COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA

RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI
LOTTO 1 - TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

GEOTECNICA

Lotto 1 – Relazione geotecnica generale

	SCALA:
	-
<u>_</u>	

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

I A 4 S 0 1 D 2 9 G E G E 0 0 0 6 0 0 1 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data	
А	CONSEGNA	P. Mazzoni	18.12.2018	P.Tascione	18.12.2018	10 10 2010	T. Paoletti	18.12.2018	F. Arduini
	CARATTERIZZANTI		16.12.2016				18.12.2018	Roma	
В	EMISSIONE ESECUTIVA	E. Lombardo	28/05/2019	L. Eboli	29/05/2019	00/05/0040	T. Paoletti	00/05/0040	02.02.5021
						<i>l.</i>	30/05/2019	B.p.A.	
С	EMISSIONE ESECUTIVA	E. Lombardo	29.01.2021	P. Tascione	01.02.2021	T. Paøletti	02.02.2021		
						14		ITALFERM Directions The Infrastruture of the Eabli Ingogneri 86	
								E o ta following	
								dine de	

File: IA4S01D29GEGE0006001C.docx n. Elab.: 4-01



REV.

С

FOGLIO

2 di 309

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IA4S 01 D29 GE GE0006 001

INDICE

1.	INTRO	ODUZIONE	6
2.	DOCL	JMENTI DI RIFERIMENTO	7
2.1	D	OCUMENTAZIONE DI PROGETTO E DI BASE	7
2.2	N	IORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	8
2.3	В	BIBLIOGRAFIA	9
3.	DESC	CRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE	14
3.1		CAMPAGNA INDAGINI DEL PROGETTO DEFINITIVO (FEBBRAIO-APRILE 2018, NOVEMBRE 2018, GENNAIO 2019, 2 5	2020
4.	QUAD	DRO DI RIFERIMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	18
4.1	D	DESCRIZIONE UNITÀ GEOLOGICHE	18
4.2	D	DESCRIZIONE UNITÀ GEOTECNICHE	18
5.	PROF	FILO FREATICO	22
6.	CRITE	ERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	23
6.1	G	GENERALITÀ	23
6.2	I۱	NDIVIDUAZIONE DEL TIPO DI TERRENO DA PROVE CPT/CPTU	23
6.3	I۱	NDIVIDUAZIONE DEL TIPO DI TERRENO DA PROVE DPSH	25
6.4	Т	ERRENI COESIVI (LIMI E ARGILLE) SATURI	26
	6.4.1	Introduzione	26
	6.4.2	Stato tensionale iniziale	26
	6.4.3	Resistenza al taglio non drenata	28
	6.4.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	29
	6.4.5	Caratteristiche di deformabilità	29
	6.4.6	Coefficienti di permeabilità	33
	6.4.7	Coefficienti di consolidazione primaria e secondaria	34
6.5	Т	FRRENI INCOFRENTI (SABBIF PIÙ O MENO I IMOSE)	34



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO GE0006 001 C 3 di 309

	6.5.1	Introduzione	34
	6.5.2	Stato iniziale del deposito	35
	6.5.3	Densità relativa	36
	6.5.4	Indice dei vuoti iniziale	41
	6.5.5	Angolo di resistenza al taglio	41
	6.5.6	Caratteristiche di deformabilità	43
7.	CARA	TTERIZZAZIONE DELLE UNITA' STRATIGRAFICHE	49
7.′	I R	ISULTATI ED INTERPRETAZIONE DELLE PROVE IN SITO	49
	7.1.1	Resistenza alla punta da CPTU e SCPTU	51
	7.1.2	Numero colpi Nspt	64
	7.1.3	Numero colpi N ₂₀ da DPSH	65
	7.1.4	Resistenza alla punta da Pocket Penetrometers	67
	7.1.5	Velocità delle onde di taglio da SCPTU	76
	7.1.6	Velocità delle onde di taglio da MASW	80
	7.1.7	Caratteristiche di deformabilità	86
	7.1.8	Caratteristiche di resistenza	144
7.2	2 R	ISULTATI ED INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI LABORATORIO	192
	7.2.1	Granulometrie e caratteristiche fisiche	193
	7.2.2	Caratteristiche di resistenza	203
	7.2.3	Caratteristiche di deformabilità	207
8.	PERM	EABILITÀ TERRENI	212
8.′	I C	OEFFICIENTI DI PERMEABILITÀ DI PROGETTO	215
9.	DEFIN	IIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	217
9.1	I P	ARAMETRI GEOTECNICI ASSOCIATI ALLE UNITÀ STRATIGRAFICHE	219
10	.CARA	TTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TRACCIATO	221
10	.1 D	A 0+000 A 2+530	223
	10.1.1	Coesione non drenata	225



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 4 di 309

	10.1.	.2 Angolo di attrito interno	.226
	10.1.	.3 Modulo di Young iniziale	.227
10.	2	Da 2+530 a 3+150	.228
	10.2.	.1 Coesione non drenata	.230
	10.2.	.2 Angolo di attrito interno	.231
	10.2.	.3 Modulo di Young iniziale	.232
10.	3	Da 3+150 a 4+400	.233
	10.3.	.1 Coesione non drenata	.235
	10.3.	.2 Angolo di attrito interno	.236
	10.3.	.3 Modulo di Young iniziale	.237
10.	4	Da 4+400 a 5+300	.238
	10.4.	.1 Coesione non drenata	.240
	10.4.	.2 Angolo di attrito interno	.241
	10.4.	.3 Modulo di Young iniziale	.242
10.	5	Da 5+300 a 6+100	.243
	10.5.	.1 Coesione non drenata	.244
	10.5.	.2 Angolo di attrito interno	.245
	10.5.	.3 Modulo di Young iniziale	.246
10.	6	Da 6+100 a 6+500	.247
11.	AZIC	ONE SISMICA DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE	.248
11.	1	Premessa	.248
11.	2	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	.249
11.	3	STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	.250
11.	4	ACCELERAZIONE DI RIFERIMENTO SU SUOLO RIGIDO	.252
11.	5	RISPOSTA SISMICA LOCALE	.254
12.	STAI	BILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	.257
12	1	GENERALITÀ	257



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TETTINO.

DOCUMENTO

GE0006 001

REV.

С

FOGLIO

5 di 309

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

CODIFICA

GE

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

12.2	CONDIZIONI DI ESCLUSIONE DA VERIFICA A LIQUEFAZIONE	258
12.3	PERICOLOSITÀ SISMICA E MAGNITUDO	260
12.4	METODO DI ANALISI	260
12.	4.1 CRR da correlazioni su prove CPT	262
12.	4.2 CRR da correlazioni su prove SPT	264
12.	4.3 Calcolo del fattore di sicurezza	267
12.	4.4 Calcolo dei cedimenti post-sismici	267
12.	4.5 Indice di potenziale di liquefazione	269
12.5	SINTESI DEL RISULTATO DELLE VERIFICHE A LIQUEFAZIONE	270
ALLEG	ATO A.1: VERIFICHE A LIQUEFAZIONE SU PROVE CPT E CPTU	252
ALLEG	ATO B.1: VERIFICHE A LIQUEFAZIONE SU PROVE SPT	288

ALLEGATO C: PROVE DI LABORATORIO E LORO INTERPRETAZIONE......277

COMMESSA

IA4S

LOTTO

01 D29



1. INTRODUZIONE

Il presente documento definisce il modello geotecnico di sottosuolo da adottarsi per il Progetto Definitivo del raddoppio ferroviario della tratta Pescara Porta Nuova – Chieti (Lotto 1), *Tratta Pescara Porta Nuova – Pm San Giovanni Teatino*, realizzato nell'ambito della velocizzazione della linea Roma – Pescara.

Il modello è stato ricostruito a partire dai risultati delle campagne di indagine del 2018 (marzo e novembre). Ad integrazione dei dati ottenuti dalle suddette campagne di indagine sono stati utilizzati anche i dati provenienti dalle successive campagne di indagine (Gennaio 2019 e anno 2020), nel corso della quale sono state eseguite ulteriori prove penetrometriche di tipo sismico, sondaggi, CPT e DPSH.

Scopo del documento è la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, ai fini del calcolo geotecnico delle opere da realizzare nell'ambito del Lotto 1.

Il Lotto 1 del tracciato ferroviario della linea in esame è stato suddiviso in tratte omogenee per stratigrafia e caratteristiche geotecniche. Per ogni tratta sono stati definiti i profili ed i parametri geotecnici di progetto da adottarsi per le verifiche di sicurezza e funzionalità delle opere, riportate nelle specifiche relazioni geotecniche di calcolo.



2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto e di base

Si riporta di seguito l'elenco dei documenti utilizzati per la stesura della presente relazione:

- [1] Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica (Doc. Rif. IA4R01R69RGGE0001001A)
- [2] Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Monitoraggio piezometrico Relazione preliminare– (Doc. Rif. IA4R00R69RHGE0005001A)
- [3] Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Relazione Geofisica (Doc. Rif. IA4R01R69IGGE0005001A)
- [4] Progetto di Fattibilità Tecnico Economica ALLEGATI Fase 1 (Doc. Rif. IA4R01R69SGGE005001A)
- [5] Progetto di Fattibilità Tecnico Economica ALLEGATI Fase 1 (Doc. Rif. IA4R02R69SGGE005001A)
- [6] Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Prove di laboratorio sondaggi: S1 S2 S3 S4
 S5 S6 S7 Fase 1 (Doc. Rif. IA4R01R69PRGE005001A)
- [7] Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Prove di laboratorio sondaggi: S8 S9 S10 S11 S12 S13 S14 S15 S16 Fase 1 (Doc. Rif. IA4R02R69PRGE005001A)
- [8] Progetto Definitivo Relazione Geologica (Doc. rif. IA4S01D69RGGE001001A)
- [9] Progetto Definitivo Carta e Profilo geologico Tav.1/2
- [10] Progetto Definitivo Carta e Profilo geologico Tav.2/2
- [11] Progetto Definitivo Carta e Profilo idrogeologico Tav. 1/2
- [12] Progetto Definitivo Carta e Profilo idrogeologico Tav. 1/2
- [13] Progetto Definitivo Plano-profilo geotecnico Tav. 1 (Doc. rif. IA4S01D29F6GE0006001B)
- [14] Progetto Definitivo Plano-profilo geotecnico Tav. 2 (Doc. rif. IA4S01D29F6GE0006002B)



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 8 di 309

[15] Progetto Definitivo - Plano-profilo geotecnico - Tav. 3 - (Doc. rif.- IA4S01D29F6GE0006003B)

[16] Progetto Definitivo - Plano-profilo geotecnico - Tav. 4 - (Doc. rif. - IA4S01D29F6GE0006004B)

[17] Progetto Definitivo - Plano-profilo geotecnico - Tav. 5 - (Doc. rif. - IA4S01D29F6GE0006005B)

2.2 Normativa e standard di riferimento

Si riporta di seguito l'elenco delle normative a cui si è fatto riferimento per la stesura della presente relazione:

- [18] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30.
- [19] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore del Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
- [20] RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21.12.2018- "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI".
- [21] RFI DTC INC CS LG IFS 001 A del 21.12.2011 "Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra".
- [22] RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21.12.2018- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili Parte II Sezione 5 "Opere in terra e scavi" RFI.
- [23] 2008/217/CE "Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità (20/12/2007)".
- [24] 2011/275/CE "Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale (26/04/2011)".
- [25] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 Progettazione geotecnica Parte 1: Regole generali
- [26] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 Progettazione delle strutture per la resistenza sismica Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- [27] AGI (1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.



[28] AGI (2005) Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee guida.

2.3 Bibliografia

- [29] Andrus, RD, NP Mohanan, P Piratheepan, BS Ellis, and TL Holzer (2007). Predicting shear-wave velocity from cone penetration resistance, Proc., 4th Inter. Conf. on Earthq. Geotech. Eng., Thessaloniki, Greece.
- [30] Baldi G., Jamiolkowski M., Lo Presti D.C.F., Manfredini G., Rix G.J. (1989) "Italian experiences in assessing shear wave velocity from CPT and SPT" Earthquake Geotechnical Engineering, Proc. of Discussion Session on Influence of Local Conditions on Seismic Response, 12th Int. Conf. on S.M.F.E., Rio de Janeiro, Brasil, pp. 157-168.
- [31] Balmer G. (1952) "A general analytical solution for Mohr's envelope" ASTM, 52.
- [32] Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36, n° 1.
- [33] Boulanger, R. W. and Idriss, I. M. (2004). State normalization of penetration resistances and the effect of overburden stress on liquefaction resistance, in Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, and 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, D. Doolin et al., eds., Stallion Press, Vol. 2, pp. 484–91.
- [34] Burland, J.B. (1990). On the compressibility and shear strength of natural clays. Géotechnique 40, n° 3, 329-378.
- [35] Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995.
- [36] Cubrinowski M., Ishihara K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils" Soils and Foundations, vol. 39, n° 5, pp. 61-71.
- [37] Durgunoglu H.T., Mitchell J.K. (1975) "Static penetration resistance of soils, I -Analyses, II Evaluation of the theory and interpretation for practice" ASCE Specialty Conference on in Situ Measurements of Soil Properties, Raleigh NC, V.I..
- [38] Elson W.K. (1984) "Design of laterally-loaded piles" CIRIA Report 103.



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 10 di 309

- [39] Fahey M. (1992) "Shear modulus of cohesionless soil: variation with stress and strain level" Canadian Geotechnical Journal, n°30.
- [40] Hegazy, YA and Mayne, PW. (1995) "Statistical correlations between VS and cone penetration data for different soil types," Proc., International Symposium on Cone Penetration Testing, CPT '95, Linkoping, Sweden, 2, Swedish Geotechnical Society, 173-178.
- [41] Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2008), "Soil liquefaction during earthquakes", MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [42] Ishihara, K. and Yoshimine, M., (1992), Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes: Soils and Foundations, 32(1), p.173-188.
- [43] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali.
- [44] Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S., Yasuda S. and Sado H. (1982). "Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods", Vol III, Proc. 3rd Intnl. Conf. on Microzonation, Seattle, pp. 1319-1330.
- [45] Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) "New correlations of penetration tests for design practice" Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando.
- [46] Ladd C.C., Foot R. (1974) "A new design procedure for stability of soft clays" Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol.100, n° 7.
- [47] Ladd C.C., Foot R., Ishihara K., Schlosser F., Poulos H.G. (1977) "Stress deformation and strength characteristics" S.O.A. Report, Proc. IX Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Tokyo, Vol. 2.
- [48] Lo Presti D.C.F. (1989) "Proprietà dinamiche dei terreni" Atti delle Conferenze di Geotecnica di Torino, 14th Ciclo, Comportamento dei terreni e delle fondazioni in campo dinamico.
- [49] Marchetti S. (1985) "On the field determination of k0 in sand" Discussion Session 2A, 11th ICSMFE, S. Francisco.



VELOCIZZAZIONE **DELLA** LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GF0006 001 11 di 309

- [50] Matlock, H., Reese, L.C. (1960). "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, V.86, No.SM5, pp.63-91.
- [51] Mayne, P.W., G.J. Rix, (1995). Correlation between shear wave velocity and cone tip resistance in natural clays, Soils and Foundations, vol. 35, n. 2, 107-110.
- [52] Mayne, P. W., (2006), In-situ test calibrations for evaluating soil parameters, Overview paper, Characterization and Engineering Properties of Natural Soils II (Proc. Singapore Workshop), Taylor & Francis Group, London, United Kingdom.
- [53] Ohta Y., Goto N. (1978) "Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes" Earthquake Engineering anf Structural Dynamics, vol.6.
- [54] Rocchi G.F. (2003) "Correlazione empirica tra coefficiente di permeabilità, indice dei vuoti e caratteristiche di plasticità in argille e limi" Documento interno Studio Geotecnico Italiano.
- [55] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential", Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- [56] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [57] Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), "The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445.
- [58] Simpson B., Calabresi G., Sommer H., Wallays M. (1979) "Design parameters for stiff clays" General Report, Proc. 7th ECSMFE, Brighton.
- [59] 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.
- [60] Somerville S.H. (1986) "Control of groundwater for temporary works" CIRIA Report 113.
- [61] Sonmez H. (2003), "Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction prone area (Inegol, Turekey)", Environ. Geology, vol 44, n° 7, pp. 862-871.



- [62] Stroud M.A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks" Proceedings ESOPT I.
- [63] 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.
- [64] Sykora, D. E., Stokoe K. H. (1983). Correlations of in situ measurements in sands of shear wave velocity. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 20: 125 136.
- [65] Tokimatsu K., Yoshimi Y. (1983) "Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT N-valueand fines content" Soils and Foundations 23, n° 4.
- [66] Vucetic M., Dobry R. (1991) "Effect of soil plasticity on cyclic response" Journal of Geotechnical Engineering, vol. 117, n° 1, pp. 89-107.
- [67] Yoshimine M., Nishizaki H., Amano K. and Hosono Y. (2006). "Flow deformation of liquefied sand under constant shear load and its application to analysis of flow slide in infinite slope". Soil dynamics and earthquake Eng., vol. 26, pp. 253-264.
- [68] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" Proceedings of Symposium on Eval. Dens., ASTM STP 523.
- [69] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833
- [70] Convenzione INGV-DPC 2004 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: http://esse1.mi.ingv.it/.



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 13 di 309

- [71] Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15. Sito web: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/
- [72] Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E.; 2008. A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. Tectonophysics, 450(1), 85-108. DOI: 10.1016/j.tecto.2008.01.003
- [73] Rovida, A., Camassi, R., Gasperini P. e Stucchi, M. (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11.
- [74] Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). "Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TERTINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 14 di 309

3. DESCRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE

Nel presente capitolo viene fornita la sintesi delle indagini in sito e di laboratorio effettuate.

L'area oggetto del presente lavoro è stata investigata dalla campagna di indagini geognostiche del progetto definitivo eseguite tra febbraio e aprile 2018 e completate nel novembre 2018 con l'esecuzione del sondaggio S8_n e delle prove penetrometriche statiche con punta piezoconica CPTU; una ulteriore campagna di indagine è stata condotta nel gennaio 2019 al fine di eseguire delle prove penetrometriche sismiche di tipo SCPTU e una successiva campagna di indagine è statao condotta nel corso del 2020 eseguendo sondaggi, CPT e DPSH. I risultati ottenuti dalle suddette hanno permesso di definire il modello geotecnico dell'area.

La campagna di indagini geognostiche 2018 è stata condotta da I.M.O.S s.r.l. per conto di Italferr; nell'ambito del Lotto 1 sono stati eseguiti 9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con profondità comprese tra i 21 e i 51 metri dal piano campagna, 5 prove penetrometriche statiche con punta piezoconica CPTU fino a profondità comprese tra i 6.5 metri e i 13.5 metri e una prova penetrometrica dinamica DPSH. Lungo ogni verticale indagata sono state eseguite delle prove in situ (SPT, Pocket Penetrometer e di permeabilità tipo Lefranc) e prelevati campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati; successivamente sono stati installati i piezometri Casagrande in 8 fori di sondaggio.

Nell'area in oggetto sono stati realizzati anche 6 stendimenti di sismica per indagini MASW, 2 stendimenti si sismica a rifrazione (SRT), 2 stendimenti acquisiti mediante metodologia geoelettrica (ERT) da parte di DIMMS CONTROL e infine 4 prove penetrometriche sismiche con punta piezoconica SCPTU fino a profondità di 30 metri nel gennaio 2019 da parte di G.S.C. Indagini geognostiche.

Nell'arco del 2020 sono stati inoltre eseguiti un sondaggio, 3 CPT ed una prova DPSH a cura di Sondedile Srl.

Sui campioni indisturbati, di qualità idonea, sono state eseguite prove di classificazione (limiti di Atterberg e granulometria), prove di taglio diretto, prove edometriche, prove di rigonfiamento, prove triassiali UU, CIU e CID.

Di seguito si riportano i dettagli sulla campagna di indagini geognostiche.



3.1 Campagna indagini del Progetto Definitivo (febbraio-Aprile 2018, novembre 2018, gennaio 2019, 2020)

Indagini in sito:

- n. 10 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità variabile tra i 21 e i 51 metri:
- n. 5 prove penetrometriche statiche con punta piezoconica (CPT/CPTU) spinte sino a profondità variabile tra i 1.5 e i 23.5 metri;
- rilievo stratigrafico e geomeccanico dei litotipi attraversati;
- n. 10 prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- installazione nei fori di sondaggio di piezometri a tubo aperto e Casagrande:
- n. 53 prove penetrometriche in foro tipo SPT nei 10 fori di sondaggio (punta aperta con prelievo di campioni rimaneggiati);
- n. 2 prova penetrometrica dinamica DPSH;
- prove con Pocket penetrometers;
- prove geofisiche (6 prove MASW, 2 indagini geoelettriche ERT e 2 indagini sismiche a rifrazione SRT);
- n. 4 prove penetrometriche sismiche con punta piezoconica (SCPTU) spinte sino a profondità di 30 metri.

Prove di laboratorio:

- prelievo di n. 38 campioni indisturbati durante la perforazione, con l'esecuzione di:
- descrizione e prove di classificazione;
- prova di taglio diretto (TD);
- prova edometrica (EDO);
- prove di rigonfiamento;



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

OMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4S	01 D29	GE	GE0006 001	С	16 di 309

- prove di compressione triassiale consolidate drenate (TX-CID) non drenate (TXCIU) e non consolidate non drenate (TXUU);
- prelievo di n. 4 campioni rimaneggiati da cassetta catalogatrice con l'esecuzione di:
- descrizione e prove di classificazione;
- prelievo di n. 40 campioni rimaneggiati da SPT con l'esecuzione di descrizione e prove di classificazione.

Di seguito si riporta l'elenco dei sondaggi e delle indagini eseguite.

Tabella 1: Sondaggi e prove in sito della campagna di indagine del Progetto definitivo (Lotto 1).

Anno	Sondaggio/ CPT	Quota m s.l.m.	Prof. (m)	SPT	Lefranc	Piezometri TA/ Casagrande	Campioni indisturbati Shelby/Osterberg	Campioni rimaneggiati
2018	S1	1.53	51.00	8	1	1	4	8
2018	S2	1.94	40.00	7	1	1	4	5
2018	S3	2.15	37.50	6	1	1	4	5
2018	S4	1.94	40.00	7	1	1	3	7
2018	S5	2.99	30.00	5	1	1	3	4
2018	S6	11.90	40.00	7	1	-	4	6
2018	S7	15.32	30.00	5	1	1	4	3
2018	S8	17.40	30.00	5	1	1	4	2
2018	S8_n	9.07	31.20	4	-	1	2	6
2018	CPTU_02	11.00	6.86	-	-	-	-	-
2018	CPTU_03	15. 00	9.85	-	-	-	-	-
2018	CPTU_04	16.00	13.42	-	-	-	-	-
2018	CPTU_05	20.00	9.80	-	-	-	-	-
2018	CPTU_06	21.00	13.50	-	-	-	-	-
2018	DPSH_01	11.00	18.00	-	-	-	-	-
2018	MASW1	1.00	-	-	-	-	-	-
2018	MASW2	1.00	-	-	-	-	-	-
2018	MASW3	1.00	-	-	-	-	-	-
2018	MASW4	8.00	-	-	-	-	-	-
2018	MASW5bis	15.00	-	-	-	-	-	-
2018	MASW5	18.00	-	-	-	-	-	-
2019	SCPTU_01	2.50	30.00	-	-	-	-	-



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA IA4S LOTTO CODIFICA
01 D29 GE

DOCUMENTO GE0006 001 REV. FOGLIO C 17 di 309

Anno	Sondaggio/ CPT	Quota m s.l.m.	Prof. (m)	SPT	Lefranc	Piezometri TA/ Casagrande	Campioni indisturbati Shelby/Osterberg	Campioni rimaneggiati
2019	SCPTU_02	3.30	30.00	-	-	-	-	-
2019	SCPTU_03	4.00	30.00	-	-	-	-	-
2019	SCPTU_04	5.20	30.00	-	-	-	-	-
2020	1SD1_int	3.01	50.00	13	2	1	6	-
2020	CPT1	4.80	23.40	-	-	-	-	-
2020	CPT2	15.00	23.40	-	-	-	-	-
2020	CPT3	19.80	20.40	-	-	-	-	-
2020	DPSH aeroporto	7.80	20.20	-	-	-	-	-



4. QUADRO DI RIFERIMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

4.1 Descrizione unità geologiche

Dal punto di vista geologico, i terreni che caratterizzano il tratto in esame ricadono nella fascia collinare-costiero abruzzese nella piana alluvionale del F. Pescara, posta ad Est della catena appenninica, dove affiorano i termini marini, che caratterizzano i rilievi collinari, e i continentali che si sono depositati a partire dal Pliocene fino all'Olocene, nella piana fluviale.

Dalle indicazioni stratigrafiche dei sondaggi realizzati nelle due campagne geognostiche tra Febbraio-Aprile e integrazioni tra Ottobre-Novembre 2018 (Doc. Rif. [8]), nell'area si intercettano prevalentemente depositi limosi-argillosi ricchi di materiale torboso (in alcuni casi anche tronchi), con intercalazioni di livelli limosi-sabbiosi, con alla base, per quasi tutta la tratta, si imposta un livello ghiaioso-sabbioso, tali litologie sono riconducibili in letteratura ai depositi alluvionali terrazzati Quaternari del Sintema Valle Majelama - Subsintema di Chieti Scalo (sigla CARG "AVM", ISPRA 2010). I depositi alluvionali terrazzati hanno uno spessore di 20/30 metri.

Alla base dei depositi Quaternari si intercettano la presenza di litologie costituite principalmente da argille e argille marnose grigio - azzurre e argille siltose avana sottilmente stratificate con rari livelli e strati sabbiosi, appartenenti da bibliografia alla "Formazione di Mutignano" (sigla CARG "FMTa", ISPRA 2010).

Per i dettagli si rimanda al Doc. Rif. [8] e Doc. Rif. [9] e [10].

4.2 Descrizione unità geotecniche

Considerando le unità geologiche sopra descritte, sulla base delle descrizioni stratigrafiche riportate nei certificati dei sondaggi e sulla base delle prove granulometriche eseguite sui campioni di materiale raccolti, nella tratta in esame si incontrano i seguenti tipi di terreno.

<u>Argille limose</u>: argille limose a tratti con presenza di una bassa frazione sabbiosa (A,L2), spesso con presenza di livelli torbosi o tracce di materiale organico. Generalmente di colore grigio scuro. Sono caratterizzate da bassi valori di Nspt (generalmente inferiori a 10) e bassi valori di pocket penetrometers (da 0.4 a 0.7 kg/cm²).



VELOCIZZAZIONE **DELLA** LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

DOCUMENTO COMMESSA LOTTO CODIFICA **FOGLIO** IA4S 01 D29 GF0006 001 19 di 309

<u>Limi e limi argillosi</u>: limi argillosi a tratti debolmente sabbiosi (A,L1, L,A1) o caratterizzati da una frazione sabbiosa più elevata (L,A2) spesso con presenza di resti vegetali e di frammenti fossili conchigliari, specialmente se superficiali. L'unità A,L1 si ritrova nei primi metri di profondità del deposito e si presenta come un materiale di medio-alta consistenza, con valori dei pocket penetrometers variabili da 2 a 3 kg/cm²; l'unità L,A2 si incontra mediamente tra i 15 e i 25 metri di profondità ed è caratterizzata da parametri di resistenza inferiori rispetto ad A,L1 ma crescenti con la profondità, come evidenziato dai risultati delle prove in sito. La parte più profonda dei depositi alluvionali è costituita dall'unità L,A1, prevalentemente limosa o limoso-argillosa che costituisce la parte più consistente dell'intero deposito di terrazzi fluviali.

Nella prima parte del Lotto 1, nello specifico in prossimità dei sondaggi S1 e S5, sono localizzate lenti di materiale con caratteristiche fisiche e granulometriche simili a quelle di L.A2 ma caratteristiche meccaniche migliori, come evidenziato dalle prove penetrometriche sismiche SCPTU. Tale materiale costituisce una unità geotecnica a se stante (L,A3).

Limi sabbiosi: limi sabbiosi a tratti debolmente argillosi, L(S), anche in questo caso spesso con presenza di resti vegetali e di frammenti fossili conchigliari, specialmente se superficiali. Generalmente di colore grigio. Si tratta di limi debolmente addensati, mediamente consistenti. Sono caratterizzati da resistenze medie variabili a seconda della profondità del deposito, con SPT mediamente tra 15 e 30 colpi/30 cm e resistenze alla punta da prove CPTU comprese tra 2 e 5 MPa.

Sabbie e ghiaie: sabbie medio-grosse e ghiaie eterometriche (G,S) incontrate localmente tra strati di materiale più fine e, soprattutto nella parte terminale dell'area in oggetto, come strato sovrastante la formazione marnosa più profonda. Sono caratterizzate da resistenze medio - alte, con valori di pocket penetrometers fino a 3.5 kg/cm².

Torbe: incontrate localmente, all'interno delle altre formazioni, in tracce segnalate nella descrizione dei sondaggi. Si tratta prevalentemente di torbe e materiali organici di colore grigio scuro, talvolta con presenza di legno. Spesso molto compatte. Tali materiali non sono stati caratterizzati da un punto di vista geotecnico anche perché la loro localizzazione da un punto di vista stratigrafico è estremamente variabile, e difficilmente localizzabile anche dalle fotografie delle cassette. Si è tenuto conto della presenza di questi livelli nella caratterizzazione degli strati che li



contengono definendo opportunamente i parametri geotecnici ad essi associati, includendo il risultato di prove edometriche realizzate su campioni in cui sono presenti livelletti di torba.

<u>Marne</u>: Argille limoso-marnose o marnose (M) di colore grigio-azzurro che costituiscono il substrato più consistente alla base dei depositi limosi e limoso-argillosi. Sono caratterizzate da resistenze elevate con valori di Cu fino a 400 kPa.

Le tipologie di materiale sopra definite sono state utilizzate per classificare i terreni incontrati lungo le verticali d'indagine e procedere poi alla definizione dei profili geotecnici di dettaglio.

In particolare, seguendo lo schema proposto anche da un punto di vista idrogeologico, l'orizzonte stratigrafico è stato suddiviso in strati la cui successione individuata a partire da piano campagna e riportata in Tabella 2, rappresenta un riferimento spesso variabile nell'area in oggetto a causa della forte alternanza di strati di materiale diverso nei primi 20-30 metri del deposito.

