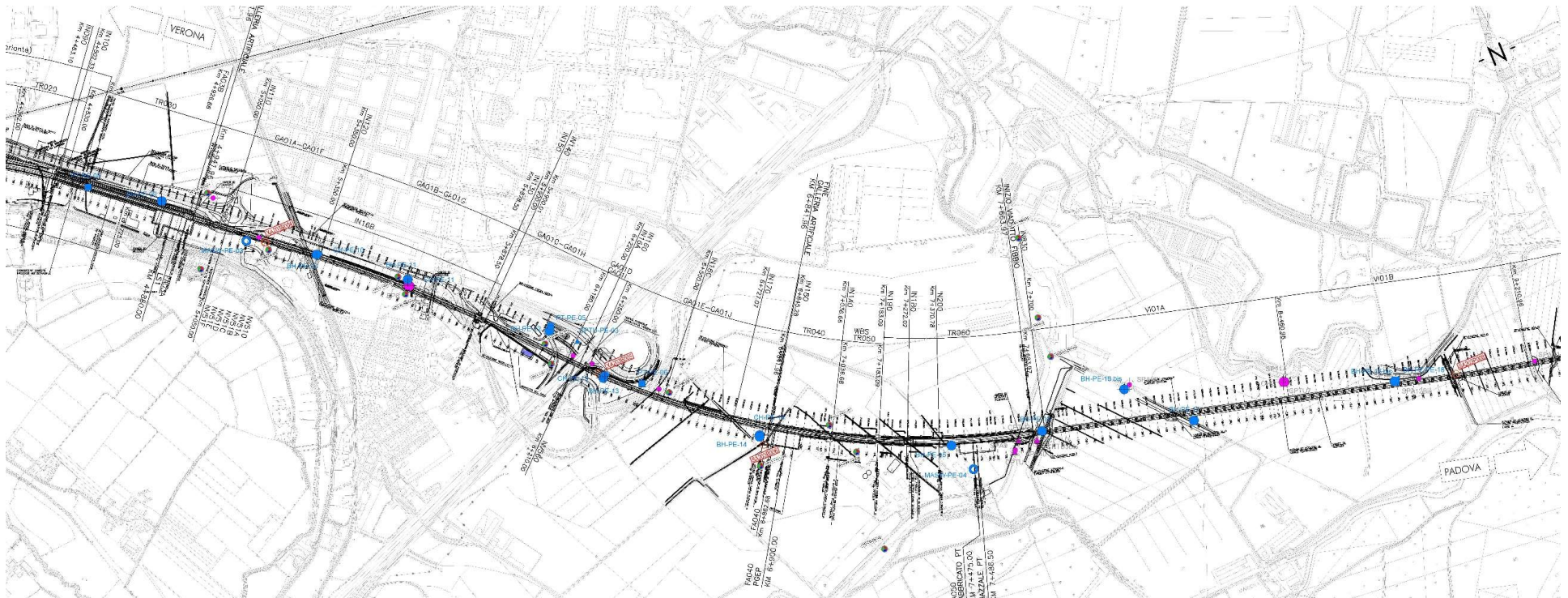


Figura 8 – Planimetria tracciato ed ubicazione indagini tra pk 4+500 e pk 9+000



| | | | | |
|---|--|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | | | |
| <p>Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)</p> | <p>Progetto IN17</p> | <p>Lotto 10</p> | <p>Codifica EI2RBGE000001C</p> | <p>Foglio 133 di 137</p> |



Figura 9 – Planimetria tracciato ed ubicazione indagini tra pk 9+000 e pk 10+050

GENERAL CONTRACTOR





ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|-----------------|---------------|
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | Progetto | Lotto | Codifica | Foglio |
| | IN17 | 10 | EI2RBGE0000001C | 134 di 137 |

ALLEGATO 3 – PROFILI GEOTECNICI

| | | | | | |
|--|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2RBGE0000001 | A |

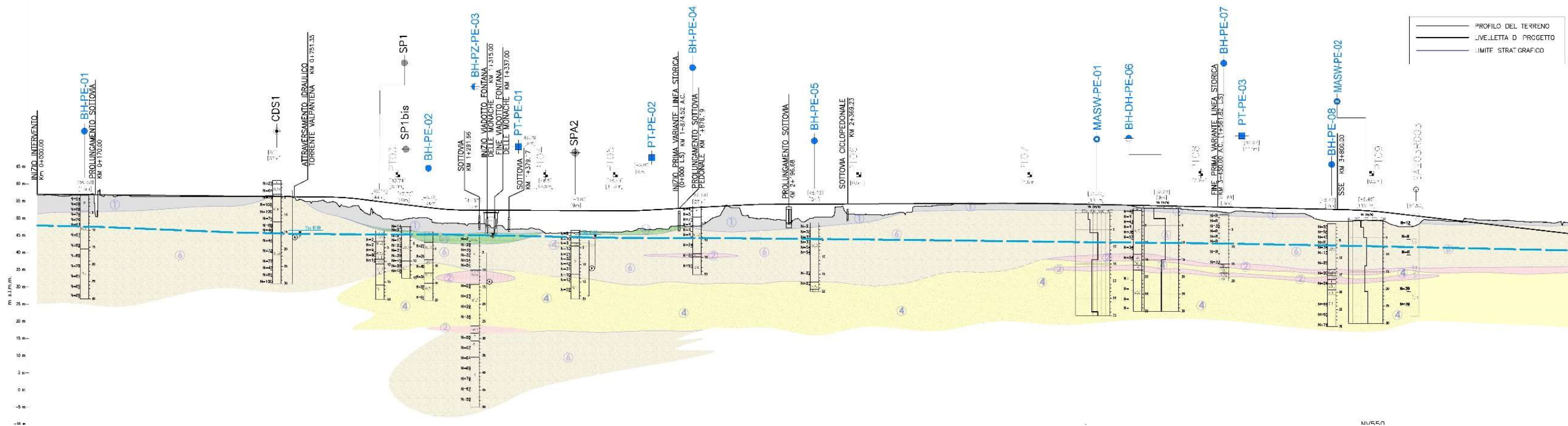


Figura 10 – Profilo geotecnico, tra pk 0+000 e pk 4+500

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)