Unità Materiale Descrizione materiale geotecnica A,L1 L,A; L(A)[S]Argilla limosa o limo argilloso deb. sabbioso A,L2 Argilla limosa o limo argilloso A(L); L(A)L,A3 L(A); L(A)[S] Limo argilloso o limo argilloso debolmente sabbioso Limo sabbioso o limo sabbioso deb. argilloso L(S) L(S); L(S)[A]G,S S; S(G); G(S); G Sabbia o sabbia ghiaiosa Limo argilloso o limo argilloso debolmente sabbioso L,A2 L(A); L(A)[S]; L(A), So limo argilloso con sabbia L,A1 L(A); L(A)[S]Limo argilloso o limo argilloso debolmente sabbioso M A(M); M Argilla marnosa o marna

Tabella 2: Successione stratigrafica di riferimento del Lotto 1

Vista la prevalenza di materiali coesivi o semi-coesivi, la caratterizzazione stratigrafica è stata eseguita basandosi prevalentemente sulle prove CPT (dove disponibili), sulle prove con pocket penetrometer e sui risultati, laddove disponibili, delle prove penetrometriche standard (SPT) effettuate in corrispondenza dei fori di sondaggio, integrate con le prove di laboratorio (soprattutto prove edometriche, prove triassiali, e prove di taglio diretto) per valutare i parametri geotecnici sia in condizioni drenate che in condizioni non drenate.



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 21 di 309

Le unità più tipicamente granulari sono state caratterizzate attraverso parametri geotecnici in condizioni drenate definiti a partire dai risultati di prove penetrometriche standard (SPT) effettuate in corrispondenza dei fori di sondaggio, oltre alle prove triassiali drenate laddove eseguite su tali materiali.



5. PROFILO FREATICO

Il livello di falda assunto in questa sede è stato definito principalmente sulla base delle letture piezometriche effettuate nel periodo compreso tra maggio 2018 e dicembre 2020 nei 9 sondaggi attrezzati con piezometri a tubo aperto e Casagrande, eseguiti nell'ambito delle campagne geognostiche 2018, 2019 e 2020. In Tabella 3 sono riportati i dettagli riguardo la fenestratura, spesso effettuata nella parte più profonda dei sondaggi.

Per la stima del livello di falda lungo il Lotto 1 sono stati interpolati i valori massimi delle letture piezometriche disponibili nell'area di interesse. Da tali dati si evince che il livello di falda si attesti ad una profondità che varia da un massimo di 2.70 m da p.c. ad un minimo di 0.10 m da p.c.

In generale la falda si attesta a meno di un metro da p.c., a conferma di quanto rilevato anche nel corso delle perforazioni di sondaggio. A tale livello, per la definizione della falda di progetto da adottare per le verifiche geotecniche, si dovrebbe aggiungere un delta pari a circa 0.5 m dovuto alle oscillazioni stagionali. Tuttavia, vista la profondità talvolta minima della falda rispetto al piano campagna e in assenza di indicazioni circa la presenza di aree con acqua stagnante, si è ritenuto di assumere la falda interpolata dalle letture piezometriche direttamente quale falda di progetto.

Le indicazioni sulle profondità della falda di progetto sono inserite esplicitamente nel profilo geotecnico e nelle schede geotecniche per tratte omogenee riportate al punto 10.

Min. Max. **Profondità** valori valori **Tipologia** Tratto fenestrato da p.c. Sondaggio da p.c. da p.c. da [m] a [m] [m] [m] [m] S 1 Piezometro T.A. 42.0 42.00 15.00 1,46 0,83 1,27 S 2 Piezometro T.A. 39.0 0,97 8.00 36.00 S 3 1,27 Piezometro T.A. 30.0 24.00 30.00 1,05 21.0 S 4 Piezometro T.A. 15.00 21.00 0.70 0,48 S 5 Piezometro T.A. 30.0 15.00 30.00 1,09 0,84 **S** 7 Piezometro T.A. 30.0 6.00 27.00 1,75 1,55 24.00 1,74 **S**8 Piezometro T.A. 30.0 6.00 0,10 S_{8n} Piezometro T.A. 29.70 2.70 29.70 1,70 1,26 Piezometro Casagrande 1.50 1SD1 int 35.00 1.47

Tabella 3: Dati monitoraggio piezometrico (Lotto 1)



6. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.1 Generalità

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche, di seguito descritti, tengono conto del fatto che lungo il tracciato autostradale in esame sono stati rinvenuti fondamentalmente depositi limoso – argillosi e limoso – sabbiosi, localmente sabbiosi.

Dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica sono state distinte due tipologie di materiale:

- materiali a grana fine (limi e argille più o meno sabbioso);
- materiali a grana grossa (sabbie più o meno limose e/o argillose);

L'individuazione del tipo di materiale, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, è fatta principalmente sulla base della descrizione stratigrafica dei sondaggi, delle prove penetrometriche statiche CPT e laddove disponibili, delle prove di laboratorio sui campioni di terreno. Sono stati, inoltre, utilizzati i risultati ottenuti dalla prova DPSH, dopo aver trasformato il numero di colpi N₂₀ in N_{SPT} equivalente, i dati dei pocket penetrometers e i risultati in termini di velocità delle onde di taglio (Vs) da prove geofisiche SCPTU e MASW.

6.2 Individuazione del tipo di terreno da prove CPT/CPTU

Nell'interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPT e CPTU si farà riferimento alle seguenti quantità:

qc = resistenza di punta;

 q_t = resistenza di punta corretta;

f_s = resistenza di attrito sul manicotto laterale;

 u_2 = pressione interstiziale immediatamente dietro il cono.

Nel caso delle prove CPT non viene misurata la pressione interstiziale; pertanto in prima approssimazione si assumerà $q_t = q_c$, essendo q_c la resistenza di punta misurata.

Nel caso delle prove CPTU viene misurata anche la pressione interstiziale u₂ immediatamente dietro il cono; possono quindi essere ricavate le seguenti quantità:



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 24 di 309

$$q_t = q_c + (1-\alpha) \cdot u_2$$

$$B_{q} = \frac{U_{2} - U_{o}}{q_{t} - \sigma_{vo}}$$

$$Q_{T} = \frac{Q_{t} - \sigma_{vo}}{\sigma_{vo}}$$

$$F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{vo}} \cdot 100$$

essendo:

 α = rapporto delle aree del penetrometro statico;

u_o = pressione idrostatica;

 σ_{vo} = pressione verticale totale geostatica

 σ_{VO} ' = pressione verticale efficace geostatica.

Nella letteratura tecnica sono state sviluppate in passato numerose correlazioni che a partire dai valori delle quantità indicate precedentemente permettono di risalire al tipo di materiale attraversato dalla prova (vedi ad esempio Robertson & Campanella, 1984, Robertson et al., 1986; Olsen & Farr, 1986; Searle, 1979 per quanto riguarda le prove CPT e Robertson & Campanella, 1986 per quanto riguarda le prove CPTU).

Attualmente le correlazioni più utilizzate sono quelle proposte da Robertson (1990) (vedi anche Lunne et al., 1997), riportate nella Figura 1.



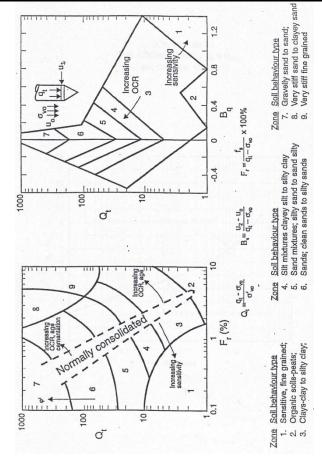


Figura 1: Correlazioni per la definizione del materiale attraversato dalle prove CPT/CPTU (Robertson, 1990)

La prima correlazione è applicabile alle prove CPT e alle prove CPTU e sfrutta le quantità F_r e Q_T ; nel caso delle prove CPT i valori di F_r e Q_T possono essere ricavati in prima approssimazione sostituendo q_c a q_t .

La seconda correlazione è applicabile alle prove CPTU e sfrutta le quantità β_q e Q_T.

6.3 Individuazione del tipo di terreno da prove DPSH

I risultati della prova DPSH verranno interpretati per poter ricavare il numero di colpi N_{spt} equivalente, data la consistenza delle correlazioni presenti in letteratura che legano i parametri di resistenza e deformabilità al n. di colpi Nspt.

A tale scopo, il numero di colpi N₂₀ viene moltiplicato per la quantità



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 26 di 309

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT. Al coefficiente β_t è possibile attribuire una variazione in funzione della granulometria del materiale in cui viene eseguita la prova, come segue:

 $\beta_t = 1.5 \div 2$ (ghiaie)

 $\beta_t = 2 \div 2.8$ (sabbie)

 $\beta_t = 2.8 \div 4$ (limi e argille)

6.4 Terreni coesivi (limi e argille) saturi

6.4.1 Introduzione

La caratterizzazione geotecnica dei terreni a grana fine (percentuale di fine maggiore del 50%) è affidata all'interpretazione delle prove di laboratorio e delle prove in Classificazione dei materiali

La classificazione dei terreni a grana fine verrà effettuata facendo riferimento ai risultati delle prove di laboratorio in termini di:

- fusi granulometrici;
- limiti di Atterberg (limite liquido e limite plastico);
- indice di plasticità;
- pesi di volume naturale e secco;
- grado di saturazione;
- contenuti d'acqua naturale;
- indice dei vuoti iniziale;
- indice di consistenza.

6.4.2 Stato tensionale iniziale

La valutazione dello stato tensionale iniziale verrà fatta sulla base:

- di quanto desumibile dagli studi di carattere geologico;
- dell'interpretazione delle prove edometriche di laboratorio.



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 27 di 309

In particolare, nel caso dei <u>materiali a grana fine saturi sotto falda</u>, lo stato tensionale in sito sarà stimato sulla base dei risultati in termini di grado di sovraconsolidazione (GSC= σ_{Vmax} '/ σ_{Vo} '), essendo σ_{Vmax} ' la pressione di preconsolidazione desumibile dalle prove edometriche con la nota costruzione di Casagrande e σ_{Vo} ' la pressione verticale efficace geostatica.

Il coefficiente di spinta del terreno a riposo k₀ sarà stimato sulla base della seguente espressione:

$$k_o = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{GSC}$$

essendo:

 φ' = angolo di resistenza al taglio.

Per completezza e ove appropriato, la pressione di preconsolidazione σ_{vmax} ' ed il grado di sovraconsolidazione GSC= σ_{vmax} '/ σ_{vo} ' verranno determinati anche sulla base delle seguenti espressioni (vedi Ladd & Foot, 1974; Ladd et al. 1977):

$$(GSC)^{0.85} = \frac{\frac{C_U}{\sigma_{VO}}}{\left(\frac{C_U}{\sigma_{VO}}\right)_{NC}}$$

dove:

$$\left(\frac{C_U}{\sigma_{VO}}\right)_{NC} \cong 0.30$$
 (Chandler et al., 2004)

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate in compressione e carico determinata con prove di laboratorio o con l'interpretazione delle prove CPT o SPT in accordo a quanto descritto nel paragrafo 6.4.3;

 σ_{Vo} ' = pressione verticale efficace geostatica.



6.4.3 Resistenza al taglio non drenata

6.4.3.1 Premesse di carattere generale

La resistenza al taglio non drenata cu di <u>materiali saturi sotto falda</u> verrà valutata facendo riferimento principalmente ai risultati delle prove di laboratorio e all'interpretazione delle prove penetrometriche CPTu

Ove appropriato, i risultati ottenuti saranno commentati anche sulla base del confronto con quelli ottenibili dagli indici di resistenza "pocket penetrometer" registrati sui campioni prelevati e dalle elaborazioni delle prove SPT.

Come noto la resistenza al taglio non drenata è funzione delle tensioni efficaci di consolidazione e del percorso di carico; in questa sede si farà riferimento a prove di laboratorio e a correlazioni empiriche per l'interpretazione delle prove CPT e SPT che forniscono valori di cu corrispondenti a tensioni efficaci di consolidazione pari a quelle geostatiche e a percorsi di carico caratteristici di prove triassiali di compressione e carico.

6.4.3.2 Prove di laboratorio

Nella definizione della resistenza al taglio non drenata da prove di laboratorio si farà principalmente riferimento, laddove presenti, a prove condotte su campioni indisturbati di buona qualità del tipo triassiali non consolidate-non drenate (TX-UU) eseguite con pressioni in cella maggiori di quelle verticali totali geostatiche.

le prove TX-CIU sono state utilizzate per conferma dei valori ottenuti dalle altre prove.

6.4.3.3 Valutazione di cu da prove CPT

La resistenza al taglio non drenata cu, associabile a condizioni triassiali di compressione, verrà stimata sulla base delle seguenti espressioni (vedi ad esempio Lunne et al.,1985).

$$c_u \approx \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k}$$
 da prove CPT

$$c_{_U} = \frac{q_{_T} - U}{N_{_{KF}}}$$
 da prove CPTU

essendo:



 $14 \leq N_k \leq 16$

 $N_{KE} = 18 - 15.45 \cdot B_q$ (per $B_q < 1.15$)

 σ_{vo} = pressione verticale totale

qc = resistenza di punta

qt = resistenza di punta corretta.

6.4.3.4 Valutazione di cu da prove SPT

La resistenza al taglio non drenata di materiali saturi sotto falda, associabile a quella di prove triassiali di compressione e carico, consolidate alle tensioni efficaci geostatiche, verrà stimata adottando la correlazione empirica proposta da Stroud (1974) (vedi anche Clayton, 1995). In base a tale correlazione risulta quanto segue:

$$c_u \cong (4,5 \div 5,5) \cdot N_{SPT}$$
 (kPa)

Si sottolinea che tale approccio risulta leggermente meno attendibile di quello basato sui risultati delle prove CPT e come tale ha avuto un peso minore nella stima di Cu.

6.4.3.5 Valutazione di cu da prove con Pocket Penetrometers

La resistenza al taglio non drenata di materiali saturi sotto falda verrà stimata dividendo per 2 la resistenza alla punta misurata in corso di perforazione.

6.4.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

I parametri di resistenza di picco in termini di sforzi efficaci verranno determinati, laddove possibile, sulla base dei risultati delle prove di laboratorio disponibili: taglio diretto (TD) e triassiali consolidate non drenate TX-CIU.

6.4.5 Caratteristiche di deformabilità

6.4.5.1 Moduli elastici iniziali

6.4.5.1.1 Generalità

I moduli iniziali di taglio (G₀) e di Young (E₀) possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 30 di 309

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \quad \text{(kPa)}$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu') \text{ (kPa)}$$

essendo:

 γ_t = peso di volume naturale del terreno in kN/m³

v' = rapporto di Poisson del terreno = 0,15 ÷ 0,20

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/sec.

La velocità di propagazione delle onde di taglio V_s può essere ricavata direttamente dalle prove geofisiche "down hole" e "cross hole"; in alternativa i moduli di taglio iniziali G_0 possono essere stimati pari a 1000 volte la resistenza al taglio non drenata c_u (vedi ad esempio Simpson et al., 1979).

6.4.5.1.2 Moduli elastici iniziali da prove CPT/CPTU

Una prima stima dei moduli di elasticità iniziali da prove CPT/CPTU può essere fatta utilizzando la correlazione empirica proposta da Mayne & Rix (1993) secondo la quale:

$$G_o = \frac{99.5 \cdot (p_a)^{0.305} \cdot (q_t)^{0.685}}{e_o^{1.13}}$$

essendo:

Go = modulo di taglio iniziale

pa = pressione atmosferica nella stessa unità di misura di Go e di qt

qt = resistenza di punta del penetrometro statico corretta

 e_0 = indice dei vuoti iniziale.



6.4.5.2 Moduli elastici "operativi" in condizioni drenate

Il comportamento dei terreni a grana fine risulta non lineare; i moduli elastici risultano infatti funzione sia della pressione efficace media corrente sia del livello di deformazione indotto o del grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

In relazione a quanto sopra la scelta dei moduli di deformazione per le analisi ingegneristiche viene a dipendere anche dal metodo di analisi adottato.

In generale saranno seguite le seguenti regole:

Opere di sostegno e di fondazione su terreni sovraconsolidati meccanicamente con percorsi di sollecitazione indotti dalla costruzione dell'opera collocati all'interno della superficie di plasticizzazione primaria del materiale.

In tali situazioni le deformazioni plastiche indotte dalle variazioni tensionali sono relativamente contenute e l'utilizzo di modelli costitutivi elastici o elastici non lineari può essere ritenuto accettabile.

Nel caso di ricorso a <u>metodi di calcolo elastico-non lineari</u>, i dati di ingresso per le analisi sono essenzialmente:

- I moduli elastici iniziali di cui al paragrafo 6.4.5.1.
- Curve di degrado del modulo in funzione del livello di deformazione o di spostamento indotto misurate in laboratorio o ricavabili dalla letteratura tecnica. Tipiche curve di degrado del modulo di taglio G in funzione del livello di deformazione di taglio γ indotto, proposte da Vucetic & Dobry (1991), sono riportate nella Figura 2. In alternativa alle curve di degrado indicate nelle Figura 2 possono essere adottate le espressioni (leggi iperboliche) riportate nel caso dei materiali a grana grossa.

Va tuttavia rilevato che la procedura suddetta, associata all'utilizzo delle curve di degrado del modulo di Figura 2, risulta rigorosamente applicabile in problemi di scarico e/o di scarico e ricarico tensionale; nel caso di problemi di "primo carico", caratterizzati da incrementi di tensione rispetto alla condizione geostatica potrebbe condurre ad una sottostima degli spostamenti.



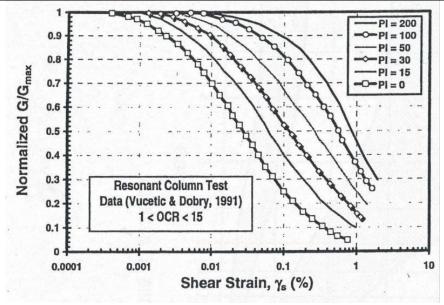


Figura 2: Curve sperimentali del rapporto G/G_{max} da prove di colonna risonante ciclica (Vucetic & Dobry, 1991)

Nel caso in cui la progettazione faccia ricorso a metodi di calcolo elastico-lineari o elastico-lineari plastici i moduli di Young "operativi" E_{op} saranno convenzionalmente assunti pari a:

- E_{op1} pari a 1/10-1/12 E₀ o (150÷200)·c_u o quanto desumibile dai risultati delle prove edometriche nel caso di problemi di "primo carico" (esempio fondazioni dirette, profonde e rilevati);
- E_{op2} pari a 1/5⋅E₀ o (400÷500)⋅c_u nel caso di problemi di scarico e/o di scarico-ricarico (esempio: fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non).

Caso di opere di fondazione con percorsi di sollecitazione indotti dalla costruzione dell'opera collocati all'esterno della superficie di plasticizzazione del terreno.

Nelle analisi si farà necessariamente riferimento a modelli costitutivi elasto-plastici ed ai risultati delle prove edometriche ad incremento di carico (ED-IL) in termini di coefficienti di compressione (C_c e C_r).

6.4.5.3 Moduli di reazione orizzontale alla Matlock & Reese (1960)

Nel caso del progetto di pali di fondazione il modulo di reazione orizzontale "operativo", nel caso di ricorso a calcoli semplificati lineari, può essere assunto pari a (vedi ad esempio Elson (1984):



$$E_s = 400 \cdot C_{IJ}$$
 (kPa)

essendo:

c_u = resistenza al taglio non drenata di materiali saturi sotto falda, determinata secondo i criteri di cui al paragrafo 6.4.3.

6.4.6 Coefficienti di permeabilità

Nella definizione delle caratteristiche di permeabilità si farà riferimento ai risultati:

- Di prove di laboratorio (edometri) in corrispondenza di pressioni verticali efficaci pari a quelle geostatiche, ovvero in corrispondenza di indici dei vuoti pari a quelli iniziali e_o.
- Dell'applicazione di correlazioni empiriche applicabili a condizioni di pressioni verticali efficaci
 pari a quelle geostatiche; verranno applicate ad esempio le seguenti correlazioni empiriche
 proposte da Feng (1991) e da Rocchi (2003):

$$k_{v} = 6.54 \cdot 10^{-9} \cdot \left(\frac{e_{o} \cdot \frac{A}{IP}}{A+1} \right)^{4}$$

$$\log \frac{e_o}{e_L} = 1.22 + 0.19 \cdot \log k_v$$

essendo:

e = indice dei vuoti iniziale

e∟ = indice dei vuoti corrispondente al limite liquido

k_v = coefficiente di permeabilità verticale corrente in cm/sec

A = IP/CA = attività

IP = indice di plasticità (non espresso in percento).

Delle prove di permeabilità tipo Lefranc in foro i cui risultati sono riportati al Paragrafo 8

Si rileva che anche i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalla prove in foro si riferiscono a pressioni verticali efficaci pari a quelle geostatiche, ovvero ad indici dei vuoti pari a quelli iniziali e_o.



La variazione del coefficiente di permeabilità con l'indice dei vuoti corrente, potrà essere stimata sulla base della seguente espressione:

$$logk = logk_o - \frac{e_o - e}{C_k}$$

essendo:

k = coefficiente di permeabilità corrente

k₀ = coefficiente di permeabilità corrispondente all'indice dei vuoti iniziale e₀

e = indice dei vuoti corrente

e₀ = indice dei vuoti iniziale

$$C_k = 0.5 \cdot e_o$$
.

I valori ricavabili dalle prove edometriche si riferiscono a direzioni di flusso verticali, ovvero a coefficienti di permeabilità in direzione verticale k_v. Inoltre essi si riferiscono a volumi estremamente ridotti e quindi non completamente rappresentativi della permeabilità dei terreni in sito;

I valori ricavabili dalle prove in foro si riferiscono a direzioni di flusso verosimilmente più prossime a quelle orizzontali, ovvero a coefficienti di permeabilità in direzione orizzontale k_h.

6.4.7 Coefficienti di consolidazione primaria e secondaria

I coefficienti di consolidazione primaria c_v e secondaria c_α , utilizzabili nell'ambito di teorie di consolidazione convenzionali e a problemi di flusso principalmente nella direzione verticale, saranno ricavati dalle prove di laboratorio (edometri).

6.5 Terreni incoerenti (sabbie più o meno limose)

6.5.1 Introduzione

In questa sede si intendono a grana grossa quei materiali caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) inferiori a $\approx 50\%$.

In conseguenza del fatto che in tali materiali risulta difficile prelevare campioni indisturbati, la caratterizzazione geotecnica è affidata principalmente all'interpretazione delle prove in sito



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 35 di 309

(mediante correlazioni empiriche) e delle prove di classificazione di laboratorio effettuate su campioni rimaneggiati in accordo ai criteri descritti nei paragrafi successivi.

Si rileva che le correlazioni empiriche riportate nei paragrafi seguenti sono rigorosamente applicabili ove è ragionevole ritenere che le prove interpretate siano avvenute in condizioni drenate, ovvero nei seguenti casi:

- Terreni sopra falda purché caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) inferiori a ≅ 50%.
- Terreni sotto falda purché caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) inferiori a ≅ 35÷40%.

6.5.2 Stato iniziale del deposito

In accordo a Jamiolkowski et al. (1988) ogni analisi geotecnica richiede la conoscenza dello stato iniziale del deposito in termini di:

- Tensioni geostatiche iniziali e storia tensionale;
- Pressioni interstiziali;
- Macrostruttura;
- Indice dei vuoti iniziale e₀ e densità relativa D_r.

Le tensioni geostatiche e la storia tensionale possono essere ricavate con una certa approssimazione dagli studi di carattere geologico.

Le pressioni interstiziali possono essere ricavate sulla base della strumentazione (piezometri) messa in opera e dagli studi di carattere idrogeologico.

La macro struttura del deposito può essere ricavata dall'analisi delle cassette catalogatrici e da osservazioni in sito su fronti di scavo, cave, etc..

L'indice dei vuoti in sito (e₀) e la densità relativa (D_r) possono essere ricavate con una certa approssimazione dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche e dinamiche e dalle prove geofisiche in foro di sondaggio come riportato nei paragrafi successivi.



Come noto, la densità relativa D_r è definita dal seguente rapporto:

$$D_r = \frac{e_{\text{max}} - e_o}{e_{\text{max}} - e_{\text{min}}}$$

essendo:

$$e_0 =$$
 indice dei vuoti in sito del materiale (-)

La valutazione di e_{max} ed e_{min} sarà effettuata in laboratorio facendo riferimento alle seguenti procedure:

- ASTM D4253 e D4254 per i materiali sabbiosi;
- Kokusho & Tanaka (1994) per i materiali ghiaiosi.

6.5.3 Densità relativa

6.5.3.1 Densità relativa dalle prove penetrometriche statiche in sabbia, CPT

In sabbie silicee, non cementate, la densità relativa D_r può essere legata alla resistenza di punta del penetrometro statico q_c in base alla seguente legge (vedi ad esempio Garizio, 1997; Jamiolkowski et al., 2001):

$$D_r = \frac{1}{C_2} \cdot In \left[\frac{q_c}{C_0 \cdot (\sigma_{oct}')^{C_1}} \right]$$

essendo:

$$\sigma_{\text{oct}}' = \frac{1 + 2 \cdot k_o}{3} \cdot \sigma_{vo}' =$$
 pressione verticale efficace



VELOCIZZAZIONE **DELLA** LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO **CODIFICA** DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 С 37 di 309

(-)

		media esis	tente in sito	(kPa)
σνο΄	=	pressione verticale efficace esi	stente in sito	(kPa)
(k _o) _{nc}	=	0.5 = coefficiente di spi normalmente con	·	(-)
(k _o) _{sc}	=	$0.5 \cdot (GSC)^{0.5} =$ coefficiente terreni sov	e di spinta a riposo per raconsolidati	(-)
GSC	=	grado di sovraconsolidazione		(-)
qc	=	resistenza di punta del penetro	metro statico	(kPa)
Dr	=	densità relativa		(-)
C_0 , C_1 e C_2 = coefficienti empirici funzione delle dimensioni medie				

Tabella 4: Coefficienti empirici C0, C1 e C2 (Harman, 1976; Villet & Mitchell 1981; Baldi et al., 1983; Baldi et al., 1986; Jamiolkowski et al., 1988; Rocchi, 1994)

Tipo di	D ₅₀	C ₀	C ₁	C ₂
sabbia	(mm)	(-)	(-)	(-)
Fine	0.20÷0.25	110	0.59	2.95
Media	0.40÷0.55	205	0.51	2.91
grossa	1.00÷2.00	234	0.48	3.30

6.5.3.2 Densità relativa dalle prove penetrometriche dinamiche in sabbia, SPT In sabbia

delle particelle riportati in Tabella 4

In accordo a quanto indicato In Skempton (1986) la densità relativa D_r può essere correlata al valore N_{SPT} con la seguente legge:



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 38 di 309

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

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate in Tabella 5.

 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

 $(K_0)_{nc}$ = 1-sin ϕ' = coefficiente di spinta a riposo per terreni normalmente consolidati (-)

 $(k_0)_{sc} = (K_0)_{nc} \cdot (GSC)^{0.5} = coefficiente di spinta a riposo per terreni sovra consolidati (-)$

GSC = grado di sovra consolidazione (-)

D_r = densità relativa (-)

Tabella 5: Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

Tipo di materiale	A	В
Sabbie fini normalmente consolidate	27,5	27,5
Sabbie grosse normalmente consolidate	43,3	21,7
Sabbie sovra consolidate	27,5÷43,3	$(21,7\div27,5)\cdot \frac{1+2.(ko)sc}{1+2.(ko)nc}$

In questa sede, ove non specificato espressamente, si assumeranno valori di A e B corrispondenti alle sabbie medie.

In sabbie e ghiaie

Nelle sabbie e ghiaie la determinazione della densità relativa Dr risulta meno agevole che nelle sabbie per i seguenti ordini di problemi:

Per motivi esecutivi il campionatore standard a punta aperta deve essere spesso sostituito con quello a punta conica; in linea di principio non è detto che i risultati ottenibili con il campionatore standard a punta aperta in termini di numero di colpi/30 cm risultino uguali a quelli conseguiti con



la punta conica e quindi possano essere interpretati direttamente con le correlazioni empiriche di letteratura sviluppate per la prova SPT con campionatore standard a punta aperta.

Causa la presenza della ghiaia spesso vengono raggiunte condizioni di rifiuto che non necessariamente sono indice di elevati gradi di addensamento.

Per il superamento delle difficoltà in questa sede si opererà come segue:

- Ove possibile, nell'ambito della stessa formazione sabbioso-ghiaiosa, verrà fatto un confronto tra i risultati delle prove SPT eseguite con il campionatore standard a punta aperta e quelle eseguite con la punta conica; in base a tale confronto si valuterà la possibilità di trasformare i risultati ottenuti con la punta conica in valori N_{SPT} equivalenti con il campionatore standard. Ove tale confronto non sia possibile, i valori N_{SPT} misurati con la punta conica verranno equiparati ai valori N_{SPT} ottenibili con il campionatore standard.
- Ove possibile ad ogni valore N_{SPT} verrà associato:
 - il corrispondente valore <u>misurato</u> di D₅₀ (D₅₀ = diametro delle particelle corrispondente al 50% di passante);
 - o un valore di D₅₀ <u>ipotizzato</u> sulla base di curve granulometriche disponibili a quote superiori ed inferiori a quella della profondità di prova.

In mancanza di dati granulometrici puntuali, l'interpretazione dei valori N_{SPT}, in accordo al metodo descritto al successivo punto, verrà effettuata facendo riferimento ad un valore di D₅₀ medio stimato.

Nel caso di raggiungimento delle condizioni di rifiuto, l'interpretazione geotecnica del dato sperimentale verrà effettuata facendo riferimento ad un valore N_{SPT} calcolato come segue:

- N_{SPT} = 100 se le condizioni di rifiuto sono raggiunte nel primo tratto di 15 cm o nel secondo tratto di 15 cm
- $N_{SPT} = N_2 + \frac{50}{\alpha} \cdot 15 \le 100$ se le condizioni di rifiuto sono raggiunte nel terzo tratto di 15 cm essendo (a) l'affondamento misurato (in centimetri) per un numero di colpi pari a 50.

Verranno inoltre scartati i valori (troppo bassi o troppo alti) che si scostano decisamente dalla linea di tendenza caratteristica.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TERTINO.

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 40 di 309

L'interpretazione dei valori N_{SPT} verrà fatta in accordo al metodo proposto da Cubrinowski & Ishihara (1999) per materiali normalmente consolidati, caratterizzati da un coefficiente di spinta a riposo k₀ dell'ordine di 0,4÷0,5, successivamente esteso da Ishihara et al. (2001) anche al caso dei terreni sovraconsolidati; tale metodo utilizza la seguente espressione:

$$D_{r} = \left\{ \frac{\left(N_{SPT}\right)_{78\%} \cdot \left(0.23 + \frac{0.06}{D_{50}}\right)^{1.7}}{9} \cdot \left(\frac{98}{\sigma_{vo}}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{k_{o,NC}}{k_{o,SC}}\right)^{1/2} \right\}^{1/2}$$

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 (-)

D₅₀ = diametro delle particelle corrispondente al 50% di passante (mm)

 σ'_{vo} = pressione verticale efficace geostatica (kPa)

k_{o,NC} = coefficiente di spinta a riposo di terreni normalmente consolidati (-)

k_{o,SC} = coefficiente di spinta a riposo di terreni sovraconsolidati (-)

Si rileva che l'espressione sopra indicata è applicabile al caso di:

• 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 mediamente 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, <u>di</u>
 <u>diametro maggiore rispetto a quello standard</u>, 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 ($D_{50} \ge 1$ mm) verrà fatta senza apportare alcuna correzione ai valori N_{SPT} misurati (vedi su tale aspetto Clayton, 1995; Skempton, 1986; Tokimatsu & Yoshimi, 1983).

6.5.4 Indice dei vuoti iniziale

6.5.4.1 Indice dei vuoti iniziale dalle prove geofisiche in foro

In presenza di terreni saturi una stima della porosità (n), e quindi dell'indice dei vuoti iniziale e_0 , può essere fatta a partire dalle misure delle velocità delle onde du taglio V_s e di compressione V_p utilizzando la seguente espressione, suggerita da Foti et al. (2002):

$$n = \frac{\rho^{S} - \sqrt{\left(\rho^{S}\right)^{2} - \frac{4 \cdot \left(\rho^{S} - \rho^{F}\right) \cdot K^{F}}{V_{p}^{2} - 2\left(\frac{1 - \upsilon^{SK}}{1 - 2 \cdot \upsilon^{SK}}\right) \cdot V_{S}^{2}}}}{2 \cdot \left(\rho^{S} - \rho^{F}\right)}$$

essendo:

 v^{SK} = rapporto di Poisson dello scheletro solido = 0.15÷0.25

 ho^{S} = densità delle particelle di terreno = 2.65÷2.7 t/m³

 ρ^{F} = densità del fluido interstiziale = 1 t/m³

 K^F = modulo di compressibilità volumetrica del fluido interstiziale = 2.25 x10⁶ kPa.

6.5.5 Angolo di resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio di picco φ ' verrà determinato facendo riferimento al metodo proposto da Bolton (1986) in base al quale:

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

$$DI = D_{r} \cdot [Q - ln(p_f)] - 1$$

essendo:



VELOCIZZAZIONE **DELLA** LINEA **ROMA PESCARA** RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

CODIFICA COMMESSA LOTTO DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GF0006 001 42 di 309

angolo di resistenza al taglio di picco riferito a pressioni σ_{ff}' = 272 kPa

coefficiente che dipende dalla composizione mineralologica e Q =dalla forma delle particelle, assunto pari a 10

1,4⋅off' (vedi Jamiokowski et al. 1988) $p_f' =$

(kPa)

tensione efficace normale alla superficie di rottura = 272 kPa

costante empirica dipendente dalle condizioni di m =deformazione prevalenti a rottura (vedi Tabella 6)

φ_{cv}' = angolo di resistenza al taglio a volume costante o di stato critico

(°)

densità relativa $D_r =$

(-)

I valori di Dr utilizzati per definire l'angolo di resistenza al taglio, sono quelli determinati dalle prove SPT.

Tabella 6: Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

Condizioni di rottura	m(·)	
Prova triassiale di compressione (σ_2 ' = σ_3 ')	3	
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 resistenza al taglio φω sono ricavabili da prove di laboratorio (triassiali o di taglio diretto) su provini ricostituiti a basse densità relative o, in assenza di queste ultime, ipotizzabili in base a quanto indicato nella Tabella 7 (vedi ad esempio Youd, 1972; Stroud, 1988).

Tabella 7: Valori dell'angolo di resistenza al taglio φω per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)

	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
Sabbie a spigoli vivi	φ _{cv} ' = 38°	φ _{cv} ' = 34°
Sabbie a spigoli arrotondati	φ _{cv} ' = 33°	φ _{cv} ' = 30°

Nel caso delle ghiaie a spigoli arrotondati si può assumere mediamente φ_{cv}'=34°÷36°.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 43 di 309

In questa sede l'interpretazione delle prove, riportata nei successivi capitoli, verrà effettuata in accordo al metodo di Bolton (1986), assumendo cautelativamente, in considerazione del generalmente elevato contenuto di fine (limi e argille):

 φ_{cv} = 30° per le sabbie

 φ_{cv} = 33° per le sabbie e ghiaie

m = 3.

Tali valori sono stati confrontati con i risultati delle prove di laboratorio TX-CID e sono stati ritenuti ragionevolmente conservativi e pertanto utilizzati nella definizione dei parametri di resistenza delle unità geotecniche di progetto.

6.5.6 Caratteristiche di deformabilità

6.5.6.1 Moduli elastici iniziali

Generalità

I moduli iniziali di taglio (G_0) e di Young (E_0) possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \quad \text{(kPa)}$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu') \text{ (kPa)}$$

essendo:

 γ_t = peso di volume naturale del terreno in kN/m³

v' = rapporto di Poisson del terreno = 0,15 \div 0,20

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/sec.

La velocità di propagazione delle onde di taglio Vs può essere ricavata direttamente da prove geofisiche "down hole" e "cross hole" o indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT come descritto nel punto successivo.

G₀ da prove CPT

I moduli di elasticità iniziali da prove CPT in sabbia possono essere ricavati utilizzando la correlazione proposta da Baldi et al. (1989) e da Bellotti et al. (1989) o quella di Mayne & Rix



(1993), applicabili con ragionevole approssimazione sia a terreni normalmente consolidati che a terreni sovraconsolidati.

FOGLIO

44 di 309

In particolare nel caso presente si è operato in accordo a Rix & Stokoe (1992) secondo cui vale la seguente espressione:

$$G_0 = q_c \cdot 1634 \cdot \left(\frac{q_c}{\sqrt{\sigma'_{v0}}}\right)^{-0.75}$$

Nella tabella e nell'espressione sopra riportate i simboli rappresentano le seguenti quantità:

 σ_{VO} '=pressione verticale efficace esistente in sito (kPa)

q_c = resistenza di punta del penetrometro statico (kPa)

G_o = modulo di taglio iniziale (kPa)

Go da prove SPT

La velocità delle onde di taglio da prove SPT in sabbie e ghiaie normalmente consolidate, silicee non cementate, può essere ricavata sulla base alla correlazione proposta da Ohta & Goto (1978) (vedi anche Baldi et al. 1989); in base a tale correlazione vale quanto segue:

$$V_{s} = C \cdot \left(N_{SPT}\right)_{60\%}^{0.171} \cdot \left(z\right)^{0.199} \cdot f_{A} \cdot f_{G} \text{ (m/sec)}$$

essendo:

C = 67.3

z = profondità dal p.c. in metri

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedi la Tabella 8)

fg = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedi la Tabella 9)

Con:



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 45 di 309

Tabella 8: Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A (funzione dell'epoca geologica del deposito)

f _A	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

Tabella 9: Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_G (funzione della composizione granulometrica del deposito)

f	Ghiaie	Sabbie ghiaiose	Sabbie grosse	Sabbie medie	Sabbie fini	
IG	1,45	1,15	1,14	1,07	1,09	

Dai valori della velocità delle onde di taglio V_s si ottiene il modulo di taglio iniziale G_0 secondo quanto segue:

$$G_0 = \rho \cdot V_s^2$$

 ρ = Densità del materiale

6.5.6.2 Moduli elastici "operativi"

<u>Generalità</u>

Il comportamento dei terreni a grana grossa risulta non lineare; i moduli di deformazione risultano infatti funzione sia delle pressioni efficaci medie correnti p' sia del livello di deformazione indotto o del grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

In relazione a quanto sopra la scelta dei moduli di deformazione per le analisi ingegneristiche viene a dipendere anche dal metodo di analisi adottato.

Nel caso di ricorso a metodi di calcolo elastico-non lineari, i dati di ingresso per le analisi sono:

- I moduli elastici iniziali di cui al paragrafo 6.5.6.1.
- Curve di degrado del modulo in funzione del livello di deformazione indotto. Tipiche curve di degrado del modulo di taglio G in funzione del livello di deformazione γ indotto, tratte da Lo Presti (1989), sono riportate nella Figura 3



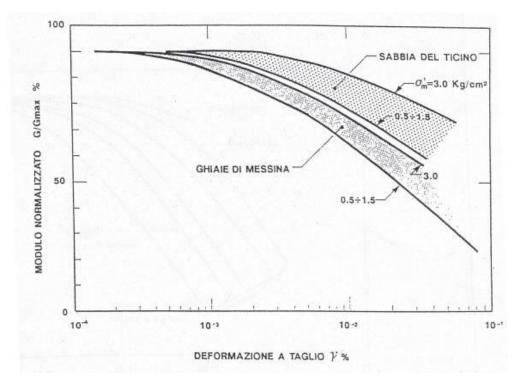


Figura 3: Degrado del modulo G per terreni incoerenti

Nel caso di ricorso a <u>metodi di calcolo elastico-lineari o elastico-lineari-plastici</u>, per la stima dei moduli "operativi" da associare allo specifico problema al contorno verranno fatte le seguenti assunzioni "convenzionali":

- Nel calcolo dei cedimenti dei rilevati i moduli di Young "operativi" E_{op1} sono pari a circa (1/6 ÷1/10)·E₀ o, in alternativa, pari a quelli desumibili dalle correlazioni empiriche riportate successivamente; per tali strutture in terra possono essere infatti ammessi cedimenti totali e differenziali maggiori di quelli delle fondazioni profonde e dirette;
- Nell'analisi di fondazioni profonde e dirette i moduli di Young "operativi" E_{op2} sono pari a circa
 (1/3 ÷1/5)·E₀, ciò in considerazione del fatto che:
 - o gli spostamenti totali e differenziali ammissibili per l'opera sono molto contenuti (i cedimenti ammissibili sono infatti generalmente inferiori a 0.01·B, essendo B la dimensione minore della fondazione).

J ITALFERR	
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINI ITALI TECNICA ECONOMICA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 47 di 309

o da ciò deriva che, in base alla normativa vigente e alla pratica corrente, tale tipo di opere è caratterizzato infatti da coefficienti di sicurezza nei confronti della rottura per capacità portante generalmente superiori a 2.5÷3.

Moduli elastici "operativi" E_{op1} da prove CPT in sabbia

In accordo a Jamiolkowski et al. (1988) una stima dei moduli elastici "operativi" può essere fatta utilizzando le seguenti espressioni:

 $(E_{25}') = E_{op1} = (3-D_r) \cdot q_c$ nel caso dei terreni normalmente consolidati

 $(E_{25}) = E_{op1} = (15-10\cdot D_r)\cdot q_c$ nel caso dei terreni sovraconsolidati

essendo:

(E₂₅') = modulo di Young secante cui corrisponde un grado di

mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%

D_r = densità relativa espressa come frazione dell'unità

q_c = resistenza di punta del penetrometro statico.

Moduli elastici "operativi" Eop1 da prove SPT in sabbia e ghiaia

In accordo a Jamiolkowski et al. (1988) per la stima dei moduli elastici operativi da prove SPT valgono le seguenti espressioni:

 $\mathsf{E}_{\mathsf{op1}} = E_{2\mathsf{5}}' = (10.5 - 3.5 \cdot D_r) \cdot N_{\mathit{SPT}} / 10$ MPa nel caso dei terreni normalmente consolidati

 $\mathsf{E}_{\mathsf{op1}} = E_{2\mathsf{5}}' = (52.5 - 35 \cdot D_r) \cdot N_{\mathit{SPT}} / 10$ MPa nel caso dei terreni sovraconsolidati

essendo:

E₂₅' = modulo di Young secante cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%;

D_r = densità relativa espressa come frazione dell'unità;

 N_{SPT} = numero di colpi in prova SPT.

STALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPP - CHIETI. SAN GIOV.	IO FERR LOTTO ANNI TE	OVIARIO TE 1: TRATTA ATINO	LINEA ROMA RATTA PESCAR PESCARA PO ECNICA ECONO	RA POR' RTA NU	TA NUOVA
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA IA4S	LOTTO 01 D29	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV.	FOGLIO 48 di 309

Si rileva che nel caso di materiali ghiaioso-sabbiosi e per valori di densità relativa D_r inferiori a 50% le espressioni suddette conducono ad una sottostima dei valori di E₂₅'.

6.5.6.3 Moduli di reazione orizzontale alla Matlock & Reese (1960)

Nel progetto delle fondazioni profonde su pali i moduli di reazione orizzontale iniziali (Esi) alla Matlock & Reese (1960), utili per definire la parte iniziale delle curve p-y, verranno valutati in accordo alla seguente espressione:

$$E_{si} = k_{hi} \cdot z$$
 (kPa)

essendo:

k_{hi} = gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale, riportato nella Tabella 10 (vedi Reese et al, 1974 e Elson, 1984) (kN/m³)

z = profondità dal piano campagna originario.

Tabella 10: Gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale secondo Reese et al. (1974) (vedi anche Elson (1984))

Dr (%)	K _{hi} (kN/m ³)
35%	6000 ÷10000
50%	12000 ÷17000
70%	20000 ÷ 25000



7. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' STRATIGRAFICHE

Nel capitolo precedente sono presentati i metodi di interpretazione adottati per definire i parametri di progetto da utilizzare per il dimensionamento delle opere. Nel presente capitolo sono riportati i risultati delle prove condotte e la loro interpretazione sulla base dei criteri precedentemente illustrati. Il risultato delle interpretazioni in termini di parametri geotecnici di progetto sono riportati al termine del presente capitolo e poi più in dettaglio al successivo capitolo 1 suddivisi in schede relative ai tratti e alle opere che interessano il tracciato in esame.

La caratterizzazione si è basata, come già detto, sui risultati sia delle prove in sito che di laboratorio, con particolare riferimento ai risultati delle prove penetrometriche statiche SPT e CPTU, dei pocket penetrometers e delle prove di laboratorio.

In particolare risultati e loro interpretazione sono riportati nei paragrafi seguenti e, per le prove di laboratorio nell'Allegato C al presente documento.

7.1 Risultati ed interpretazione delle prove in sito

Nel seguito sono presentati i risultati delle principali prove condotte in sito e la loro interpretazione. In particolare:

- Risultati prove CPTU (resistenza alla punta) (da CPTU-02 a CPTU-06)
- Risultati prove SCPTU (resistenza alla punta) (da SCPTU-01 a SCPTU-04)
- Risultati prove SPT (N_{SPT})
- Risultati prove DPSH (N₂₀)
- Risultati dei pocket penetrometers
- Velocità delle onde di taglio V_s da SCPTU e MASW
- Modulo di Young iniziale E₀ da CPTU, SCPTU, SPT e DPSH e da Vs misurate da MASW e SCPTU
- Modulo di Young operativo E_{op1} da CPTU, SCPTU, SPT e da Vs misurate da MASW e SCPTU (calcolato da curve di degrado e confrontato con Jamiolkowski per terreni incoerenti)



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 50 di 309

- Coesione non drenata da CPTU (da CPTU-02 a CPTU-06) (calcolata in accordo a Lunne)
- Coesione non drenata da SCPTU (da SCPTU-01 a SCPTU-04) (calcolata in accordo a Lunne)
- Coesione non drenata da SPT e DPSH (calcolata in accordo a Stroud)
- Coesione non drenata da Pocket Penetrometers
- Densità relativa da CPTU (da CPTU-02 a CPTU-06) (calcolato in accordo a Garizio)
- Densità relativa da SCPTU (da SCPTU-01 a SCPTU-04) (calcolato in accordo a Garizio)
- Densità relativa da SPT e DPSH (calcolato in accordo a Skempton e Cobrinowski e Ishihara)
- Rapporto di sovraconsolidazione, OCR, da CPTU (da CPTU-02 a CPTU-06)
- Rapporto di sovraconsolidazione, OCR, da SCPTU (da SCPTU-01 a SCPTU-04)
- Angolo di resistenza al taglio da CPTU (da CPTU-02 a CPTU-06) (calcolato da D_r da CPTU solo per sabbie in accordo a Bolton)
- Angolo di resistenza al taglio da SCPTU (da SCPTU-01 a SCPTU-04) (calcolato da D_r da SCPTU solo per sabbie in accordo a Bolton)
- Angolo di resistenza al taglio da SPT e DPSH (calcolato da D_r da SPT solo per sabbie in accordo a Bolton).



7.1.1 Resistenza alla punta da CPTU e SCPTU

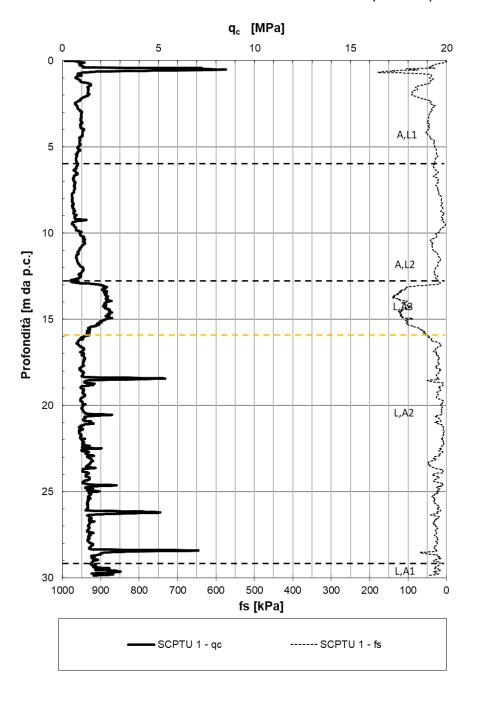


Figura 4: qc da SCPTU-01



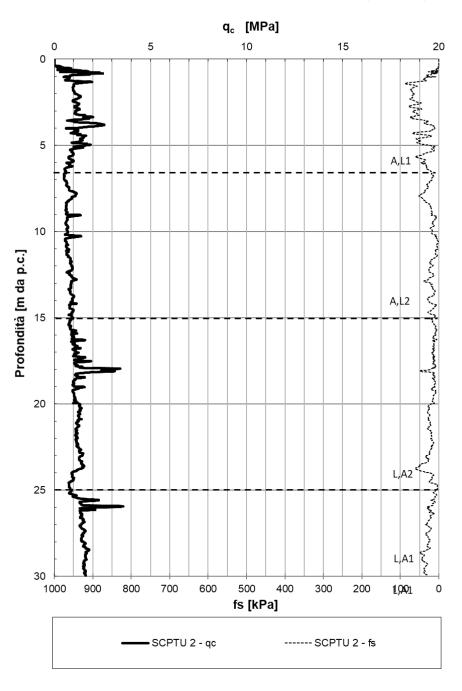


Figura 5: qc da SCPTU-02



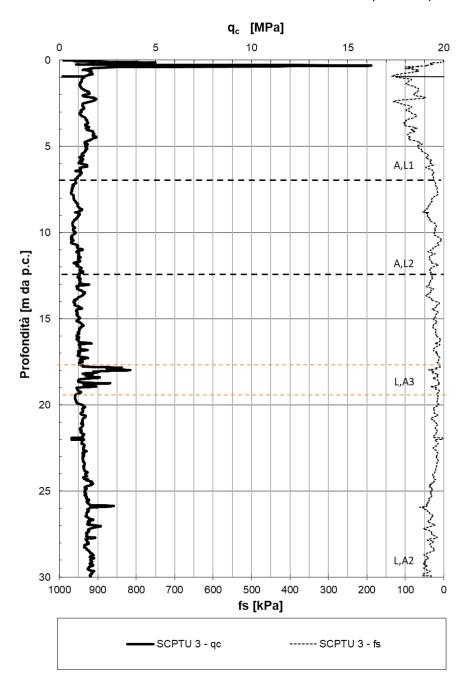


Figura 6: qc da SCPTU-03



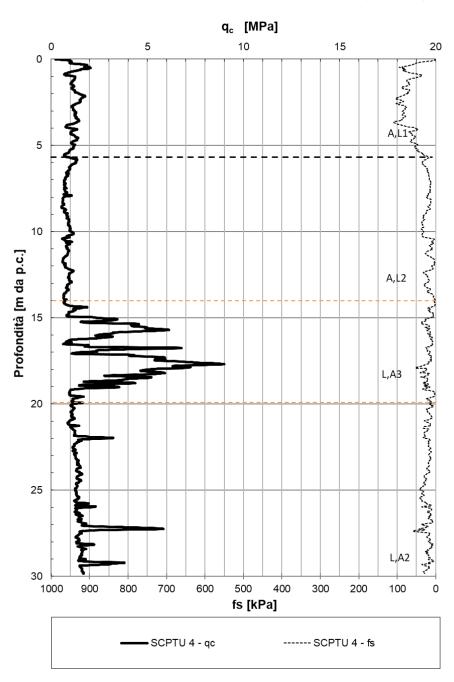


Figura 7: qc da SCPTU-04



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO.

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 55 di 309

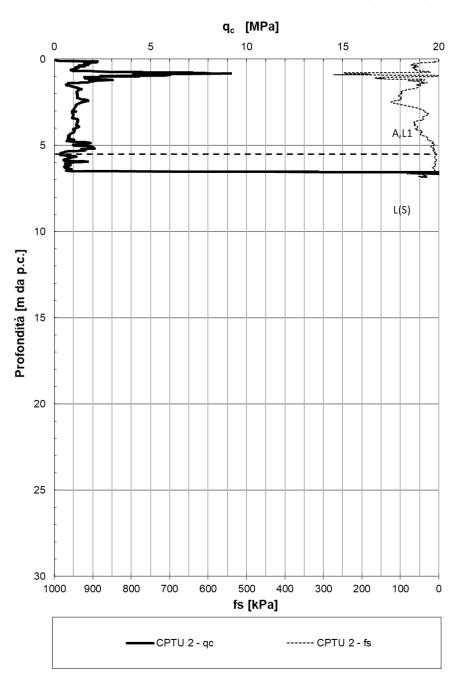


Figura 8: qc da CPTU-02



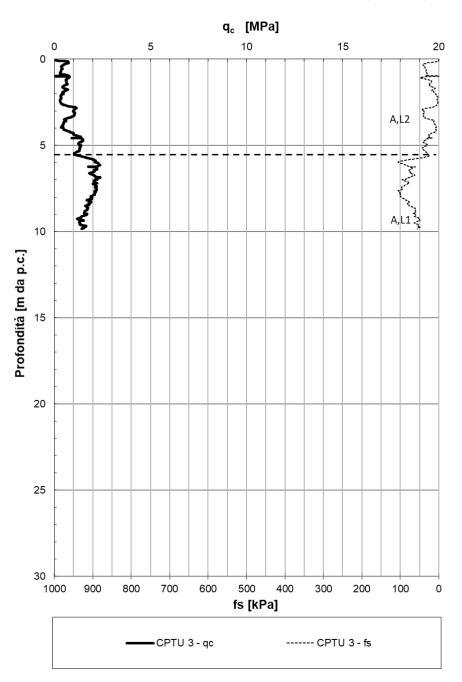


Figura 9: qc da CPTU-03



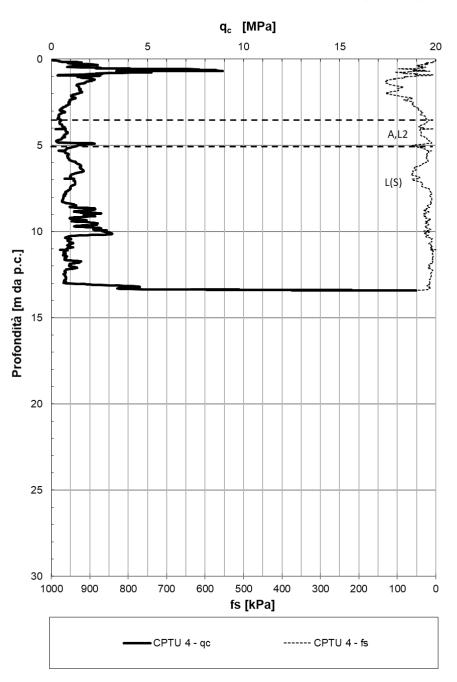


Figura 10: qc da CPTU-04



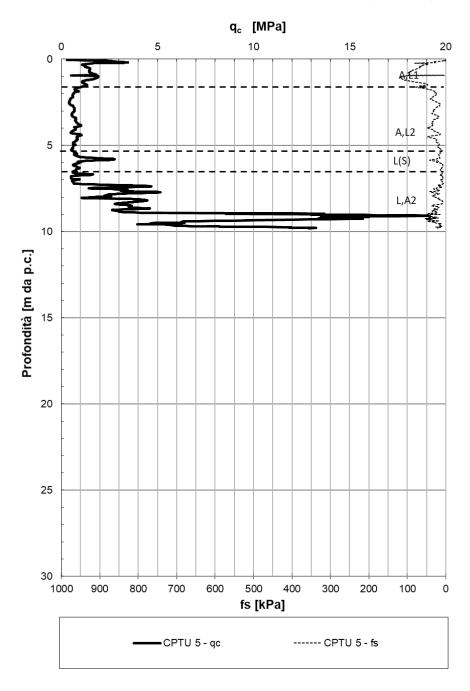


Figura 11: q_c da CPTU-05



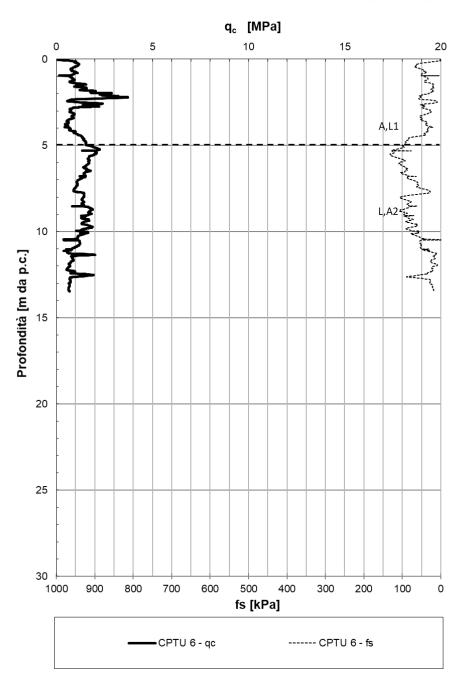


Figura 12: qc da CPTU-06



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 60 di 309

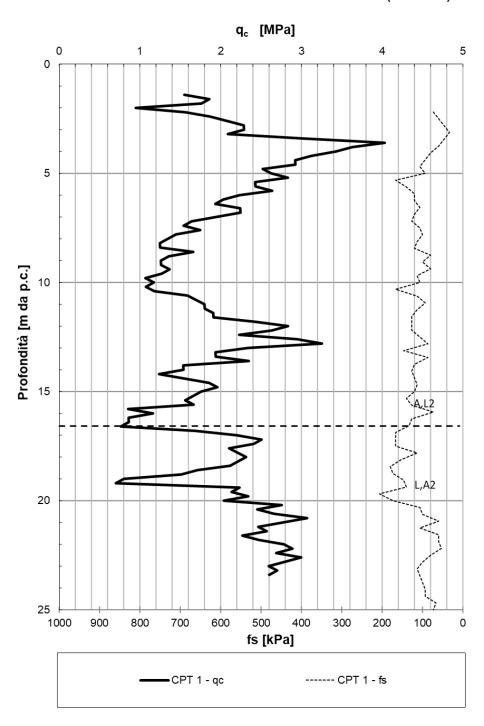


Figura 13: qc da CPT01



FOGLIO

61 di 309

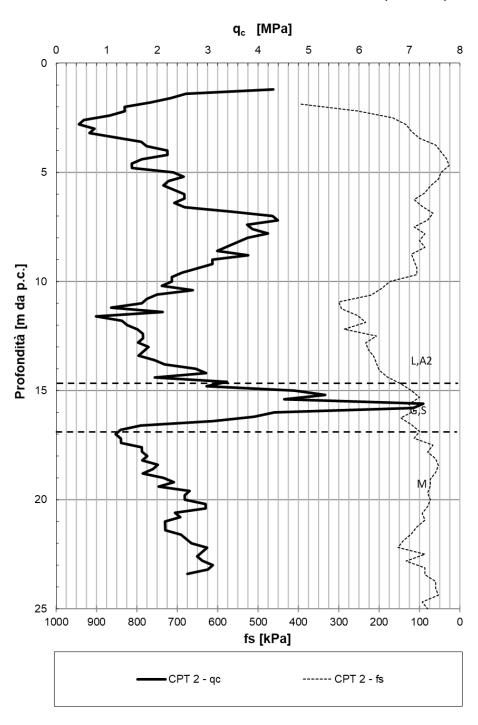


Figura 14: qc da CPT02



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO 01 D29 GE0006 001 62 di 309 IA4S GE С

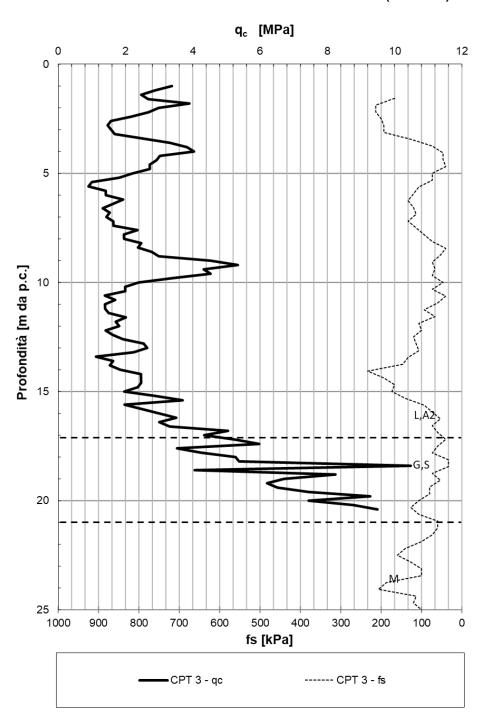
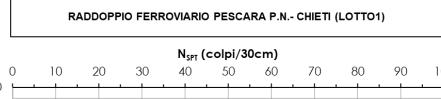