Progetto
IN17

Lotto
10

Codifica
E12RBGE0000001C

Foglio
136 di
137

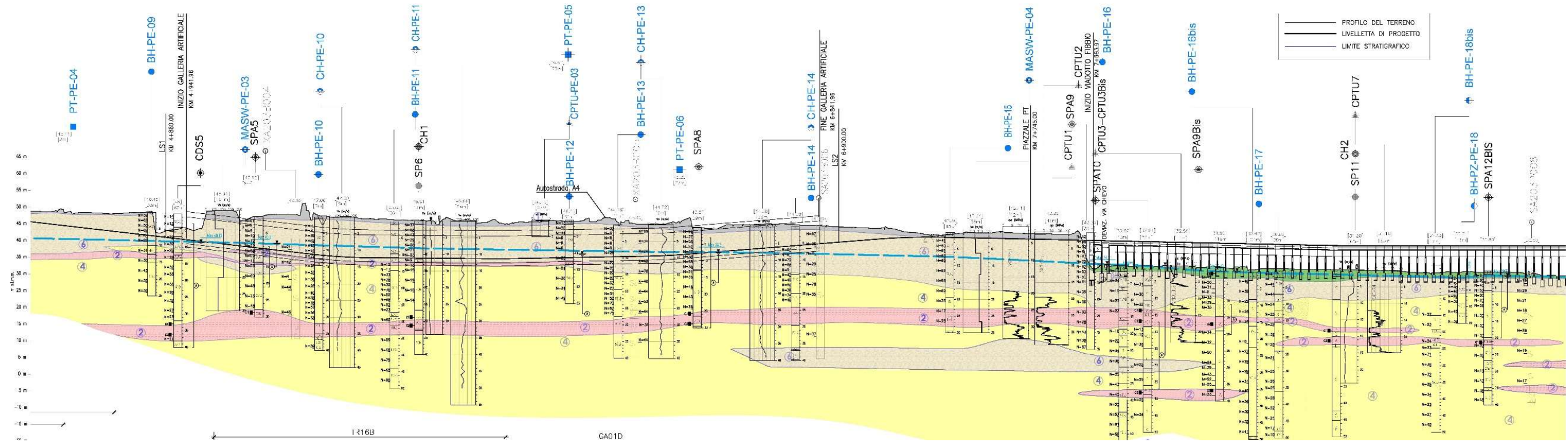


Figura 11 – Profilo geotecnico, tra pk 4+500 e pk 9+000

GENERAL CONTRACTOR

Consorzio IricAV Due

ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)

Progetto
IN17

Lotto
10

Codifica
E12RBGE0000001C

Foglio
137 di
137

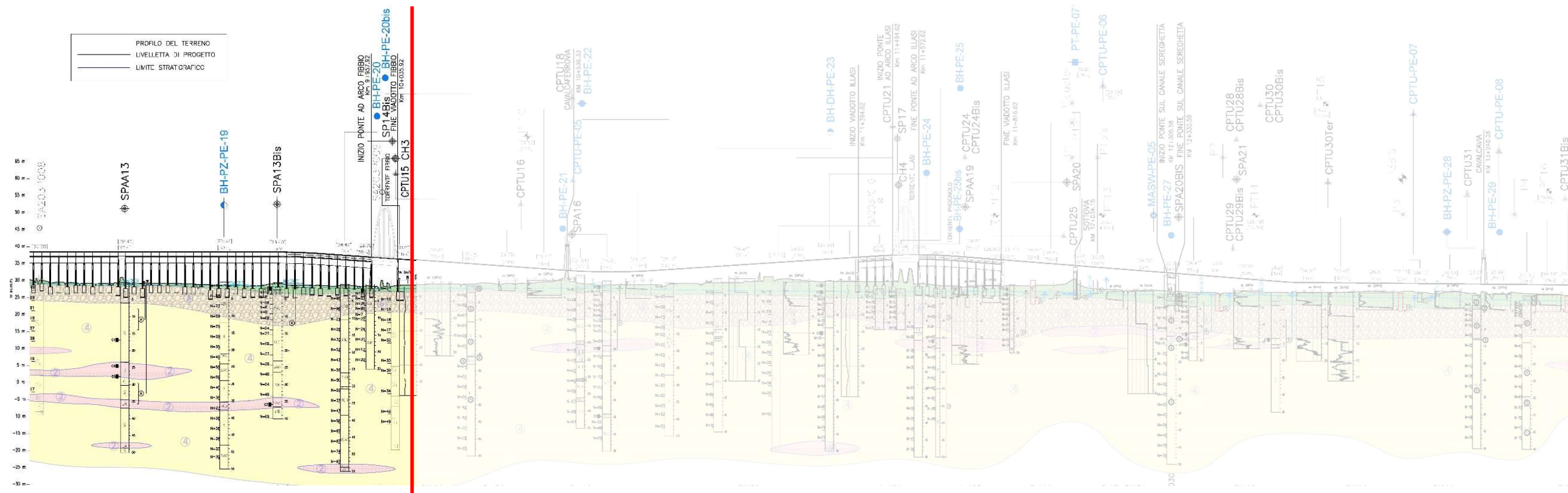


Figura 12 – Profilo geotecnico, tra pk 9+000 e pk 10+050