Figura 15: qc da CPT03





7.1.2 Numero colpi Nspt



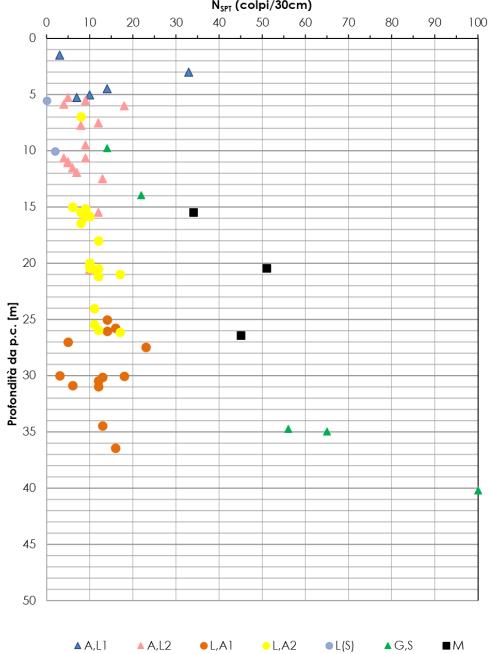




Figura 16: N_{spt}

7.1.3 Numero colpi N20 da DPSH

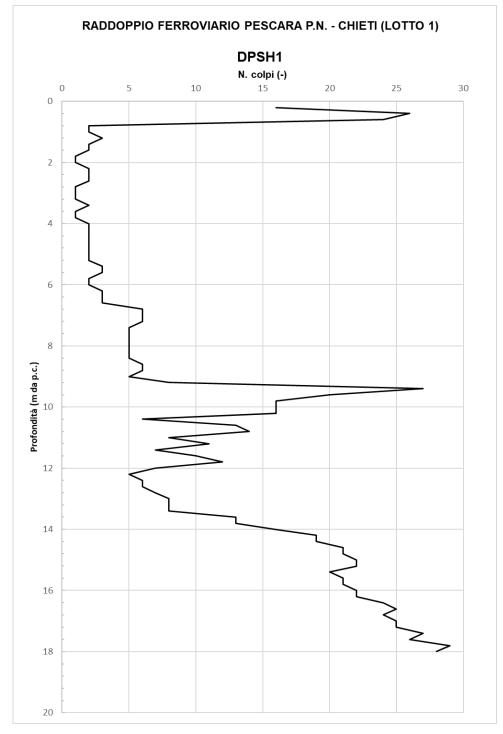


Figura 17: N₂₀ da DPSH



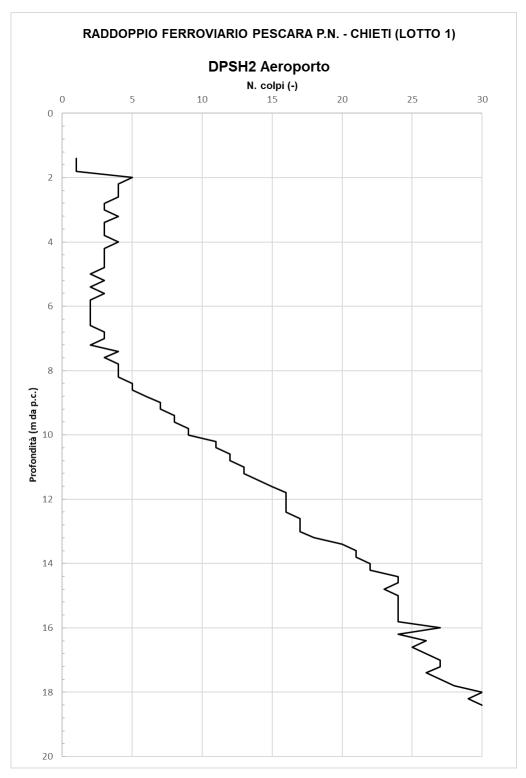


Figura 18: N₂₀ da DPSH 2 Aeroporto



7.1.4 Resistenza alla punta da Pocket Penetrometers

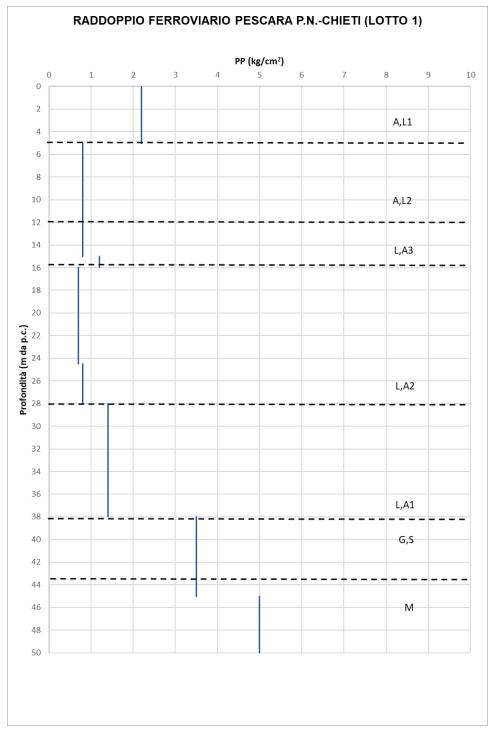


Figura 19: Pocket Penetrometer da S1



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 68 di 309

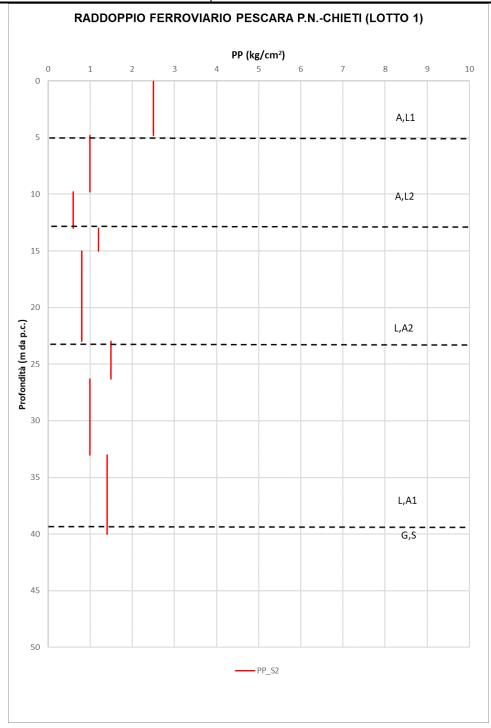


Figura 20: Pocket Penetrometer da S2



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 69 di 309

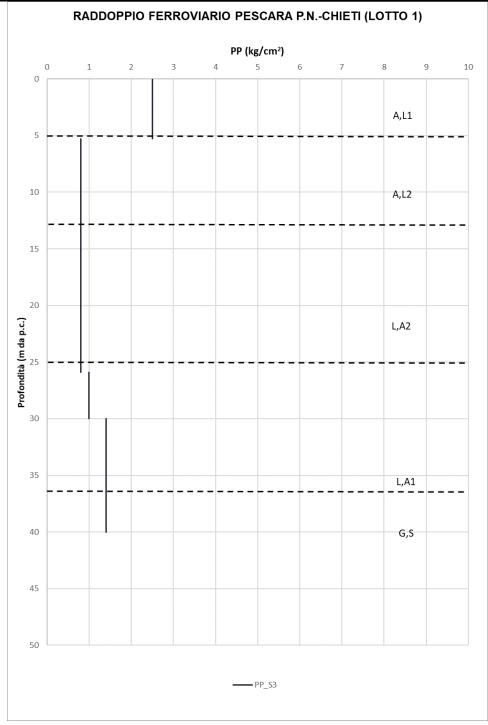


Figura 21: Pocket Penetrometer da S3



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO FOGLIO 01 D29 GE0006 001 70 di 309 IA4S GE С

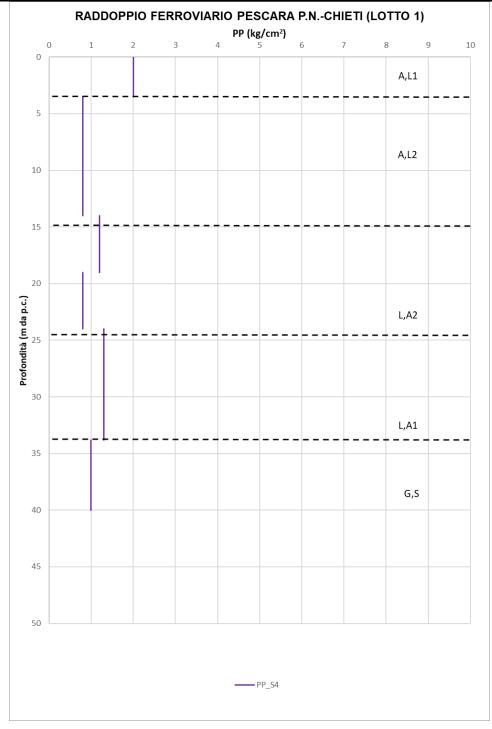


Figura 22: Pocket Penetrometer da S4



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 71 di 309

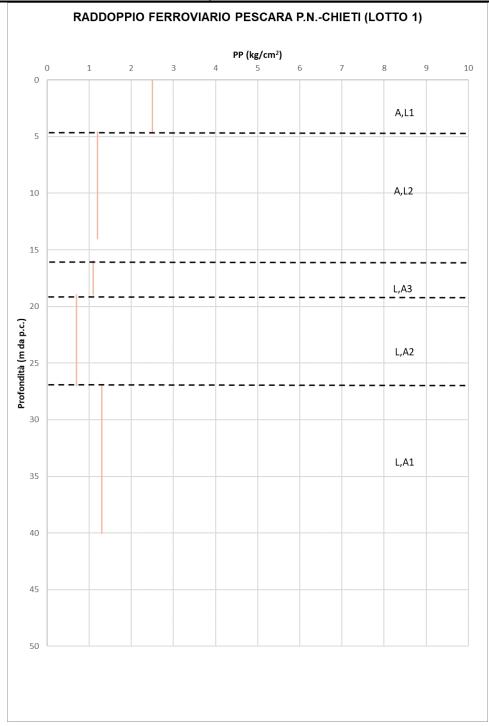


Figura 23: Pocket Penetrometer da S5



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 72 di 309

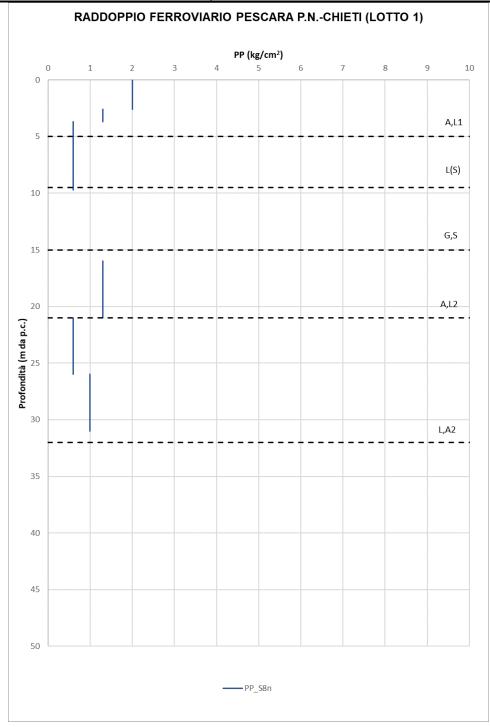


Figura 24: Pocket Penetrometer da S8_n



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 73 di 309

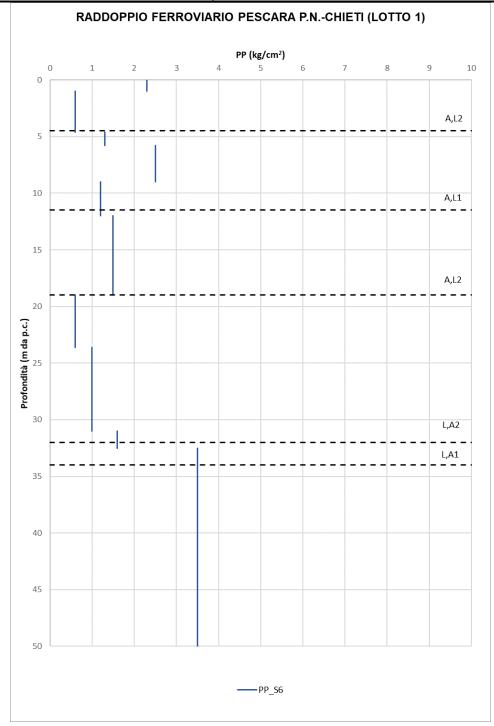


Figura 25: Pocket Penetrometer da S6



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 74 di 309

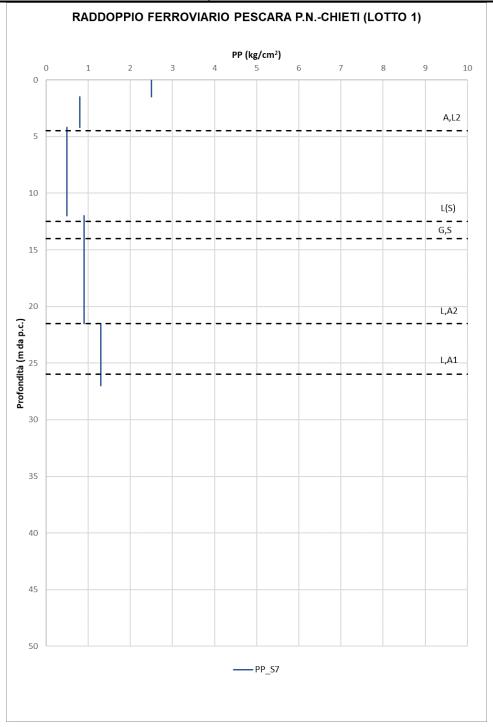


Figura 26: Pocket Penetrometer da S7



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 75 di 309

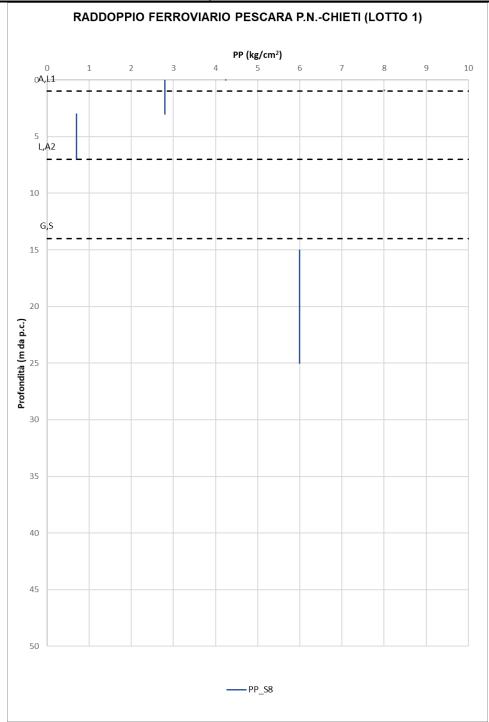


Figura 27: Pocket Penetrometer da S8



7.1.5 Velocità delle onde di taglio da SCPTU

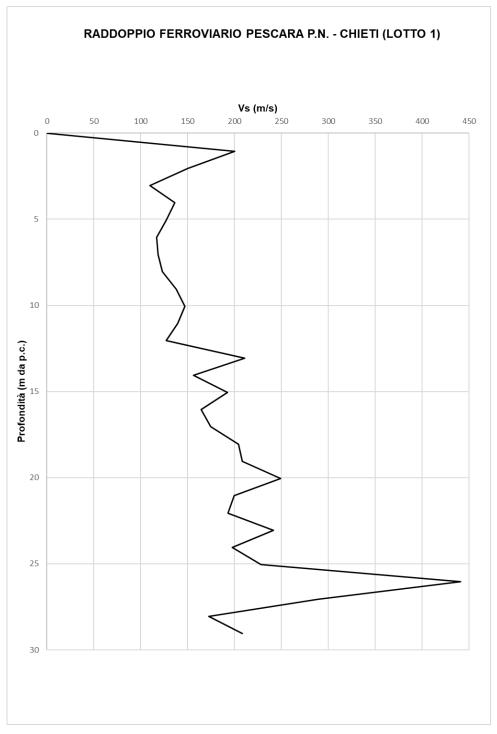


Figura 28: Vs da SCPTU-01



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINI TEATINI DE CONTRA PORTA PORT

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 77 di 309

RADDOPPIO FERROVIARIO PESCARA P.N. - CHIETI (LOTTO 1) Vs (m/s) Profondità (m da p.c.)

Figura 29: Vs da SCPTU-02



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 78 di 309

RADDOPPIO FERROVIARIO PESCARA P.N. - CHIETI (LOTTO 1) Vs (m/s) Profondità (m da p.c.)

Figura 30: Vs da SCPTU-03



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 79 di 309

RADDOPPIO FERROVIARIO PESCARA P.N. - CHIETI (LOTTO 1) Vs (m/s) Profondità (m da p.c.)

Figura 31: Vs da SCPTU-04



7.1.6 Velocità delle onde di taglio da MASW

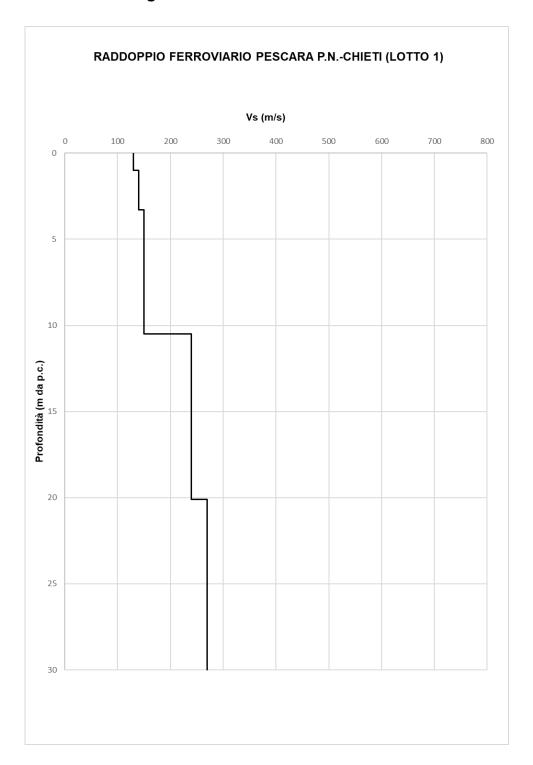


Figura 32: Vs da MASW-01



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA CODIFICA DOCUMENTO REV. LOTTO **FOGLIO** 81 di 309 01 D29 GE0006 001 IA4S GE С

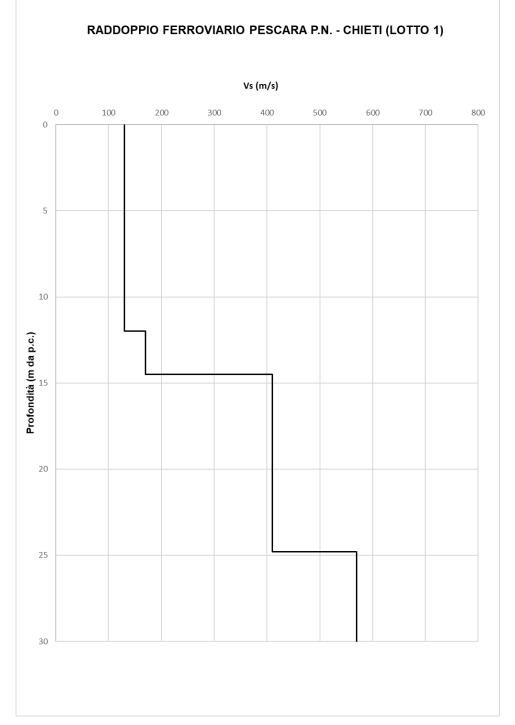


Figura 33: Vs da MASW-02



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA CODIFICA REV. LOTTO **DOCUMENTO FOGLIO** 01 D29 GE0006 001 82 di 309 IA4S GE С

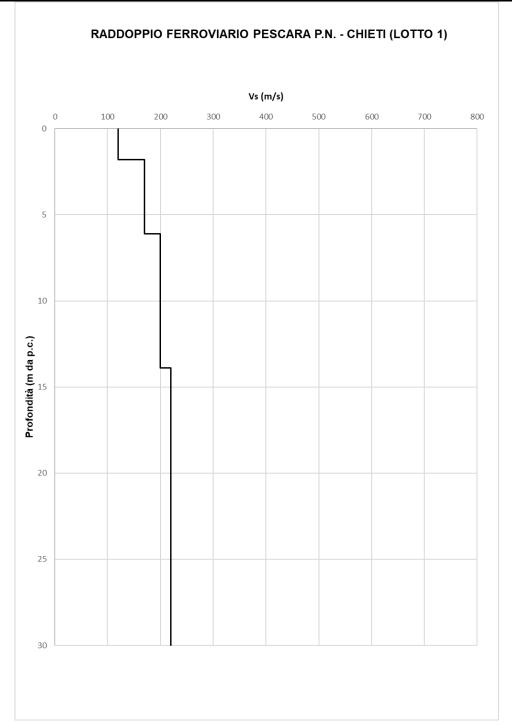


Figura 34: Vs da MASW-03



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA CODIFICA REV. LOTTO **DOCUMENTO FOGLIO** 01 D29 GE0006 001 83 di 309 IA4S GE С

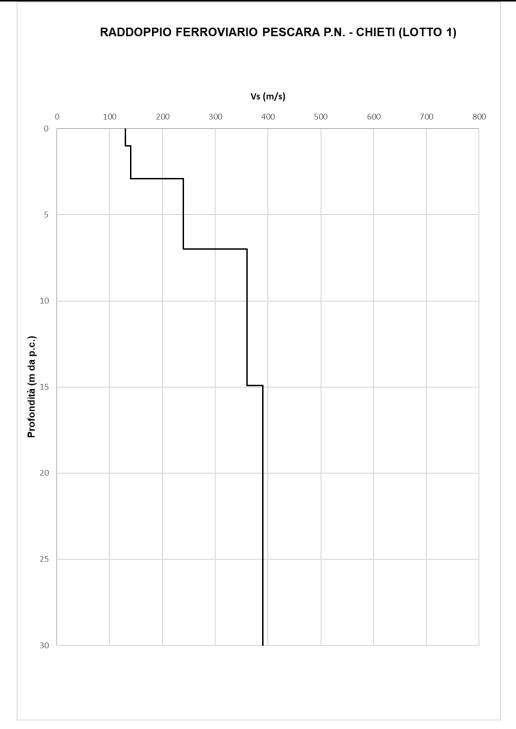


Figura 35: Vs da MASW-04



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA CODIFICA DOCUMENTO REV. LOTTO **FOGLIO** 01 D29 GE0006 001 84 di 309 IA4S GE С

RADDOPPIO FERROVIARIO PESCARA P.N. - CHIETI (LOTTO 1) Vs (m/s) 100 200 300 400 500 600 700 800 0 0 5 10 Profondità (m da p.c.) 20 25 30

Figura 36: Vs da MASW-05bis



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO DE CONOMICA DE CONOMIC

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 85 di 309

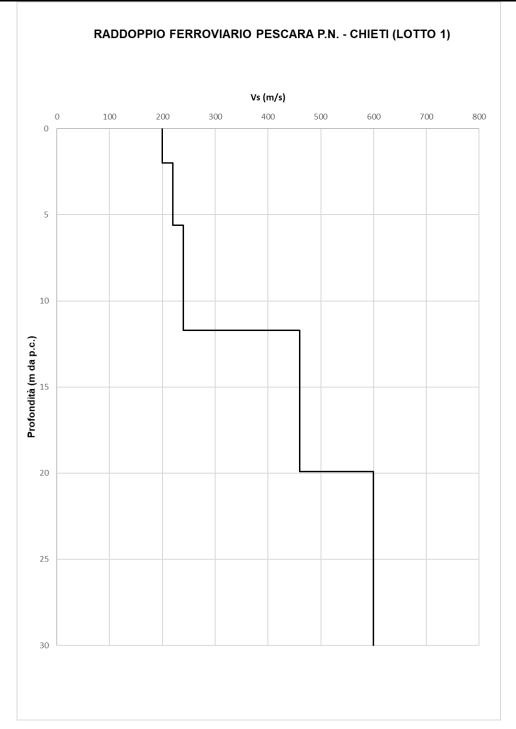


Figura 37: Vs da MASW-05



7.1.7 Caratteristiche di deformabilità

7.1.7.1 Rapporto di sovraconsolidazione (OCR) da CPTU e SCPTU

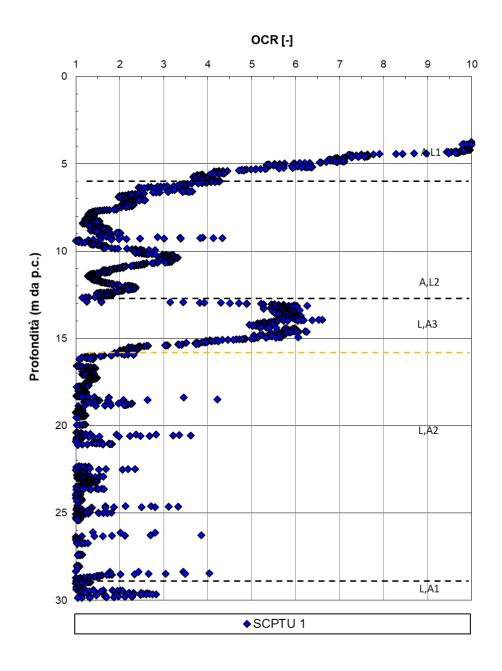


Figura 38: OCR da SCPTU-01



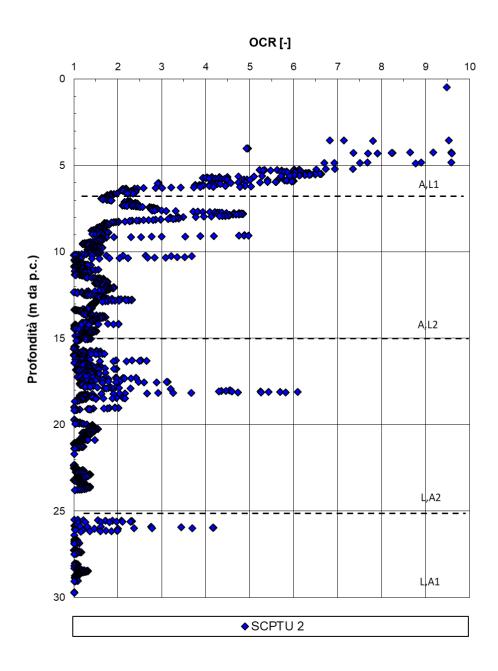


Figura 39: OCR da SCPTU-02



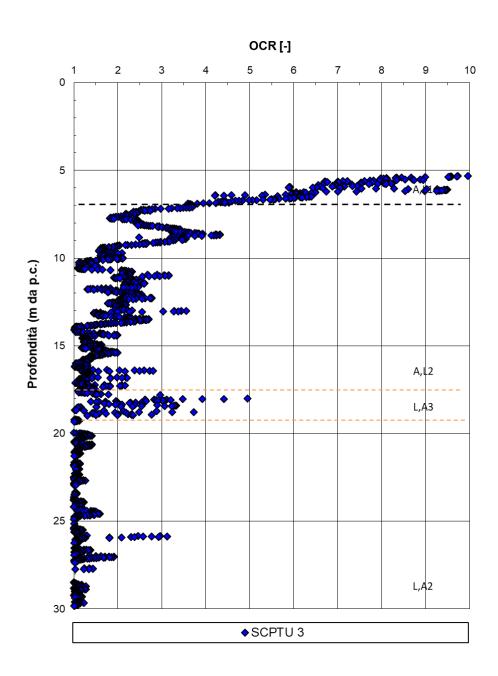


Figura 40: OCR da SCPTU-03



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 89 di 309

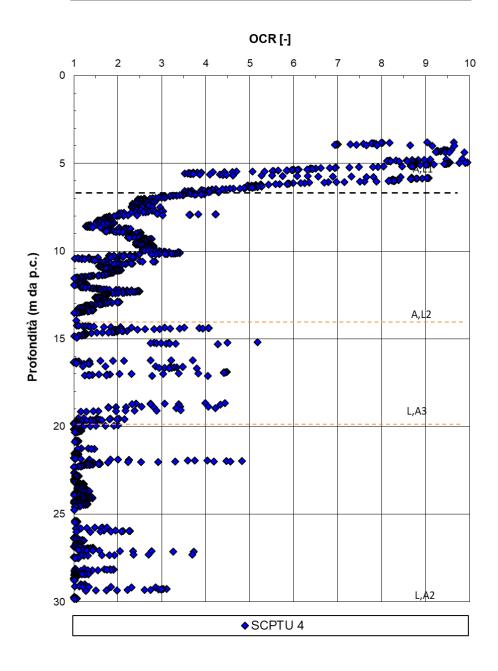


Figura 41: OCR da SCPTU-04



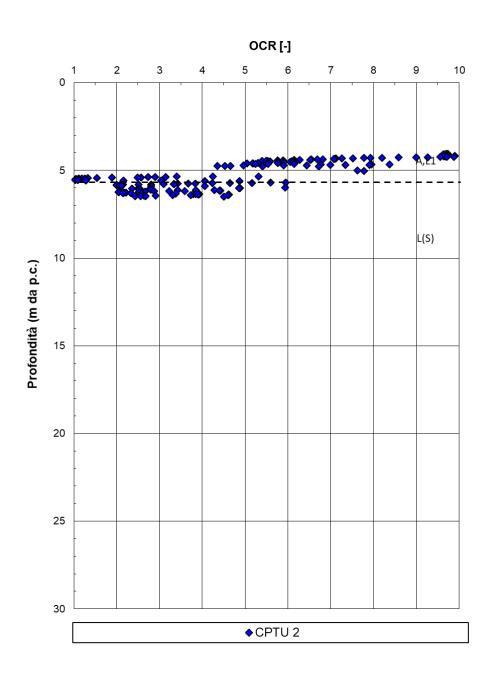


Figura 42: OCR da CPTU-02



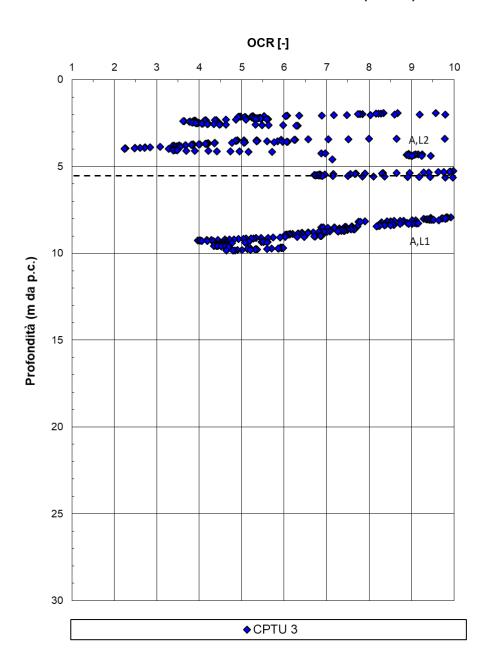


Figura 43: OCR da CPTU-03



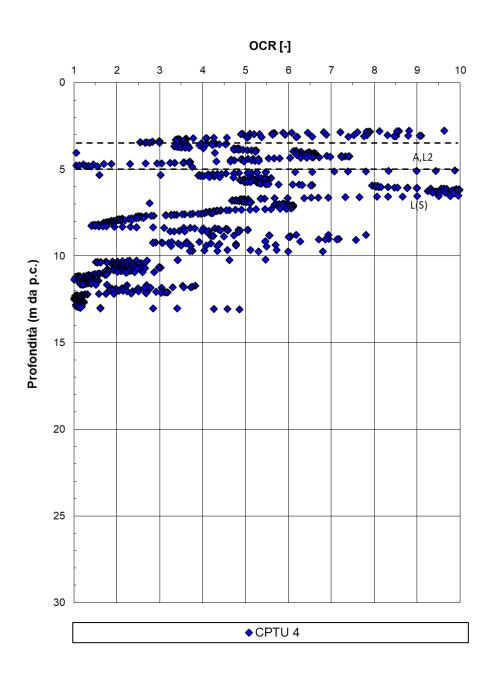


Figura 44: OCR da CPTU-04



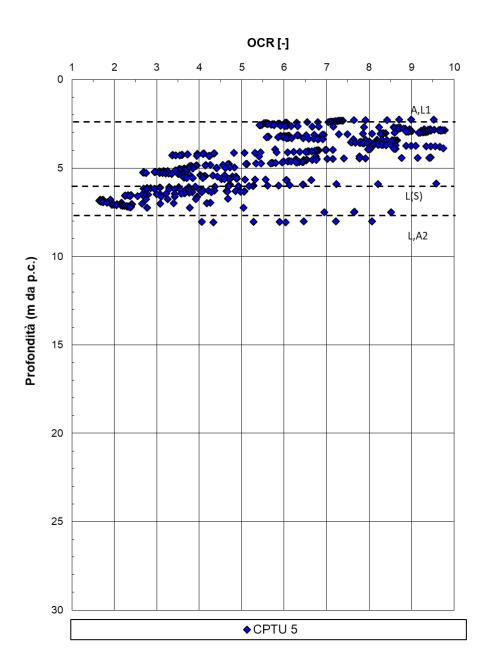


Figura 45: OCR da CPTU-05



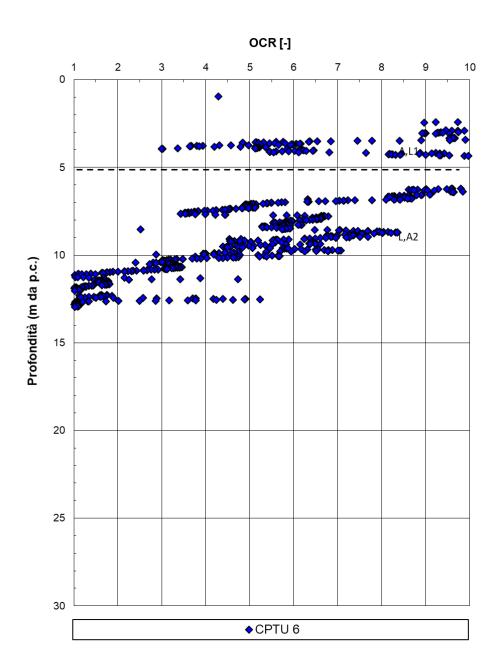


Figura 46: OCR da CPTU-06



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 95 di 309

NUOVO COLLEG. FERROVIARIO AEROPORTO DI VENEZIA

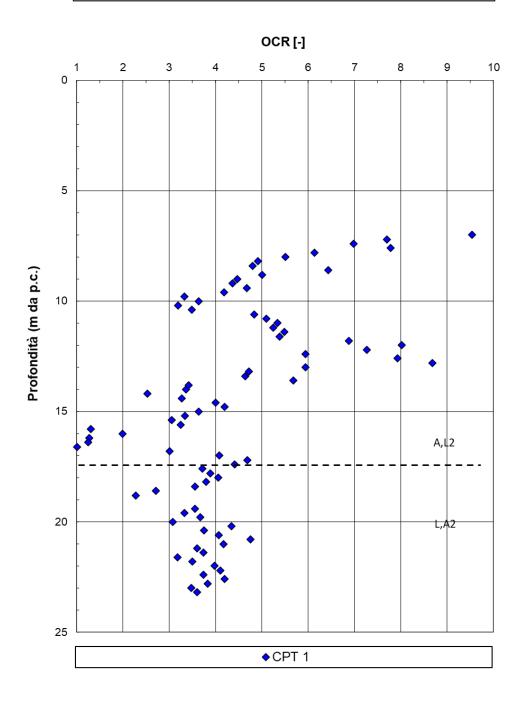


Figura 47: OCR da CPT1



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 96 di 309

NUOVO COLLEG. FERROVIARIO AEROPORTO DI VENEZIA

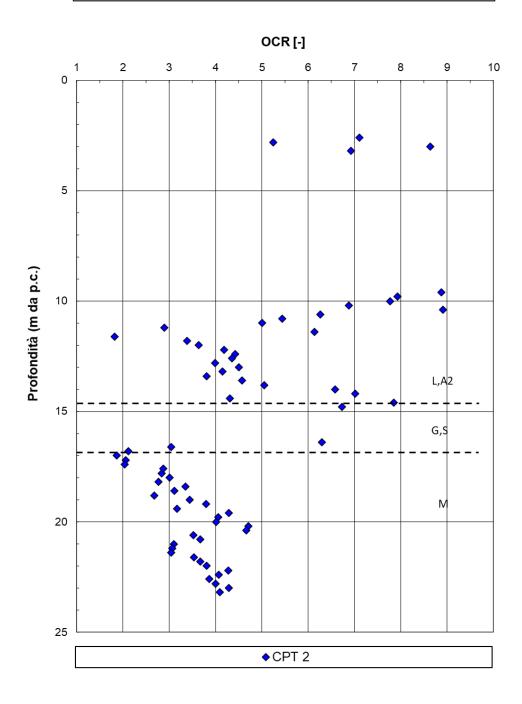


Figura 48: OCR da CPT2



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 97 di 309

NUOVO COLLEG. FERROVIARIO AEROPORTO DI VENEZIA

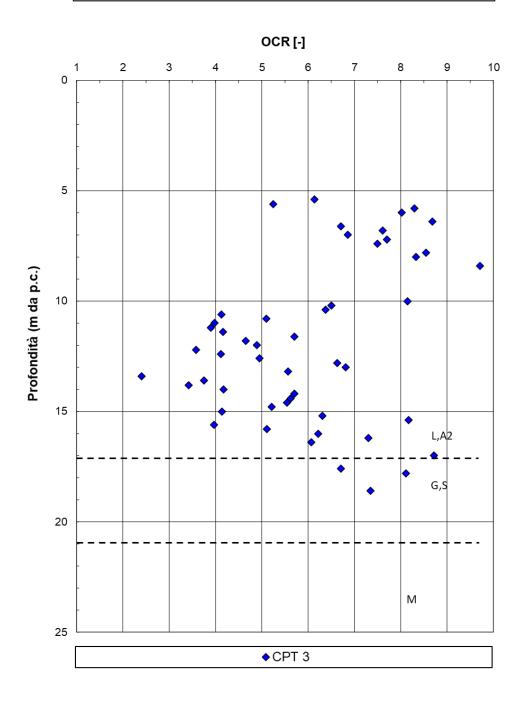


Figura 49: OCR da CPT3



7.1.7.2 Modulo di Young iniziale E₀ da SPT e DPSH

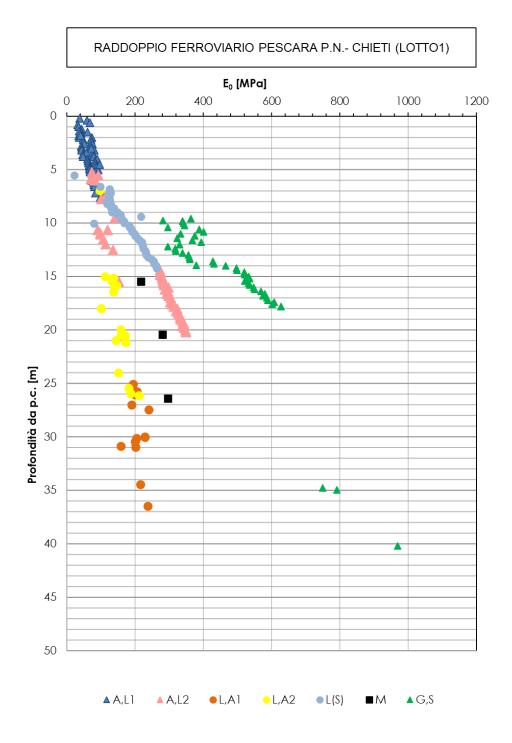


Figura 50: Modulo di Young iniziale da SPT e DPSH



7.1.7.3 Modulo di Young iniziale E₀ da CPTU e SCPTU

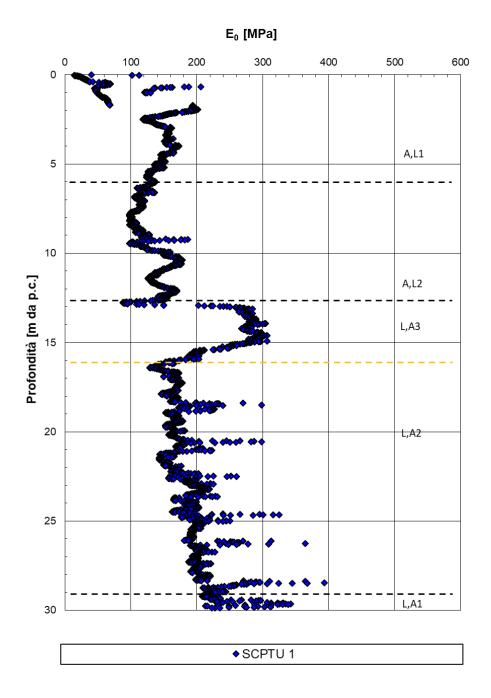


Figura 51: Modulo di Young iniziale da SCPTU-01



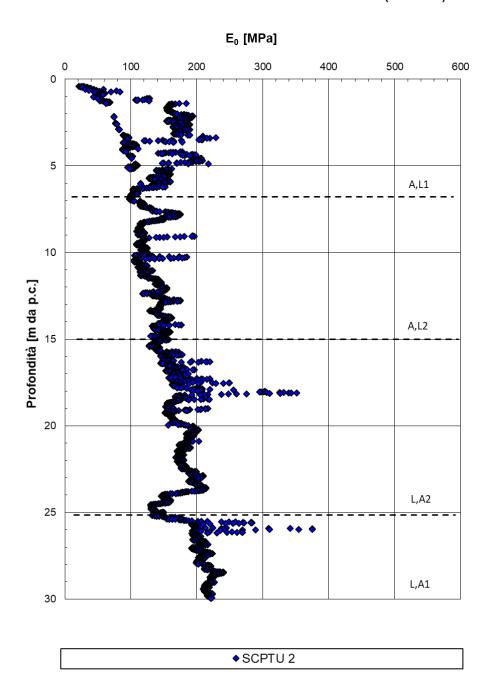


Figura 52: Modulo di Young iniziale da SCPTU-02



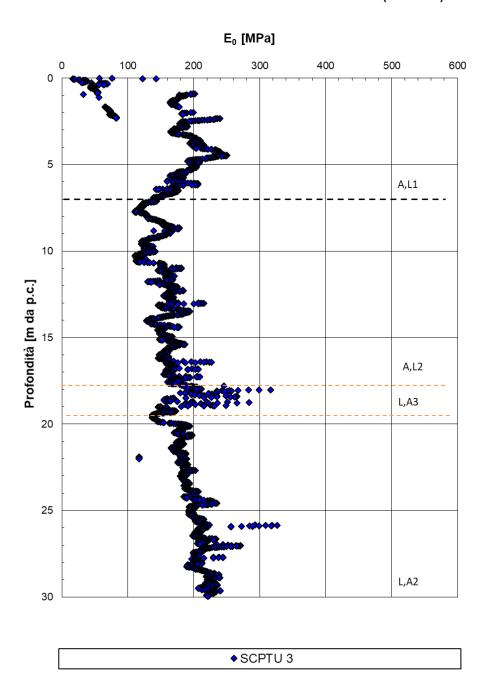


Figura 53: Modulo di Young iniziale da SCPTU-03



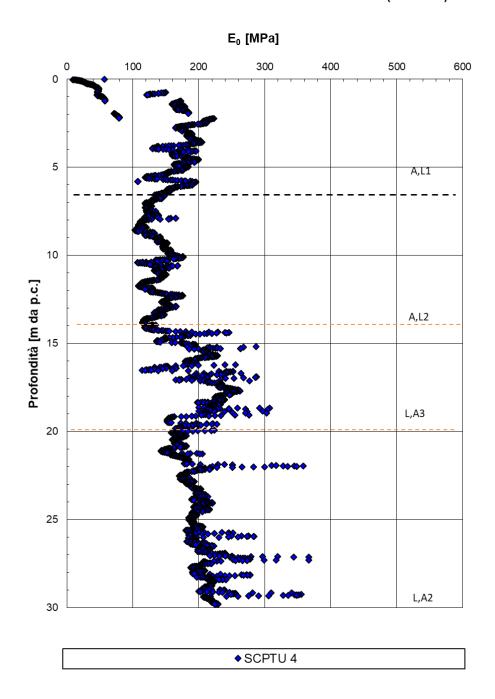


Figura 54: Modulo di Young iniziale da SCPTU-04



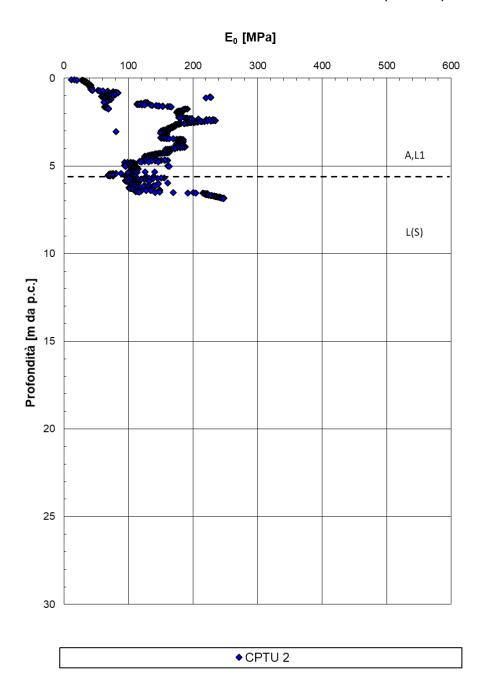


Figura 55: Modulo di Young iniziale da CPTU-02



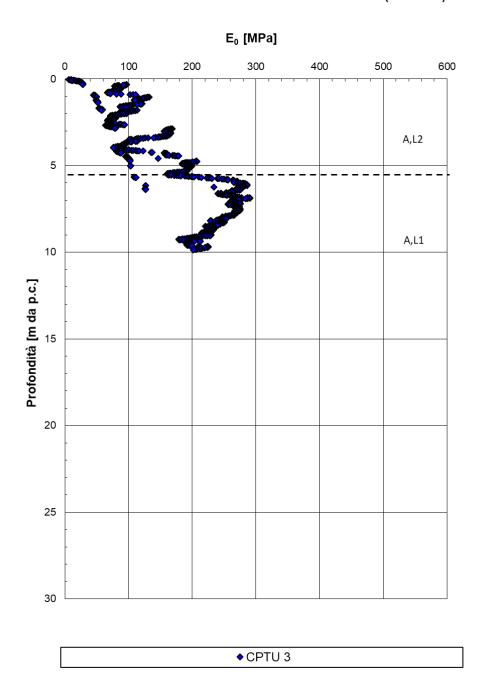


Figura 56: Modulo di Young iniziale da CPTU-03



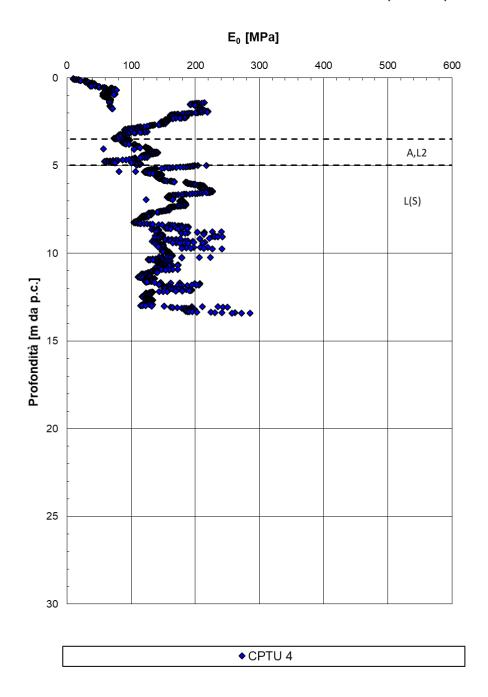


Figura 57: Modulo di Young iniziale da CPTU-04



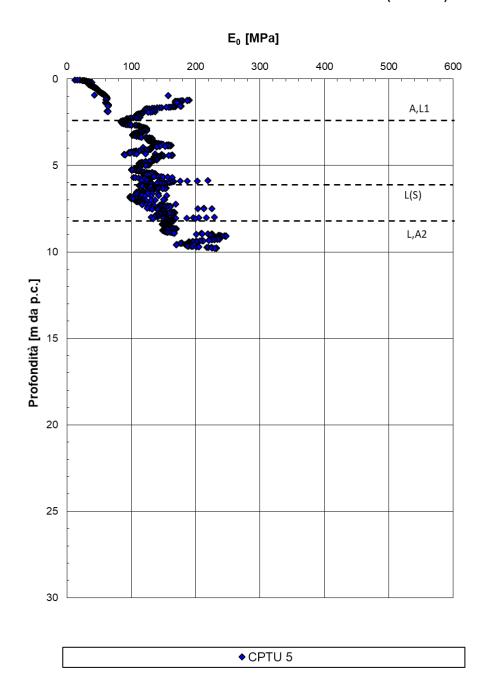


Figura 58: Modulo di Young iniziale da CPTU-05



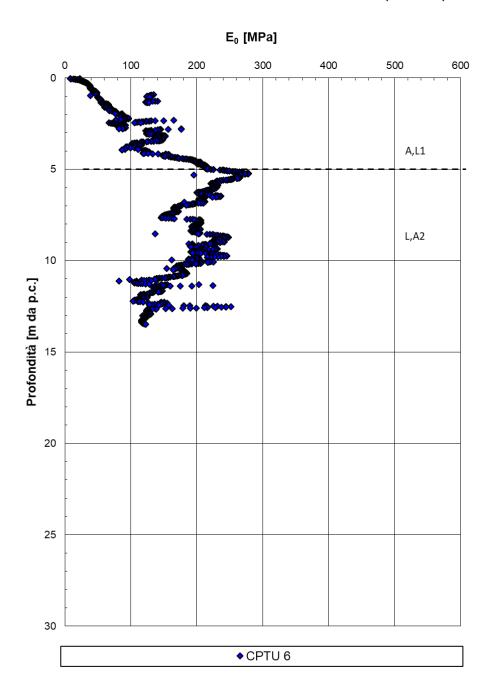


Figura 59: Modulo di Young iniziale da CPTU-06



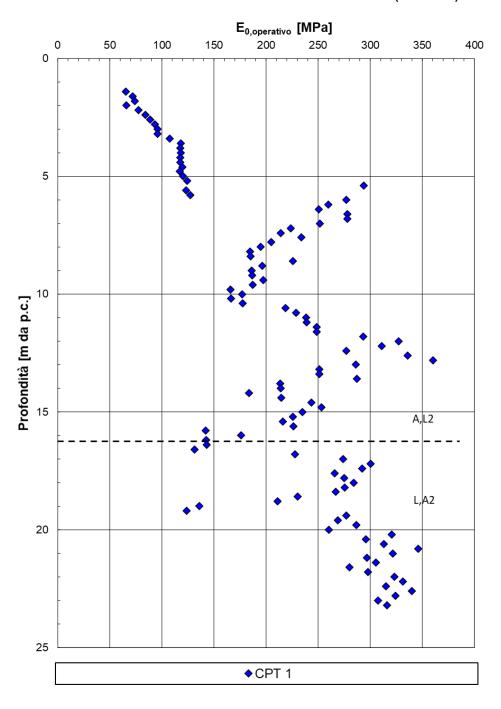


Figura 60: Modulo di Young iniziale da CPT1



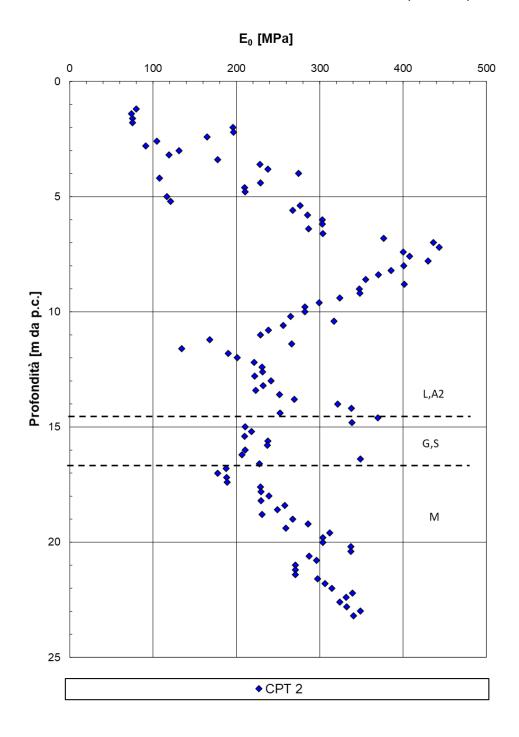


Figura 61: Modulo di Young iniziale da CPT2



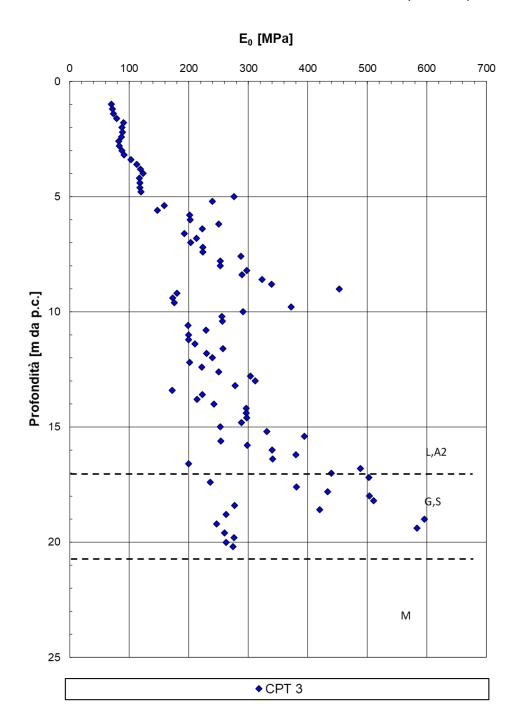


Figura 62: Modulo di Young iniziale da CPT3



7.1.7.4 Modulo di Young iniziale E₀ da Vs di MASW e SCPTU

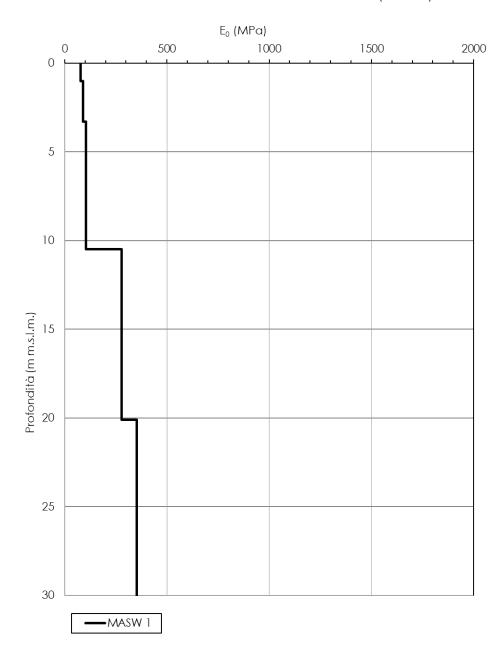


Figura 63: Modulo di Young iniziale da Vs di MASW-01



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA CODIFICA DOCUMENTO REV. LOTTO FOGLIO 01 D29 GE0006 001 112 di 309 IA4S GE С

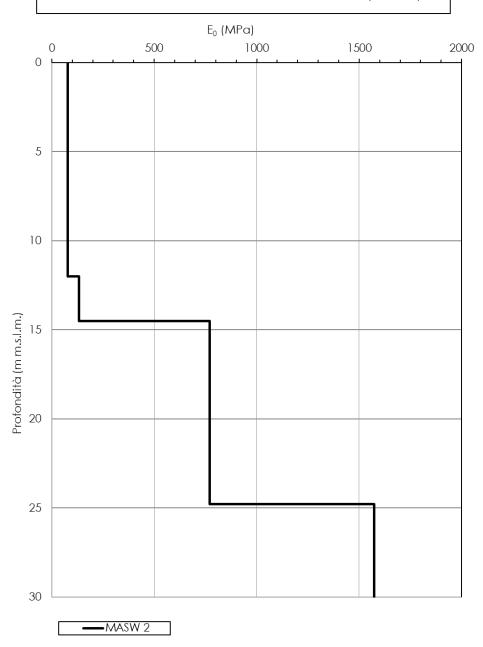


Figura 64: Modulo di Young iniziale da Vs di MASW-02



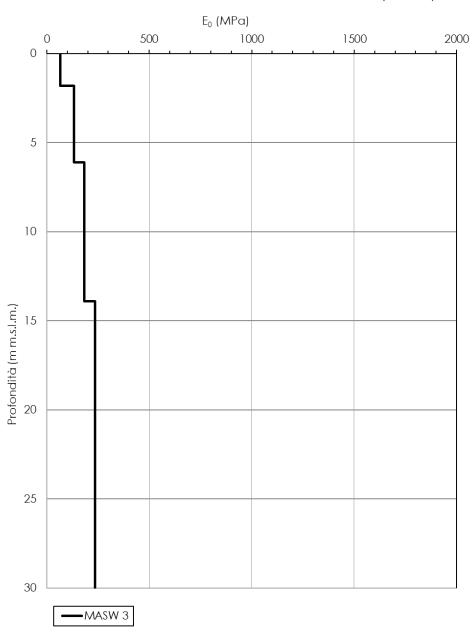


Figura 65: Modulo di Young iniziale da Vs di MASW-03



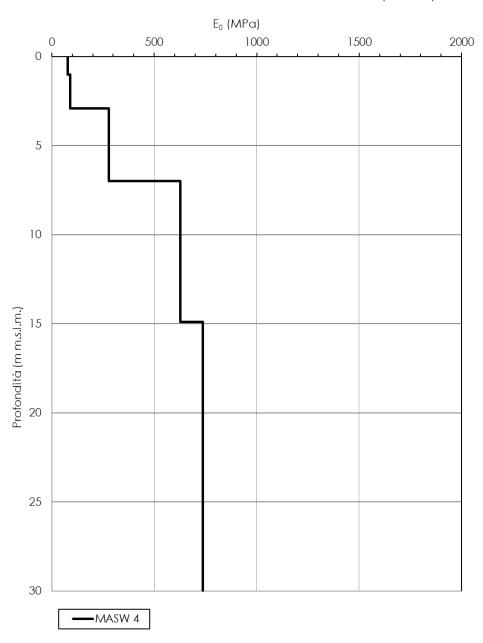


Figura 66: Modulo di Young iniziale da Vs di MASW-04



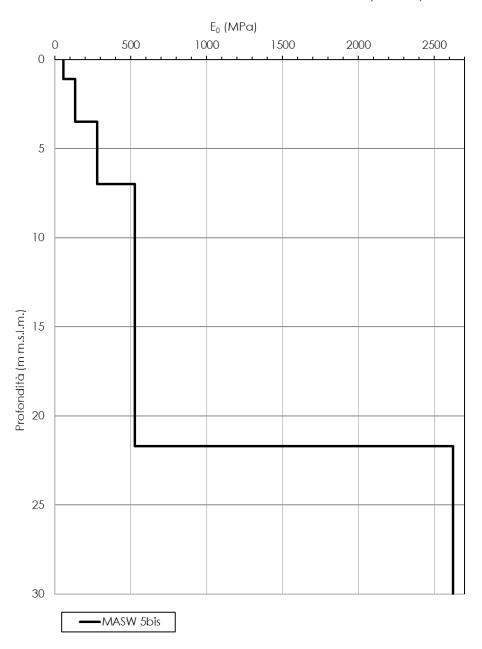


Figura 67: Modulo di Young iniziale da Vs di MASW-05bis



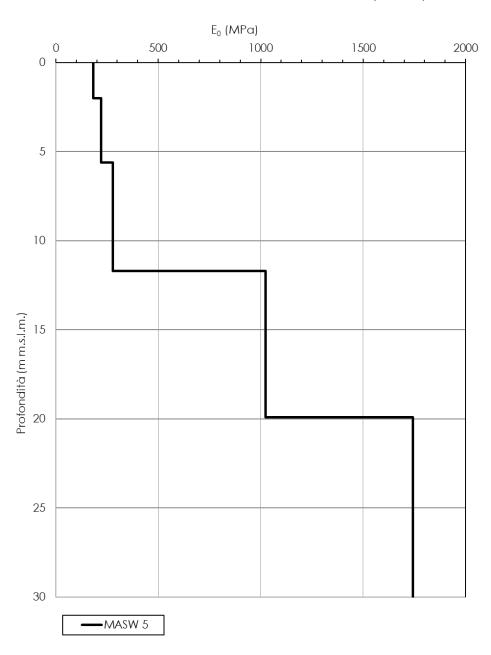


Figura 68: Modulo di Young iniziale da Vs di MASW-05



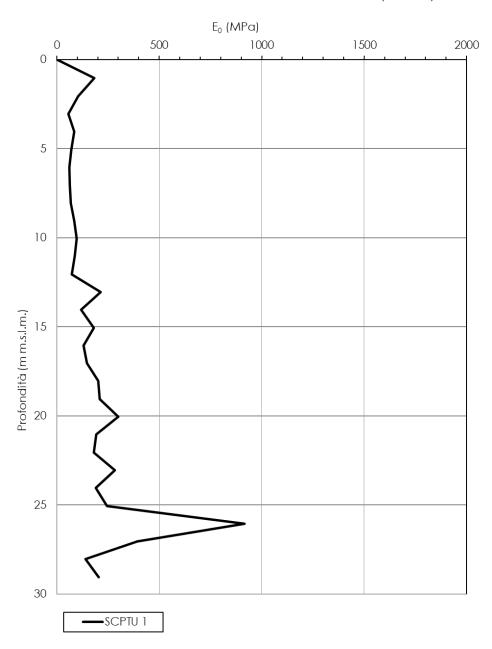


Figura 69: Modulo di Young iniziale da Vs di SCPTU-01



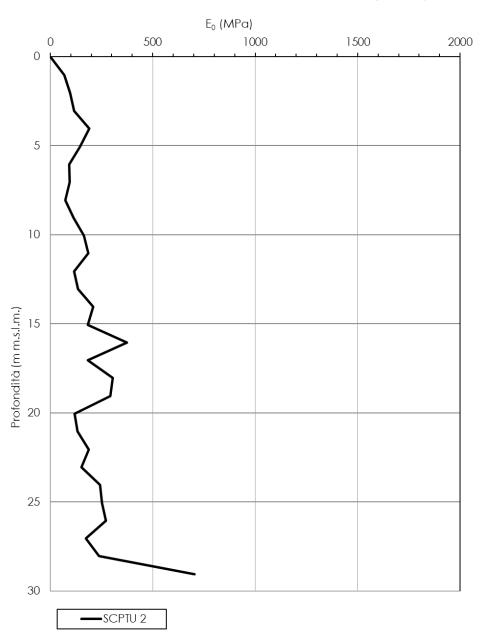


Figura 70: Modulo di Young iniziale da Vs di SCPTU-02



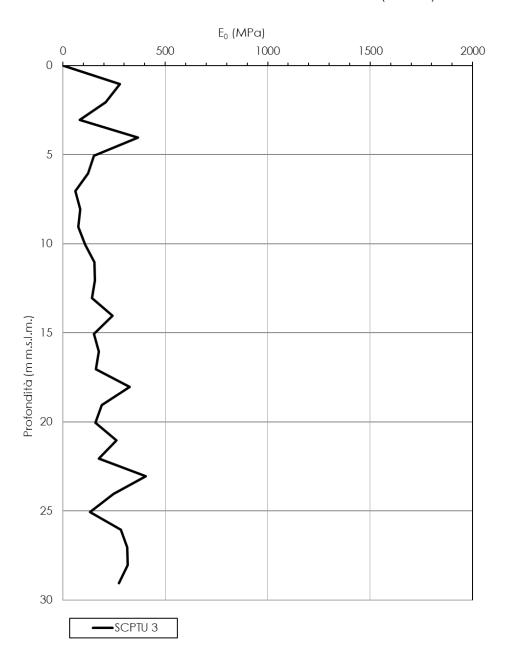


Figura 71: Modulo di Young iniziale da Vs di SCPTU-03



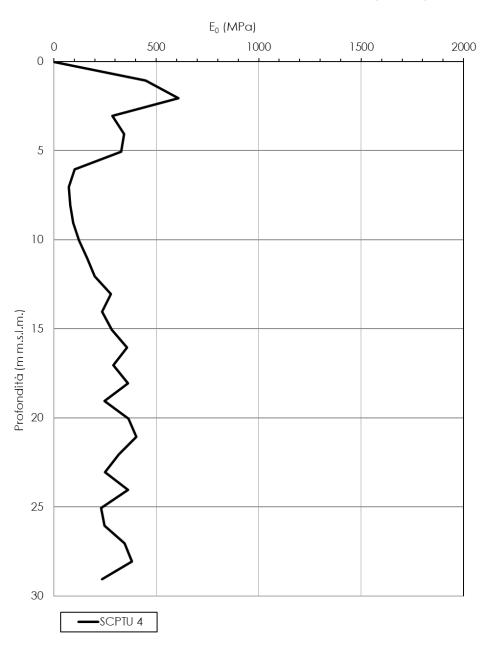


Figura 72: Modulo di Young iniziale da Vs di SCPTU-04



7.1.7.5 Modulo di Young operativo E_{op1} da SPT e DPSH

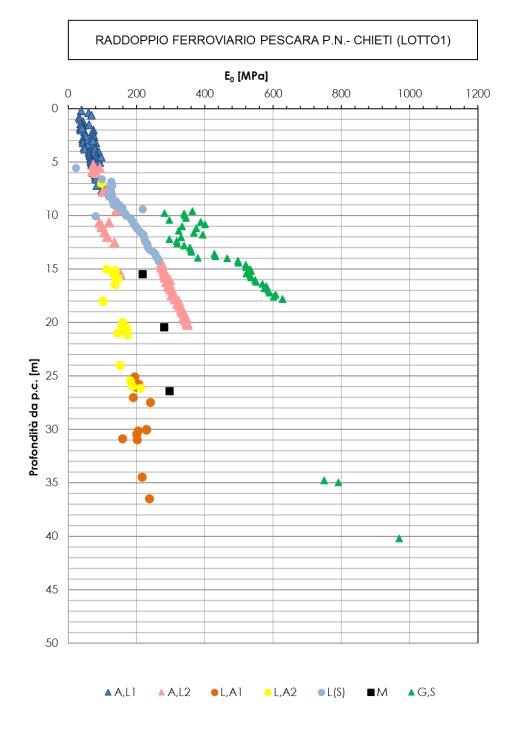


Figura 73: Modulo di Young operativo E_{op1} da SPT e DPSH



7.1.7.6 Modulo di Young operativo Eop1 da CPTU e SCPTU

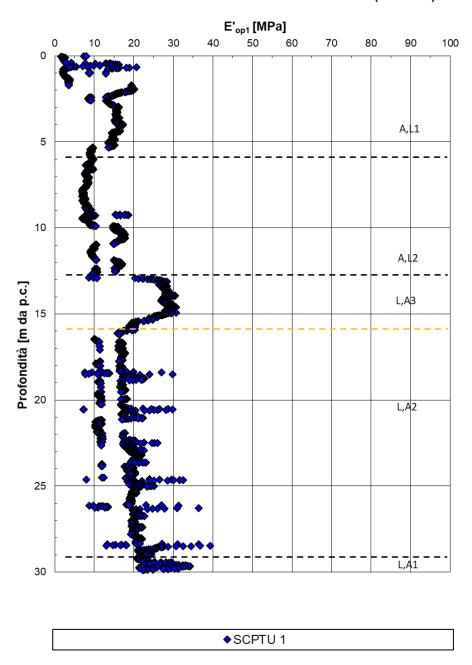


Figura 74: Modulo di Young operativo da SCPTU-01



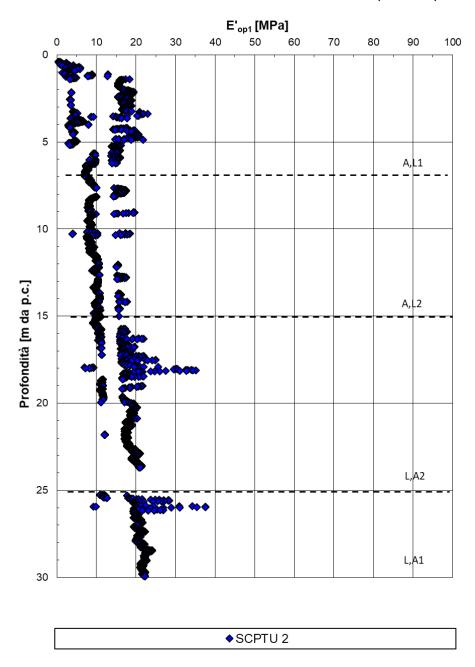


Figura 75: Modulo di Young operativo da SCPTU-02



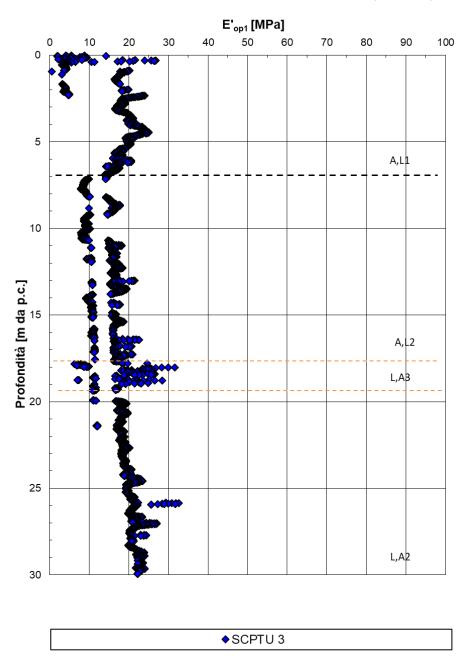


Figura 76: Modulo di Young operativo da SCPTU-03



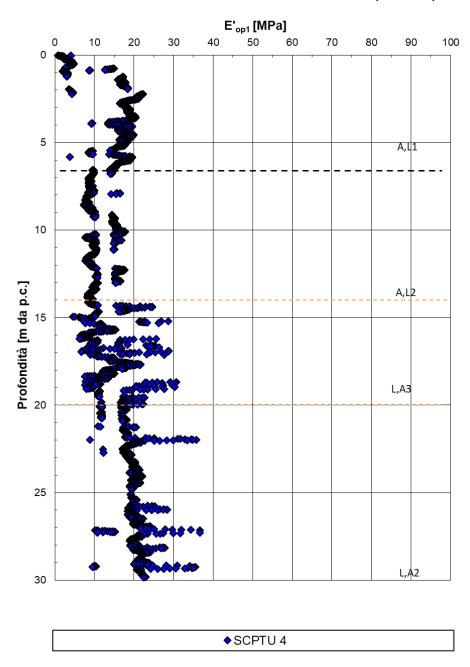


Figura 77: Modulo di Young operativo da SCPTU-04



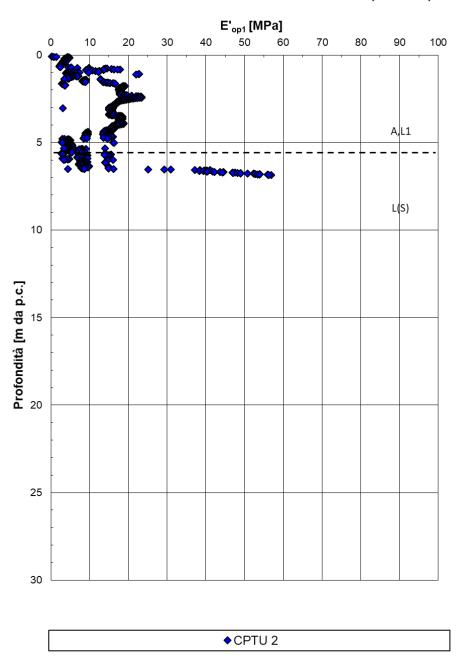


Figura 78: Modulo di Young operativo da CPTU-02



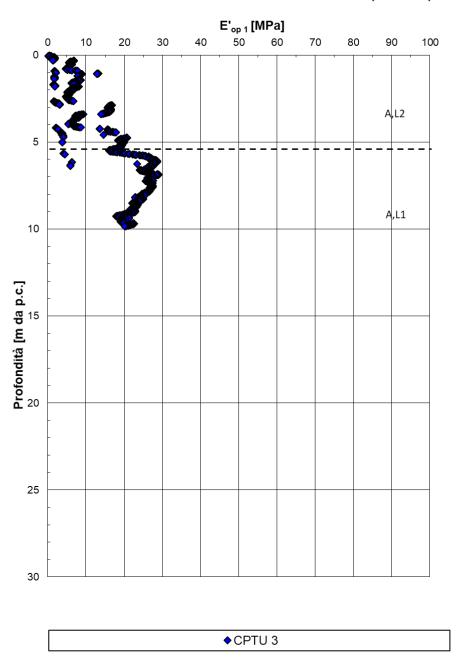


Figura 79: Modulo di Young operativo da CPTU-03



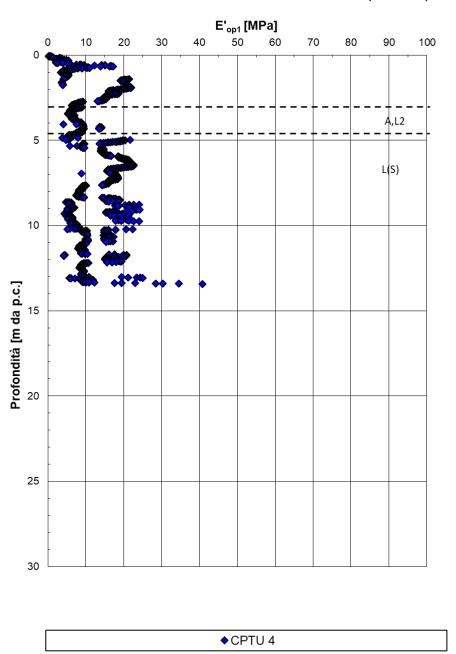


Figura 80: Modulo di Young operativo da CPTU-04



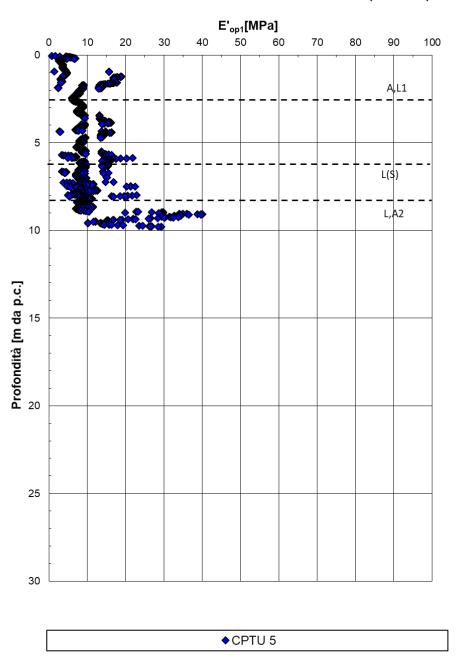


Figura 81: Modulo di Young operativo da CPTU-05



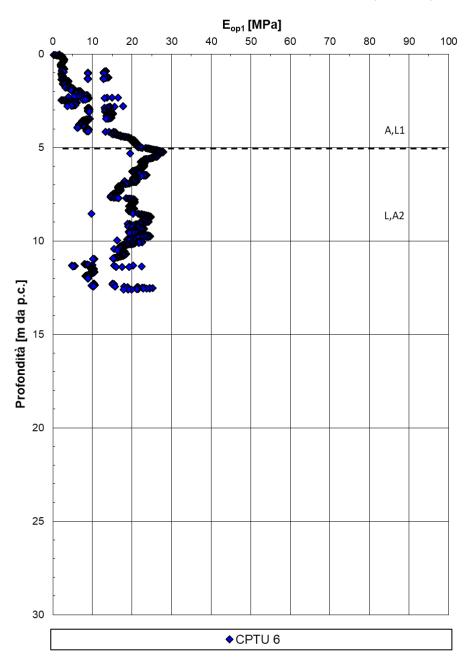


Figura 82: Modulo di Young operativo da CPTU-06



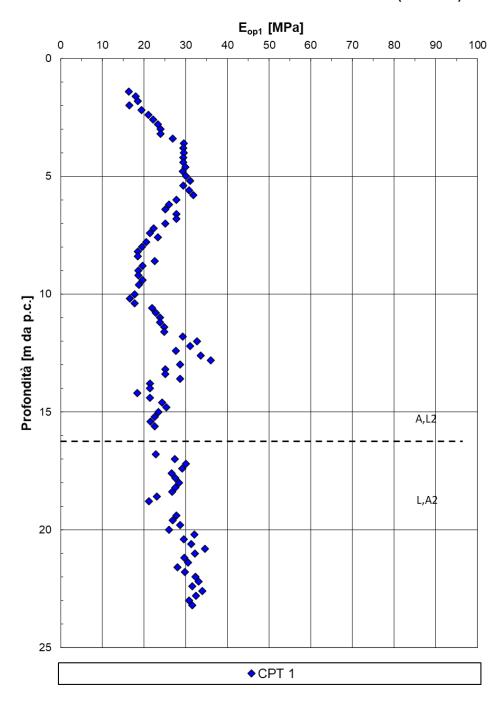


Figura 83: Modulo di Young operativo da CPT1



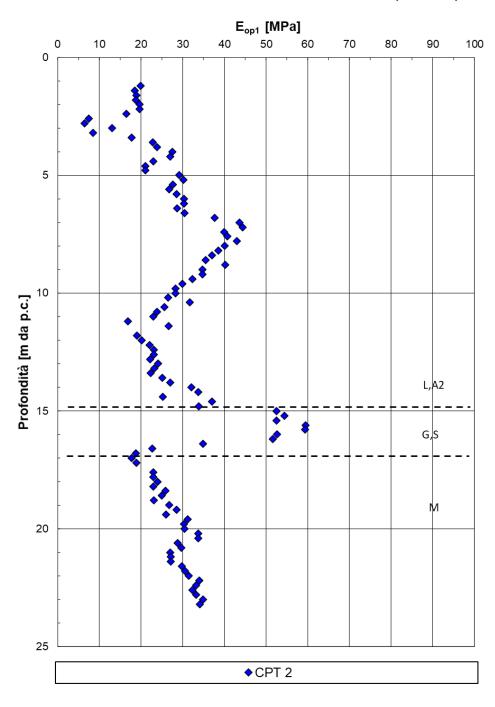


Figura 84: Modulo di Young operativo da CPT2



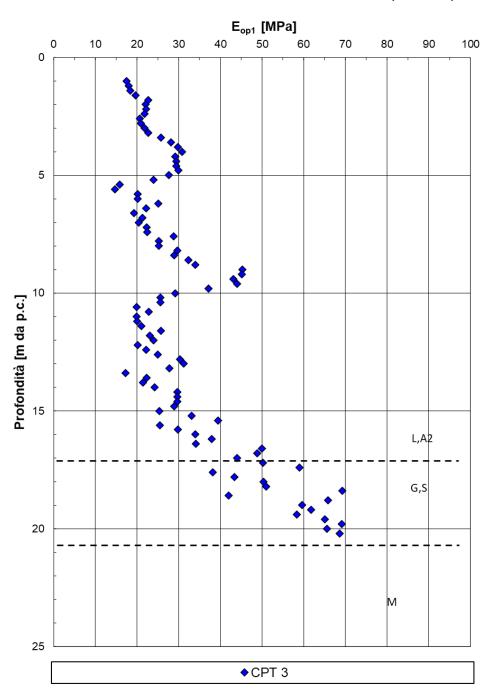


Figura 85: Modulo di Young operativo da CPT3



7.1.7.7 Modulo di Young operativo E_{op1} da Vs di MASW e SCPTU

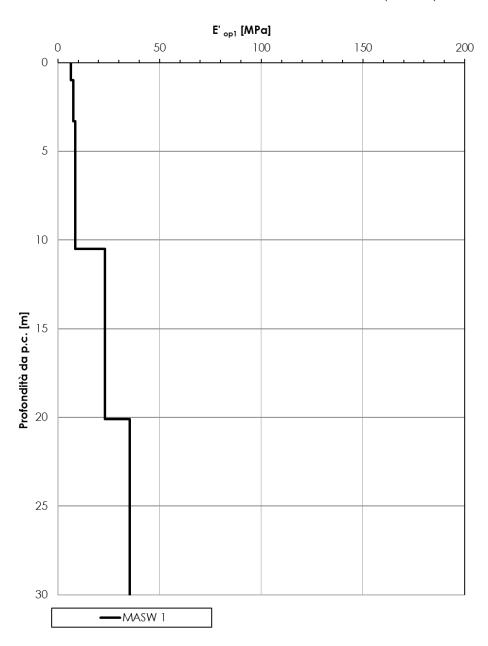


Figura 86: Modulo di Young operativo da Vs di MASW-01



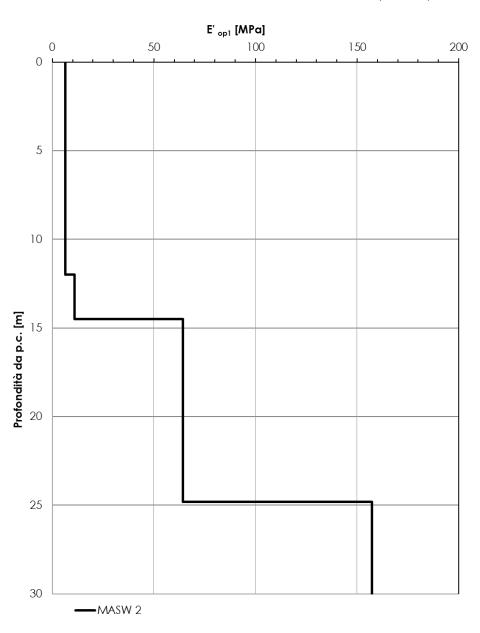


Figura 87: Modulo di Young operativo da Vs di MASW-02



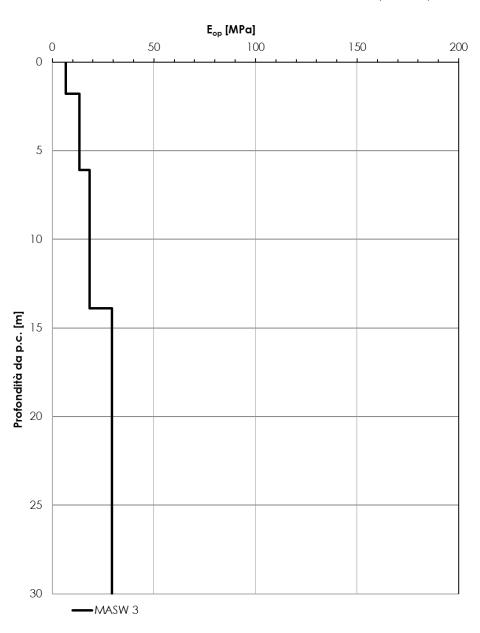


Figura 88: Modulo di Young operativo da Vs di MASW-03



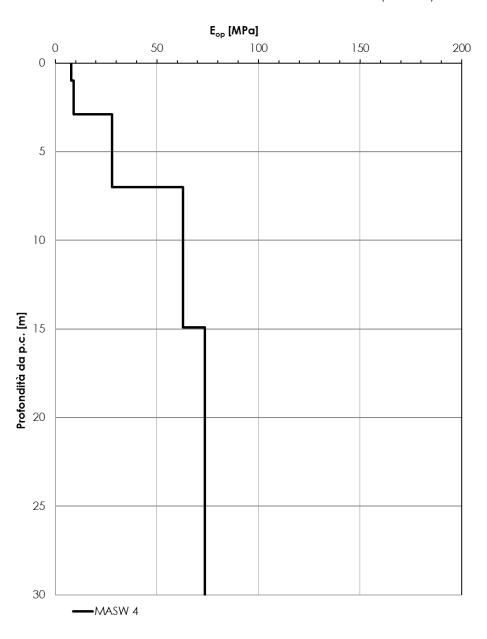


Figura 89: Modulo di Young operativo da Vs di MASW-04



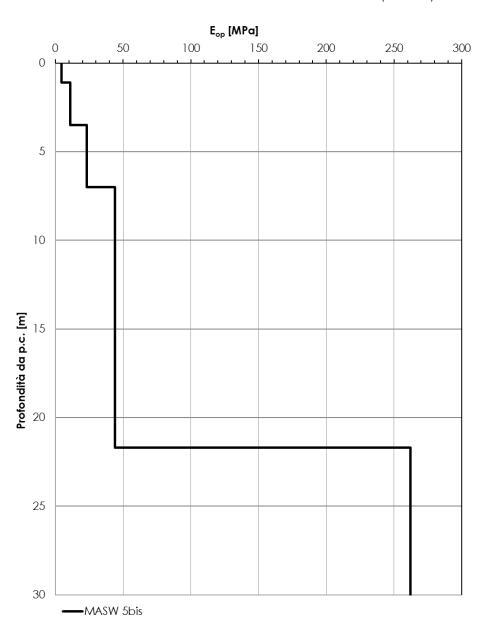


Figura 90: Modulo di Young operativo da Vs di MASW-05bis



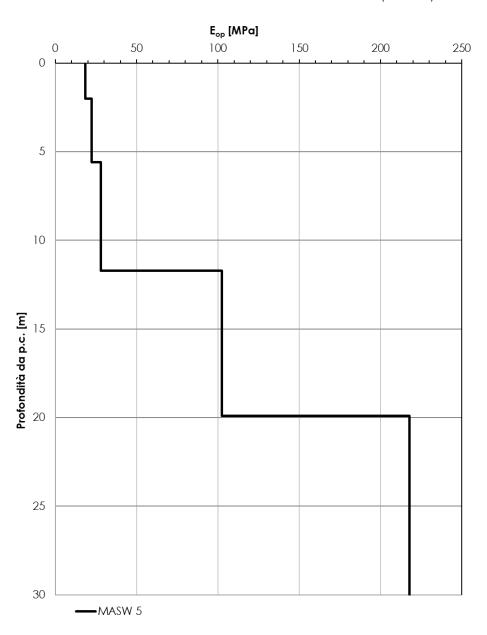


Figura 91: Modulo di Young operativo da Vs di MASW-05



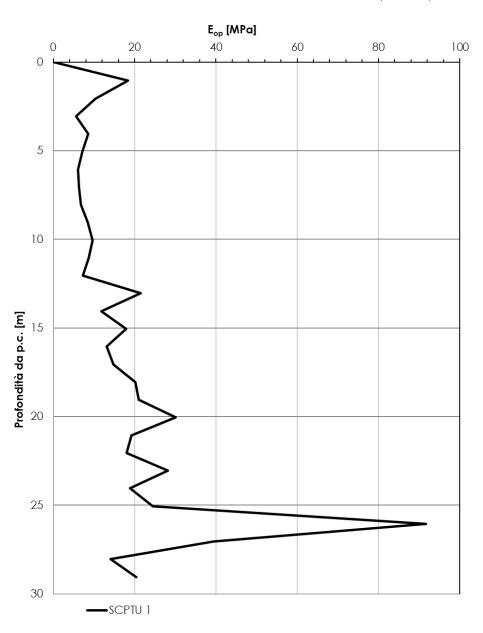


Figura 92: Modulo di Young operativo da Vs di SCPTU-01



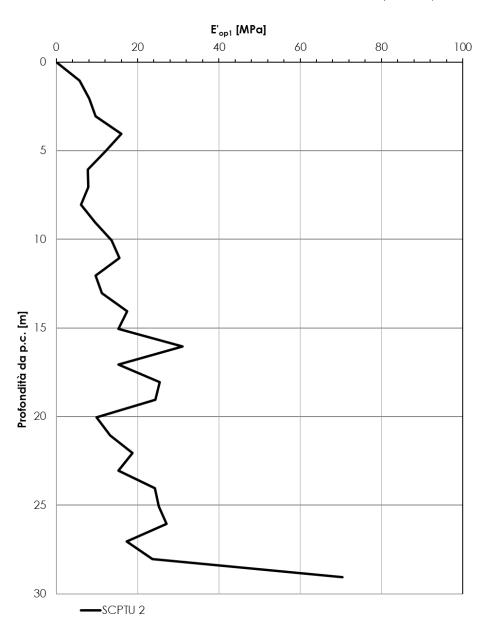


Figura 93: Modulo di Young operativo da Vs di SCPTU-02



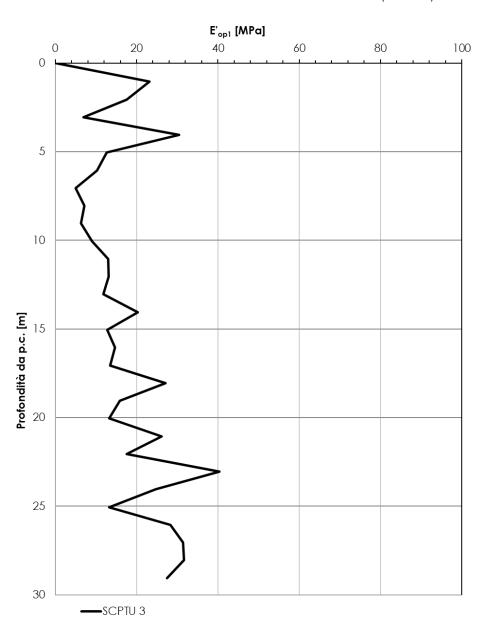


Figura 94:: Modulo di Young operativo da Vs di SCPTU-03



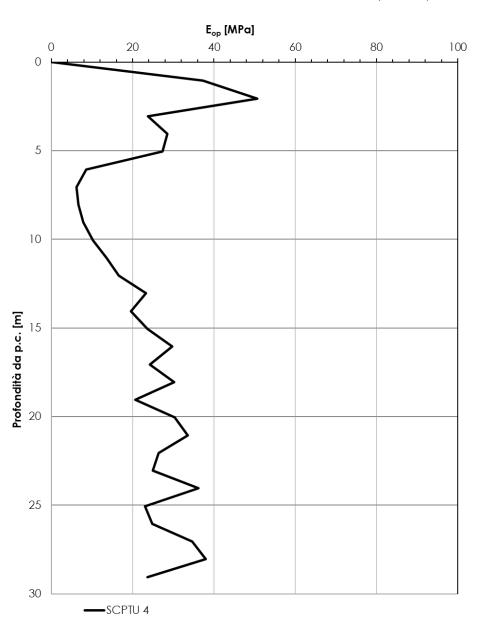


Figura 95:: Modulo di Young operativo da Vs di SCPTU-04



7.1.8 Caratteristiche di resistenza

7.1.8.1 Terreni coesivi: coesione non drenata da SPT e DPSH

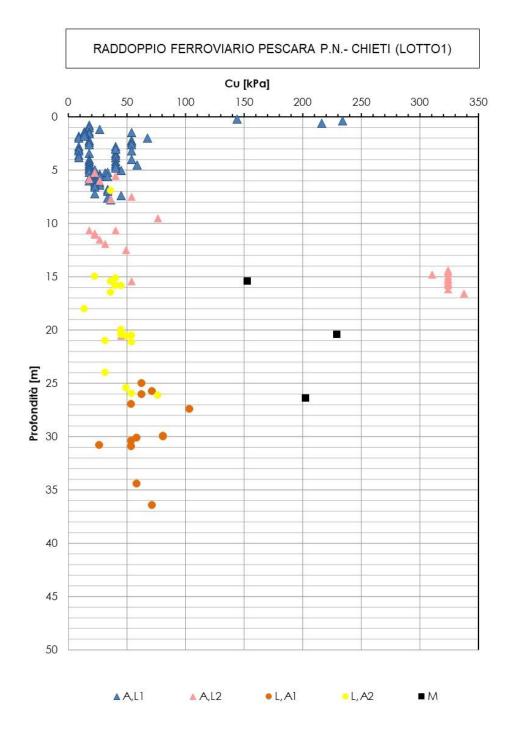


Figura 96:: Coesione non drenata da SPT

J ITALFERR	VELOCIZZA RADDOPPIO - CHIETI. L SAN GIOVA PROGETTO	O FERRO LOTTO 1 NNI TEA	VIARIO T : TRATTA TINO	RATTA P PESCAF	ESCARA RA PORT	PORT A NU	A NUOVA

7.1.8.2 <u>Terreni coesivi: coesione non drenata da CPTU e SCPTU</u>

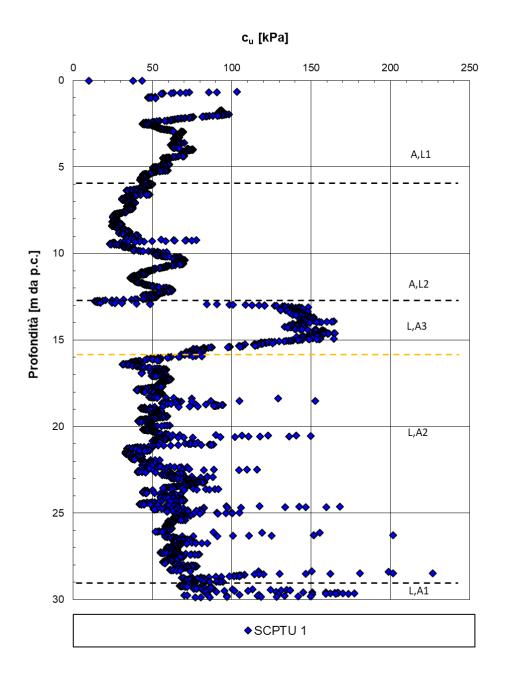


Figura 97:: Coesione non drenata da SCPTU-01



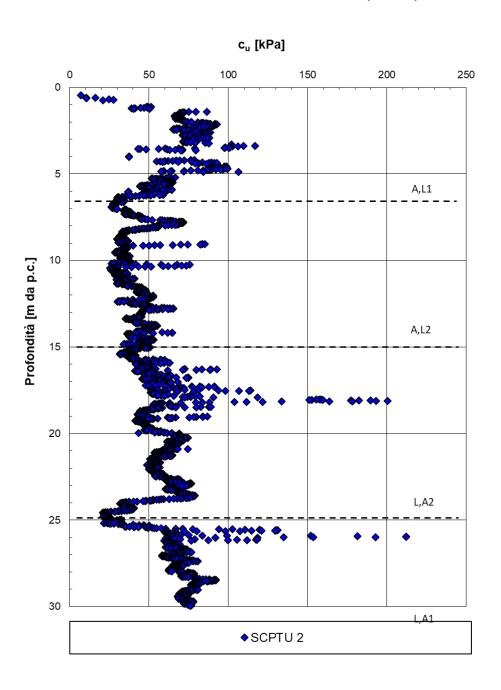


Figura 98:: Coesione non drenata da SCPTU-02



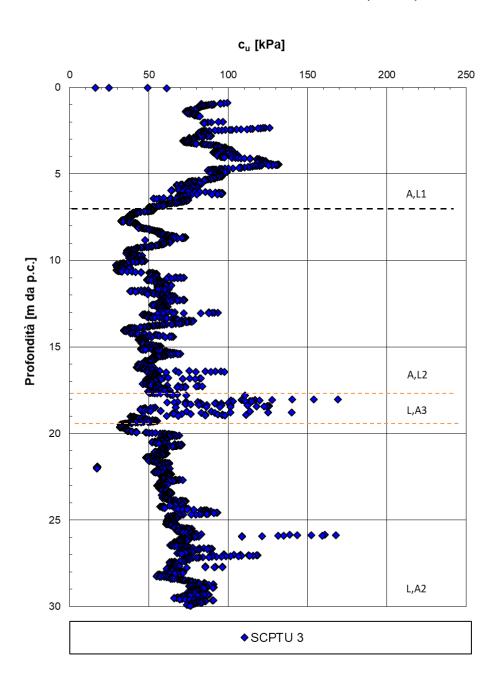


Figura 99:: Coesione non drenata da SCPTU-03



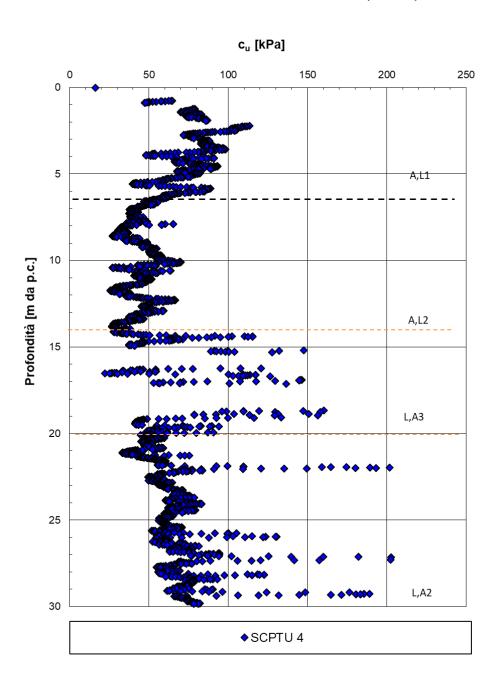


Figura 100:: Coesione non drenata da SCPTU-04



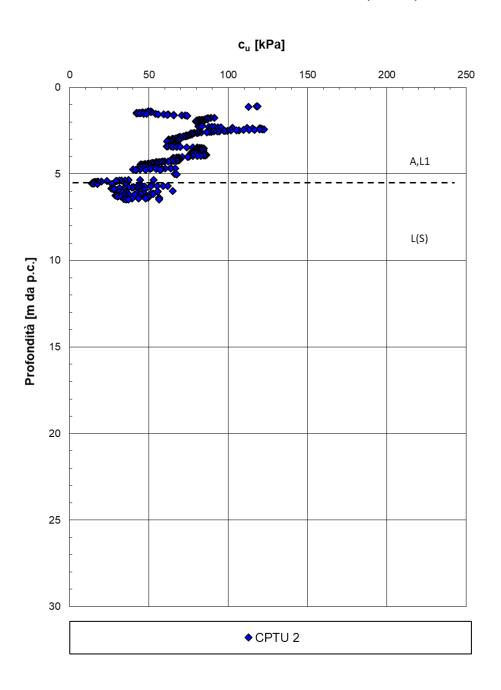


Figura 101:: Coesione non drenata da CPTU-02



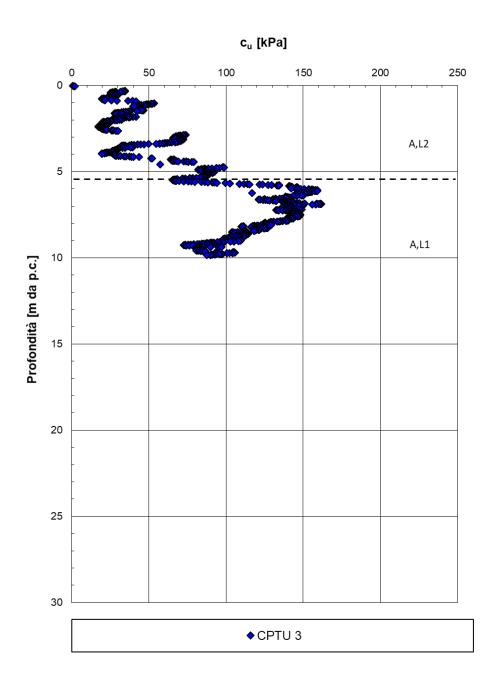


Figura 102:: Coesione non drenata da CPTU-03



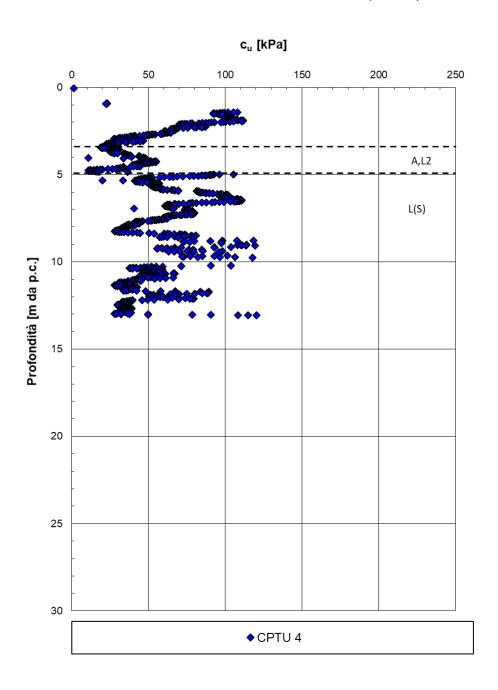


Figura 103:: Coesione non drenata da CPTU-04



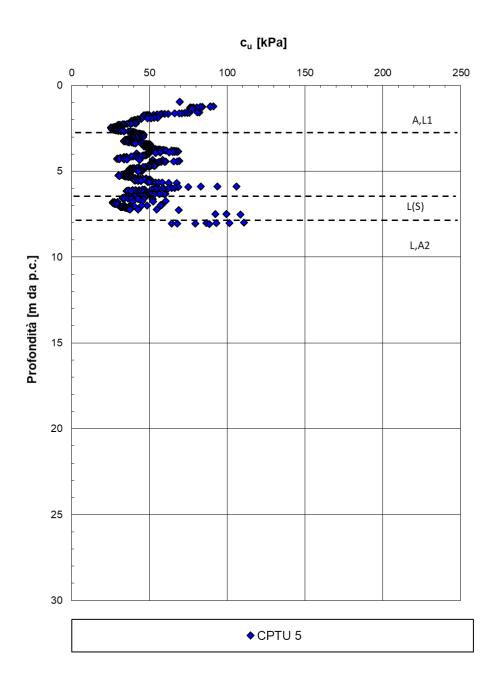


Figura 104:: Coesione non drenata da CPTU-05



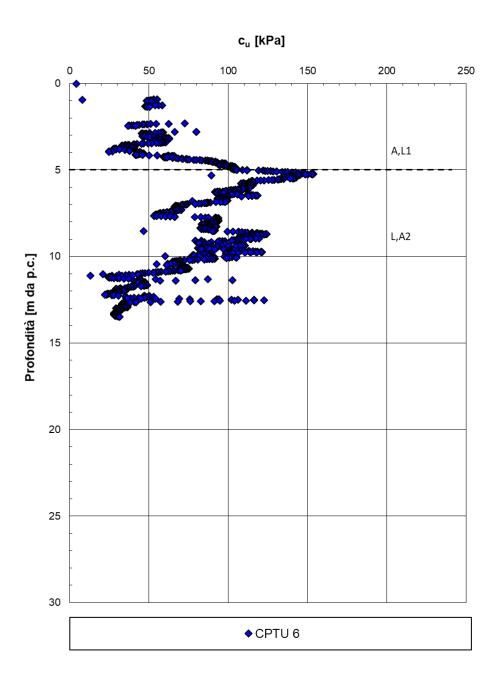


Figura 105: Coesione non drenata da CPTU-06



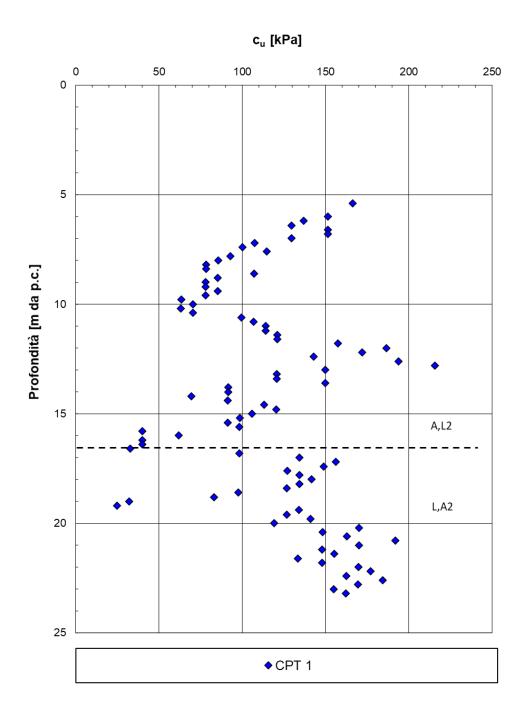


Figura 106: Coesione non drenata da CPT1



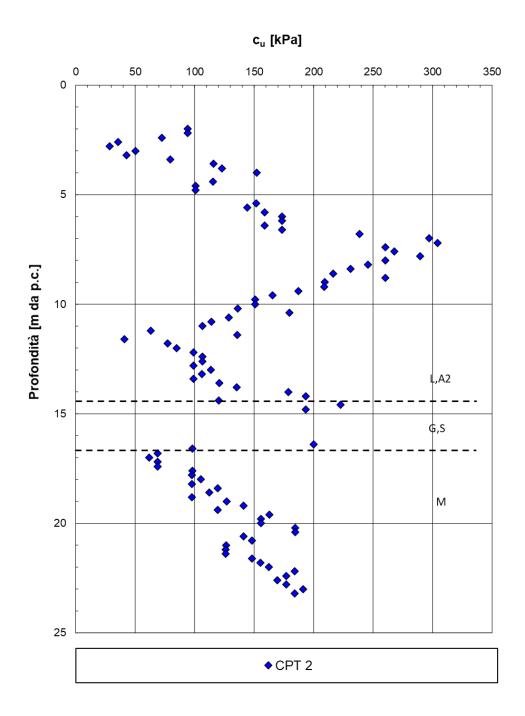


Figura 107: Coesione non drenata da CPT2



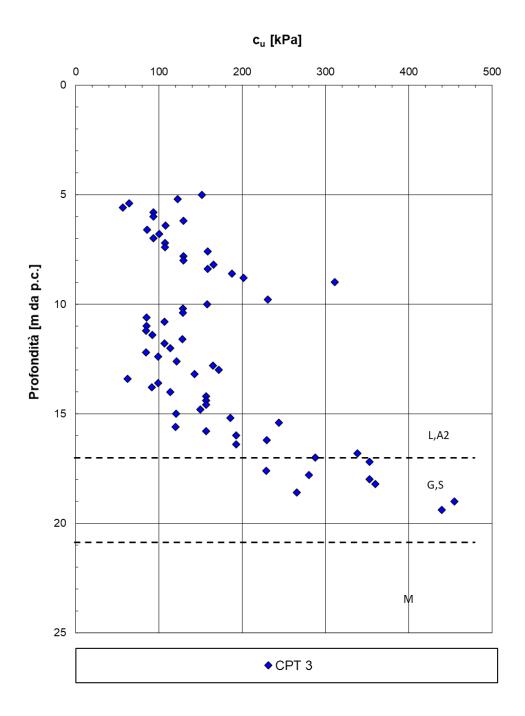


Figura 108: Coesione non drenata da CPT3



7.1.8.3 Terreni coesivi: coesione non drenata da Pocket penetrometers

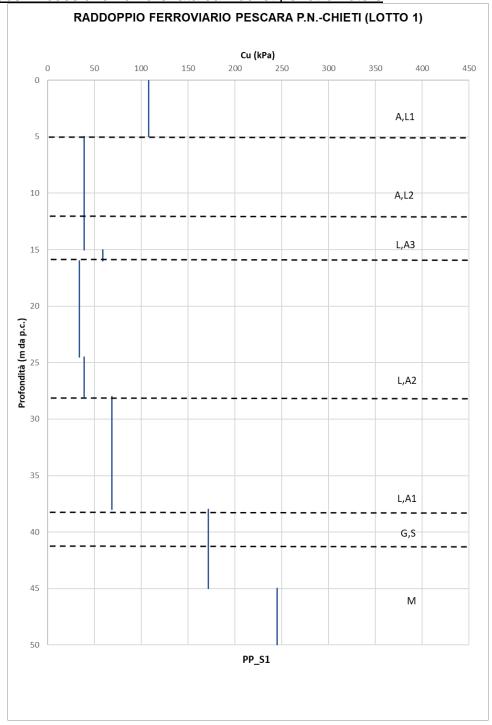


Figura 109: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S1



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO 01 D29 GE0006 001 158 di 309 IA4S GE С

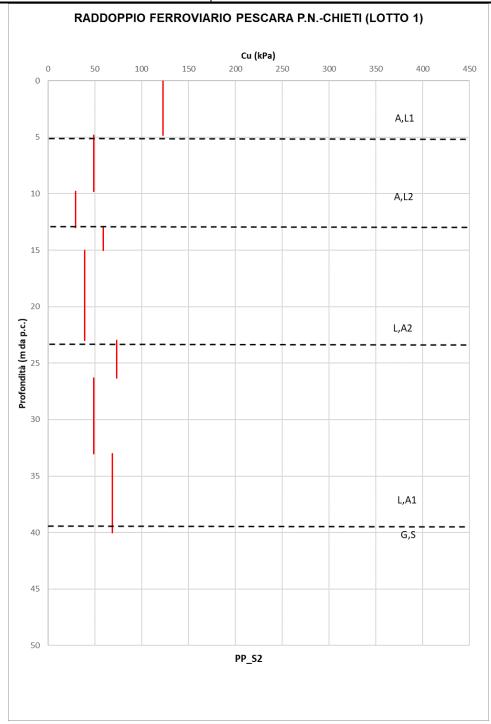


Figura 110: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S2



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO 01 D29 GE0006 001 159 di 309 IA4S GE С

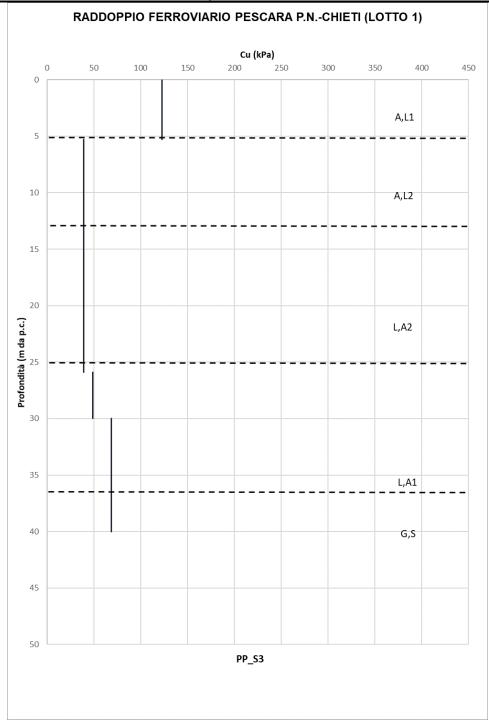


Figura 111: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S3



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO DE CONOMICA ECONOMICA.

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 160 di 309

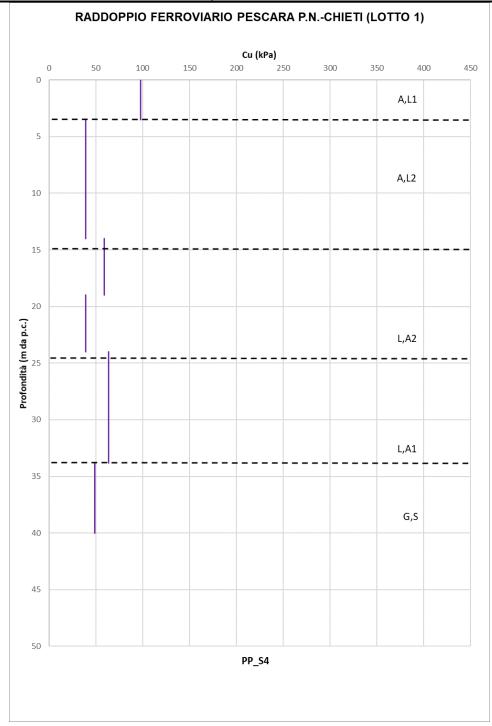


Figura 112:: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S4



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 161 di 309

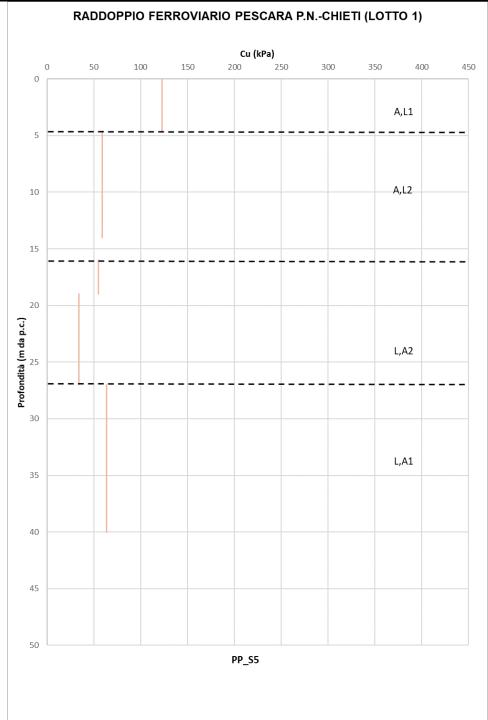


Figura 113: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S5



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 162 di 309

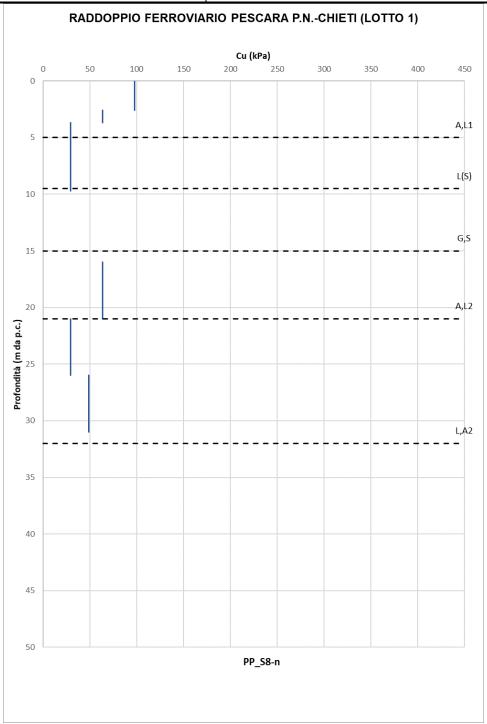


Figura 114: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S8-n



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 163 di 309

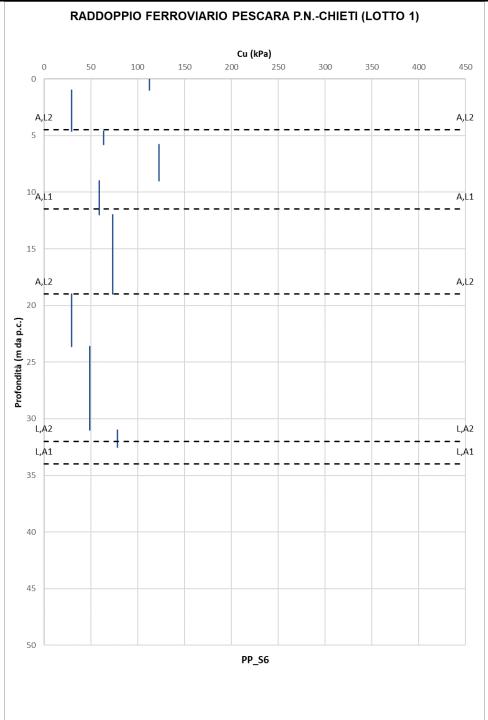


Figura 115: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S6



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO DE CONOMICA DE CONOMIC

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 164 di 309

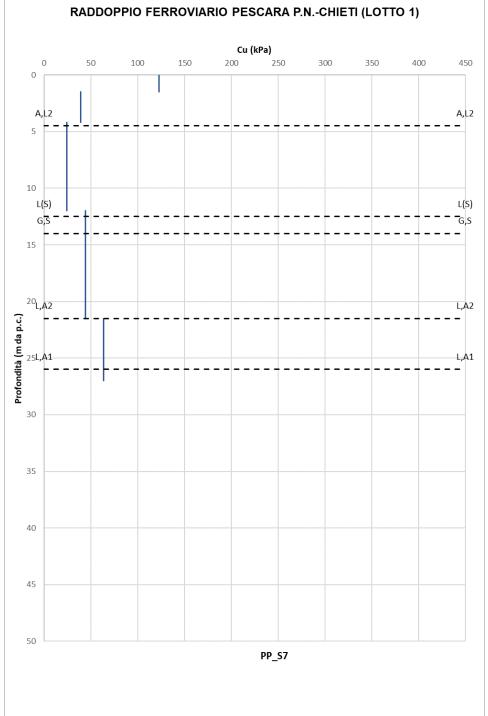


Figura 116: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S7



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINI TEATINI DE CANTONIO A FORMANIO DE CANTONIO A FORMANIO DE CANTONIO A FORMANIO DE CANTONIO DE CANTONIO A FORMANIO DE CANTONIO A FORMANIO DE CANTONIO DE CANT

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 165 di 309

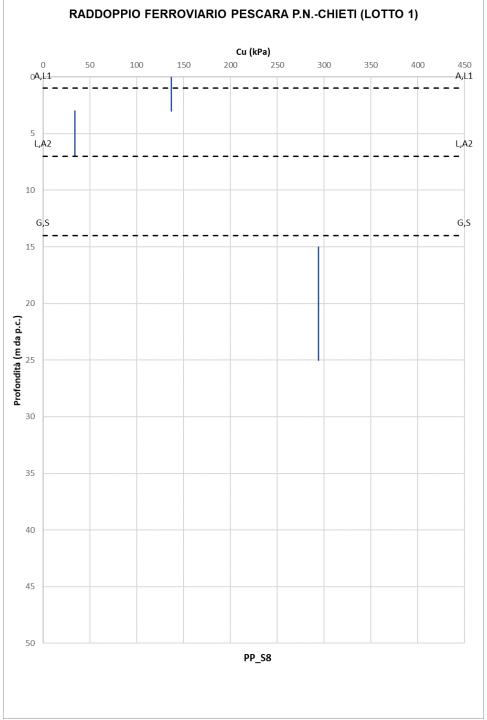


Figura 117: Coesione non drenata da Pocket penetrometer in S8



7.1.8.4 Terreni incoerenti: densità relativa da SPT e DPSH

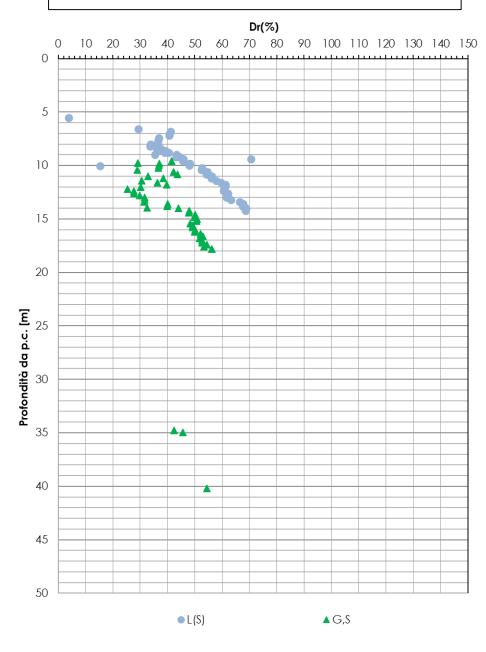


Figura 118: Densità relativa da SPT e DPSH



7.1.8.5 Terreni incoerenti: densità relativa da CPTU e SCPTU

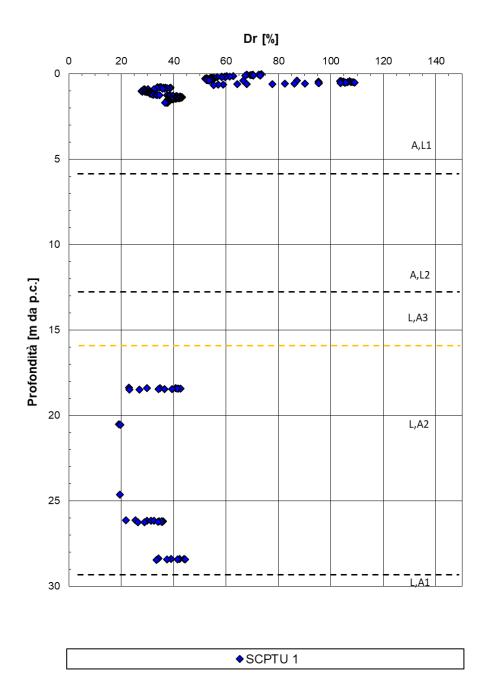


Figura 119: Densità relativa da SCPTU-01



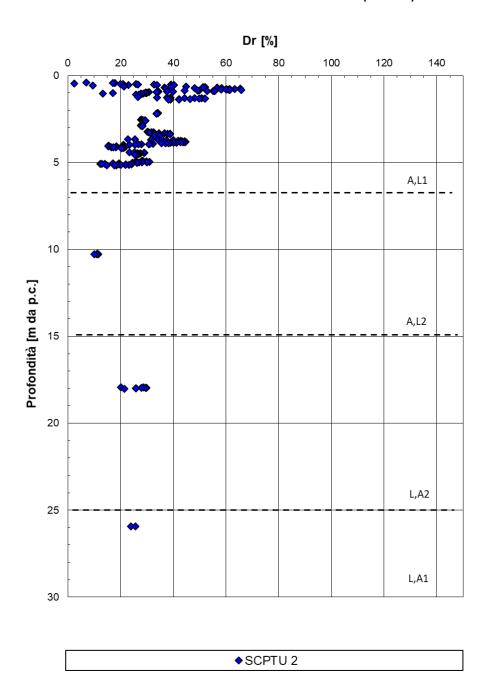


Figura 120: Densità relativa da SCPTU-02



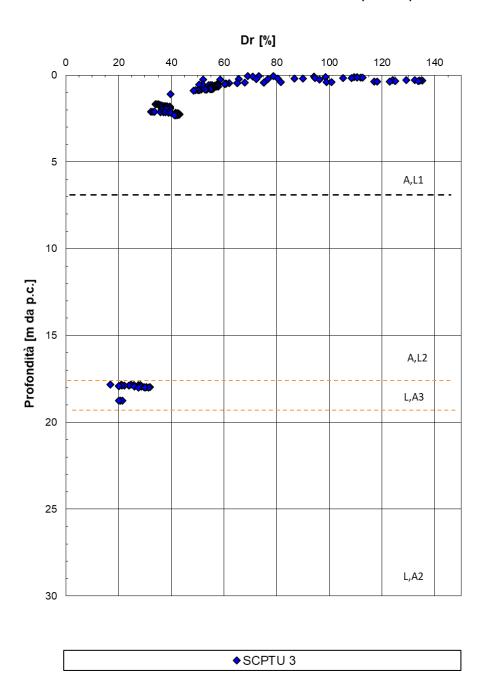


Figura 121: Densità relativa da SCPTU-03



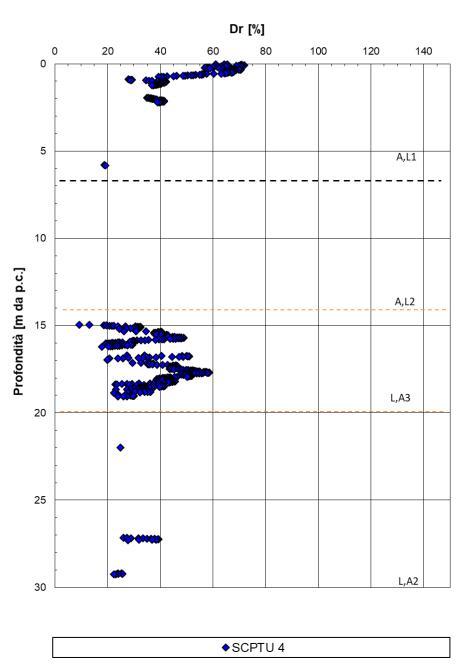


Figura 122: Densità relativa da SCPTU-04



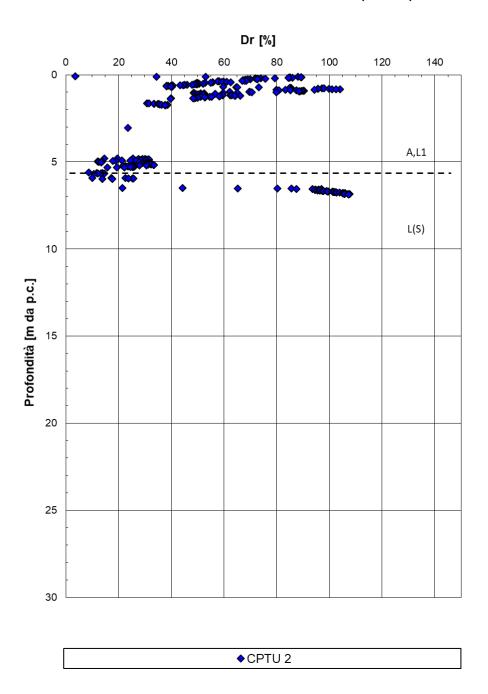


Figura 123: Densità relativa da CPTU-02



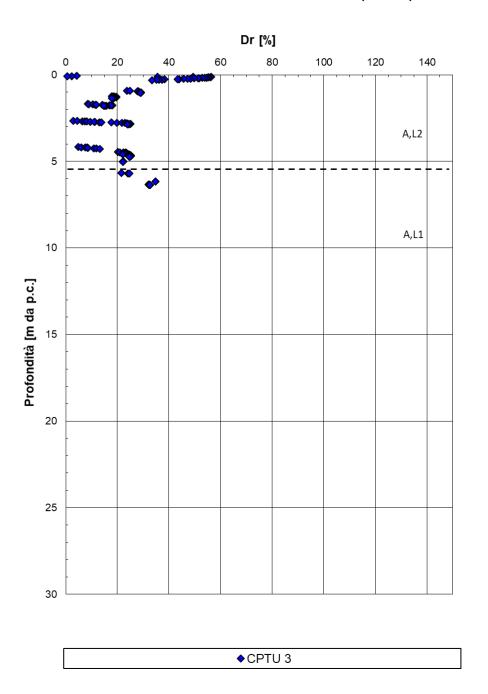


Figura 124: Densità relativa da CPTU-03



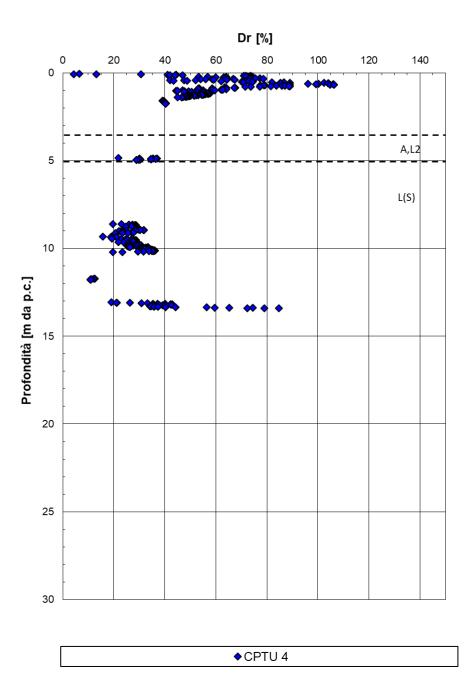


Figura 125: Densità relativa da CPTU-04



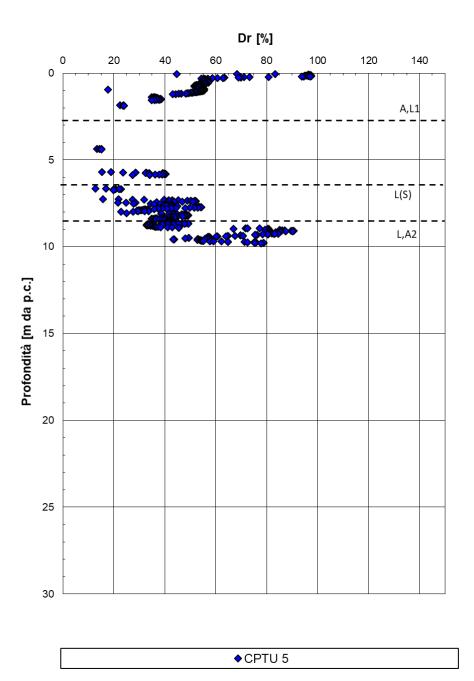


Figura 126: Densità relativa da CPTU-05



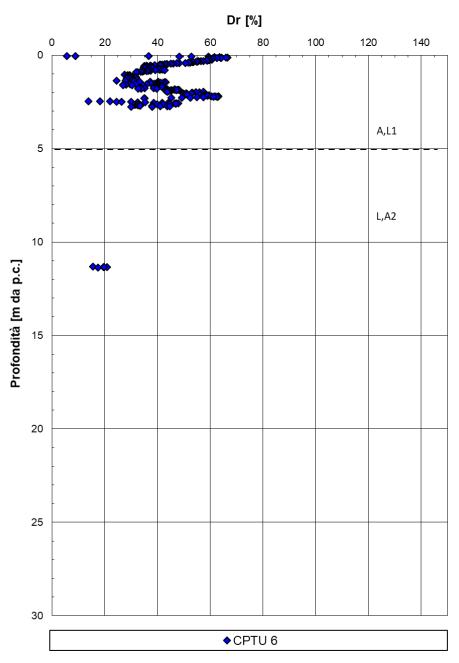


Figura 127: Densità relativa da CPTU-06



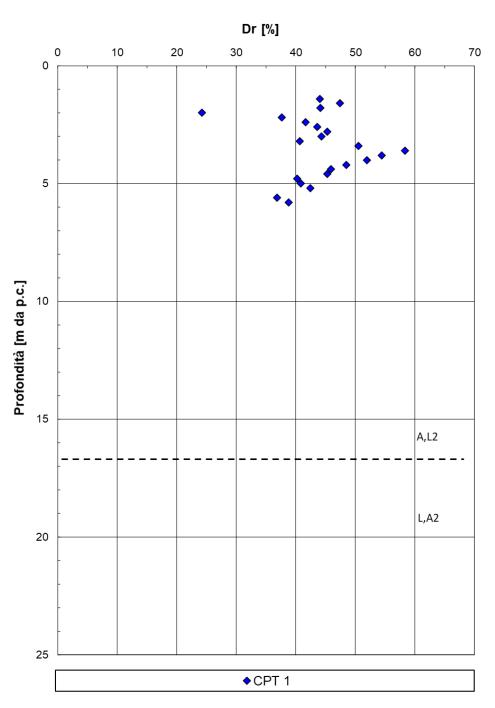


Figura 128: Densità relativa da CPT1



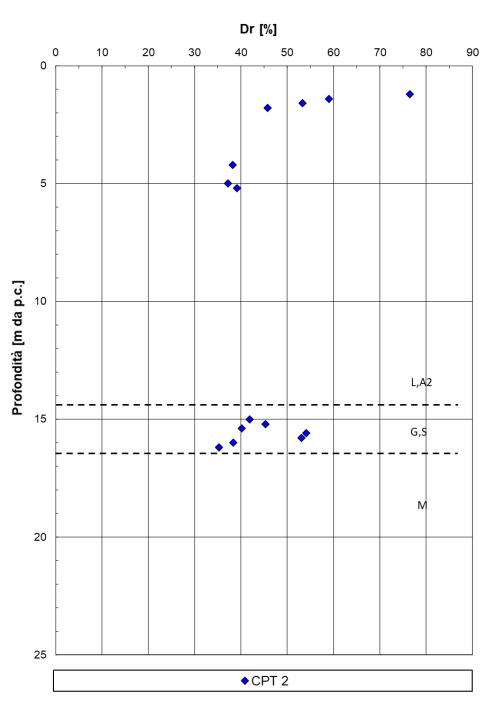


Figura 129: Densità relativa da CPT2



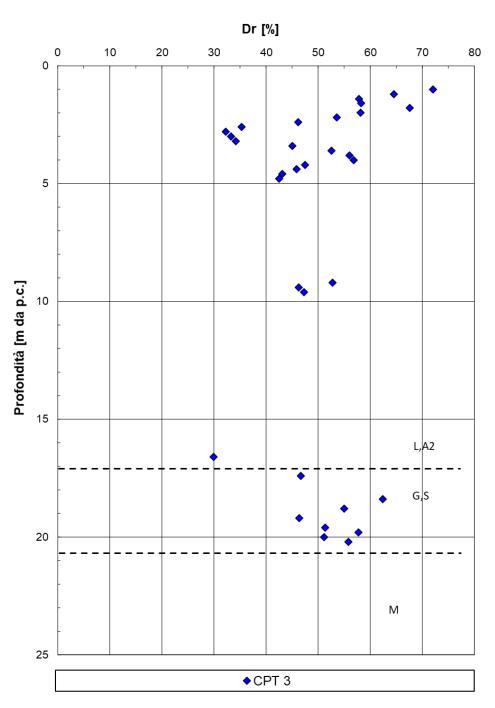


Figura 130: Densità relativa da CPT3



7.1.8.6 Terreni incoerenti: angolo d'attrito da Bolton con Dr da SPT e DPSH

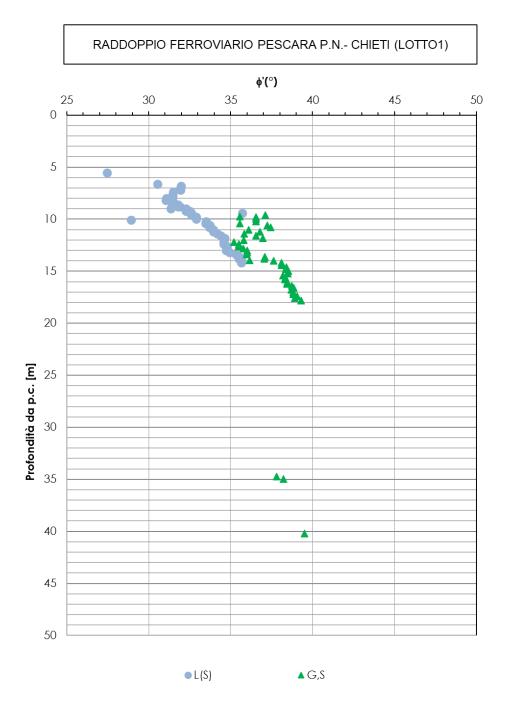


Figura 131: Angolo di resistenza al taglio da Bolton con Dr da SPT e DPSH

I ITALFERR	VELOCIZZA RADDOPPI - CHIETI. I SAN GIOVA PROGETTO	O FERRO LOTTO 1 ANNI TEA	OVIARIO T : TRATTA TINO	RATTA PE PESCAR	SCARA A PORT	PORT A NU	TA NUOVA
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA IA4S	LOTTO 01 D29	CODIFICA GE	DOCUME GE0006		REV.	FOGLIO 180 di 309

7.1.8.7 Terreni incoerenti: angolo d'attrito da CPTU

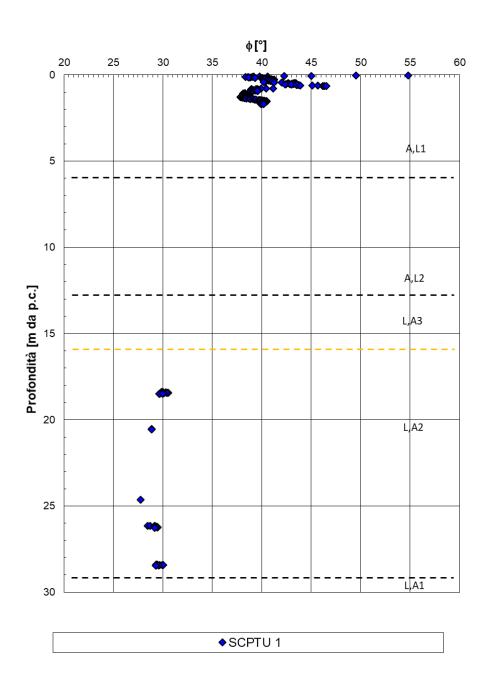


Figura 132: Angolo di resistenza al taglio da da SCPTU-01



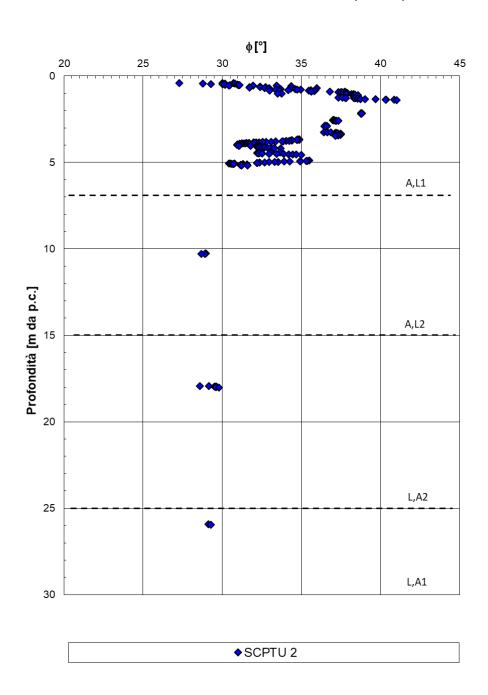


Figura 133: Angolo di resistenza al taglio da SCPTU-02



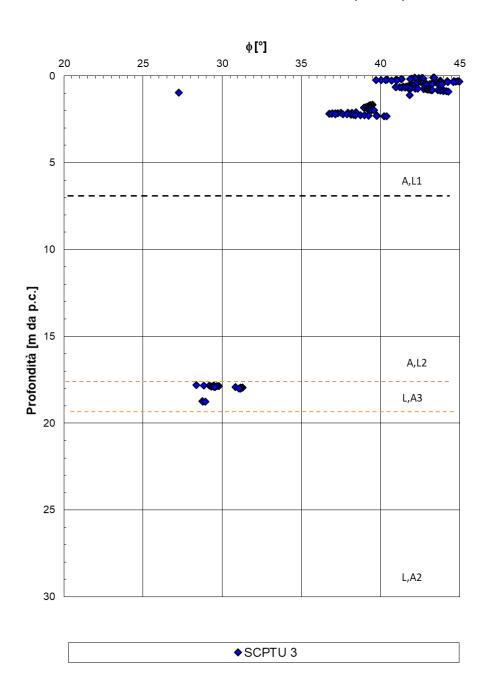


Figura 134: Angolo di resistenza al taglio da SCPTU-03



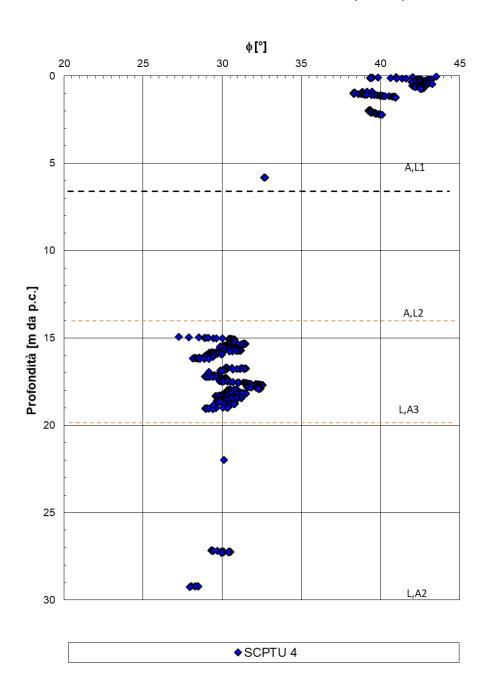


Figura 135: Angolo di resistenza al taglio da SCPTU-04



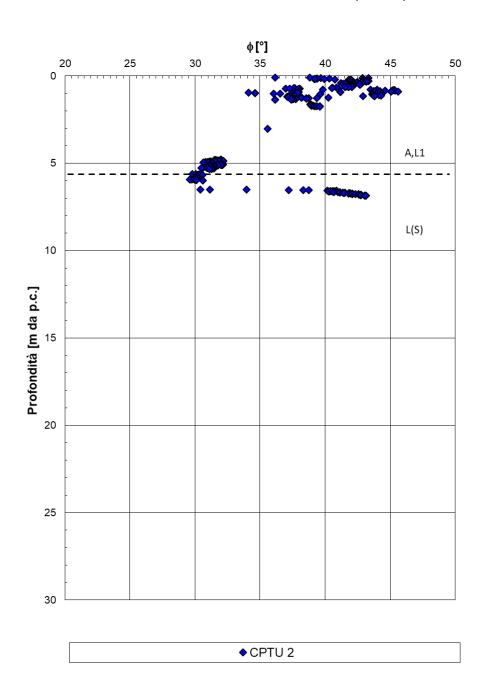


Figura 136: Angolo di resistenza al taglio da CPTU-02



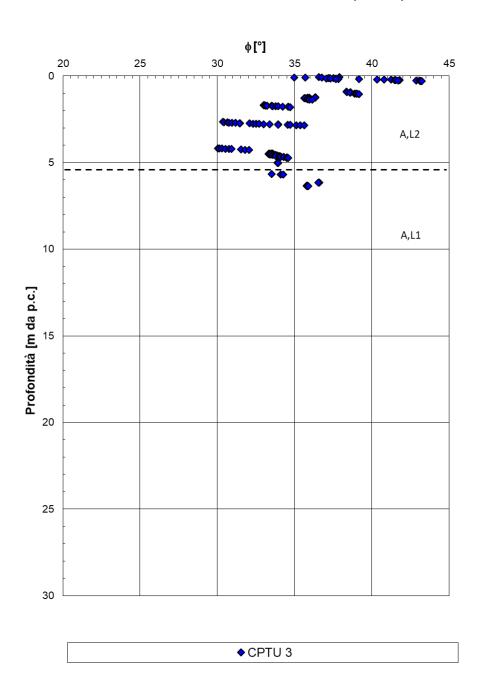


Figura 137: Angolo di resistenza al taglio da CPTU-03



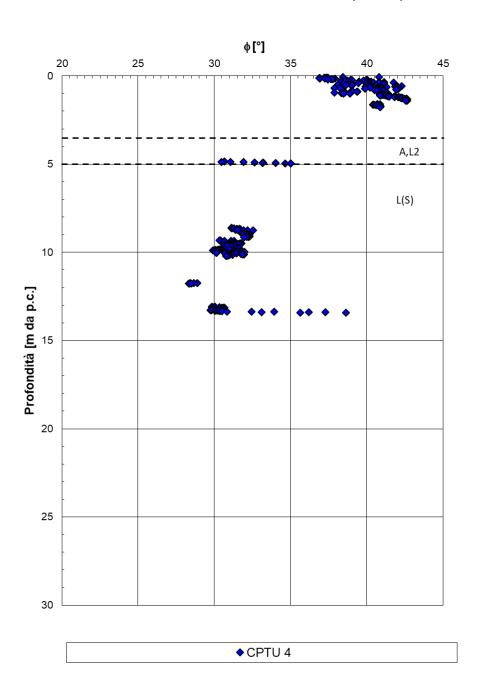


Figura 138: Angolo di resistenza al taglio da CPTU-04



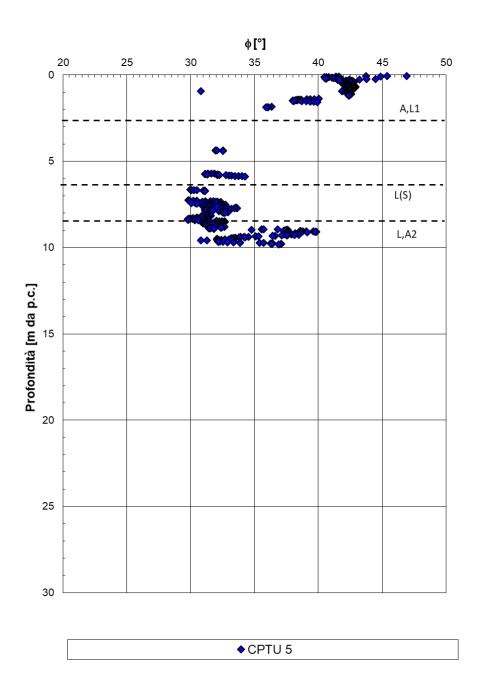


Figura 139: Angolo di resistenza al taglio da CPTU-05



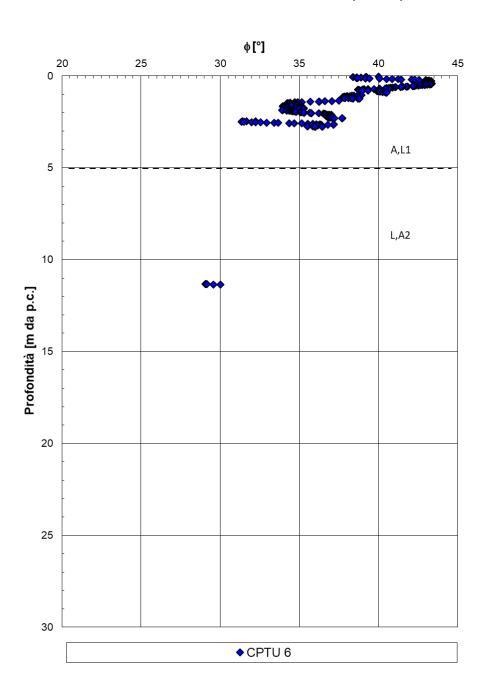


Figura 140: Angolo di resistenza al taglio da CPTU-06



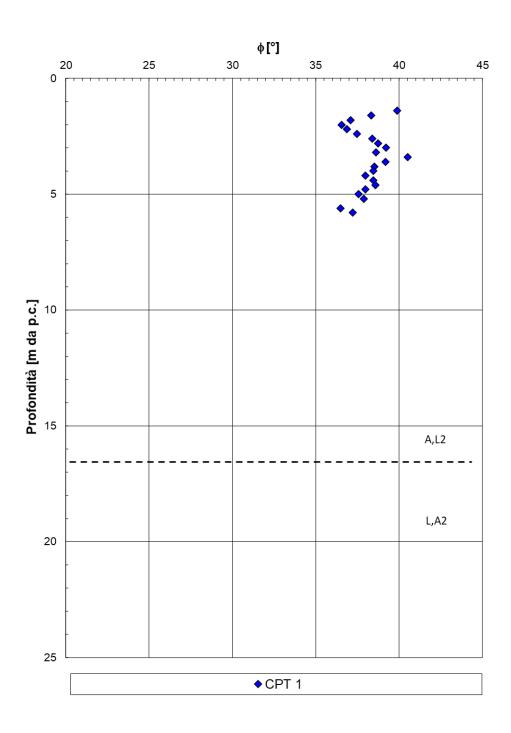


Figura 141: Angolo di resistenza al taglio da CPT1



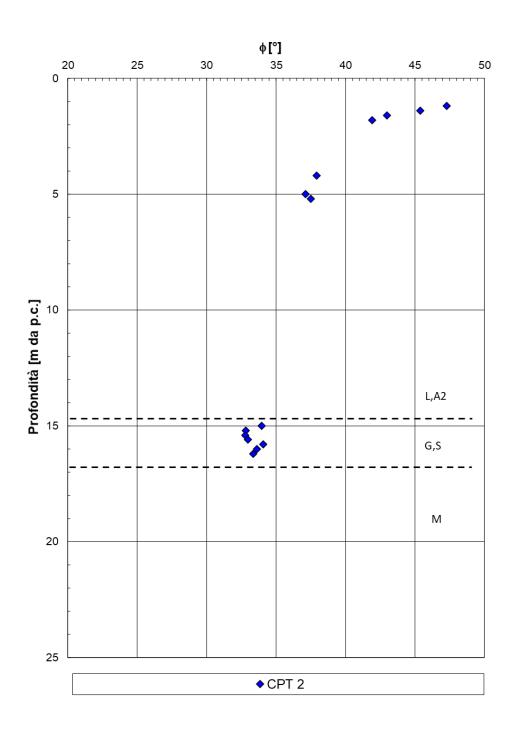


Figura 142: Angolo di resistenza al taglio da CPT2



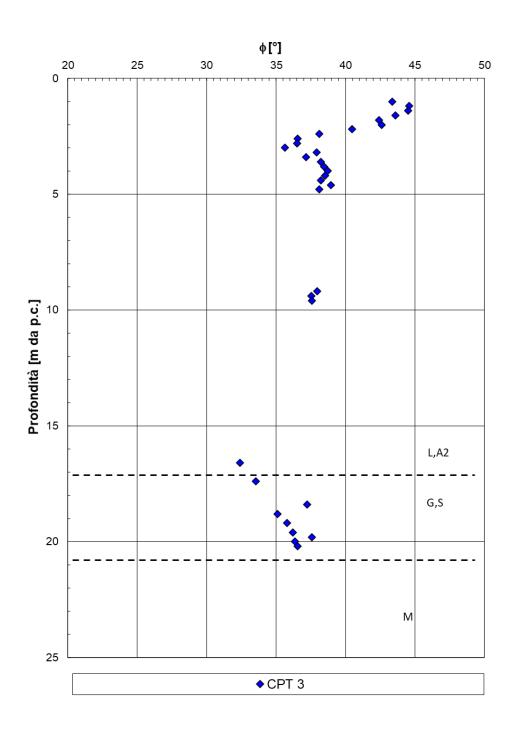


Figura 143: Angolo di resistenza al taglio da CPT3



7.2 Risultati ed interpretazione delle prove di laboratorio

Nel seguito sono presentati i risultati delle prove condotte in laboratorio e la loro interpretazione. In particolare:

- Pesi di volume
- Composizione granulometrica
- Contenuto naturale d'acqua
- Indice dei vuoti
- Limite Liquido
- Limite Plastico
- Indice di Plasticità
- Carta di Plasticità di Casagrande
- Indice di consistenza
- Coesione non drenata ricavata da Prove TX-UU
- Angolo di attrito interno e coesione efficace ricavati da Prove TX-CIU
- Angolo di attrito interno e coesione efficace ricavati da Prove TX-CID
- Angolo di attrito ricavato da Prove di Taglio Diretto
- Tabella riassuntiva dei parametri di resistenza drenati ricavati da prove TX-CID, TX-CIU e taglio diretto
- Tabella riassuntiva parametri di deformabilità ricavati da Prove Edometriche
- Curva di compressione intrinseca e indice dei vuoti in sito (Burland, 1990)
- Coefficienti di compressibilità, di consolidazione e di permeabilità ricavati da Prove Edometriche
- Moduli secanti E'25 ed E'50 da Prove TX-CID



7.2.1 Granulometrie e caratteristiche fisiche

RADDOPPIO FERROVIARIO PESCARA P.N.-CHIETI (LOTTO 1)

Peso per unità di volume

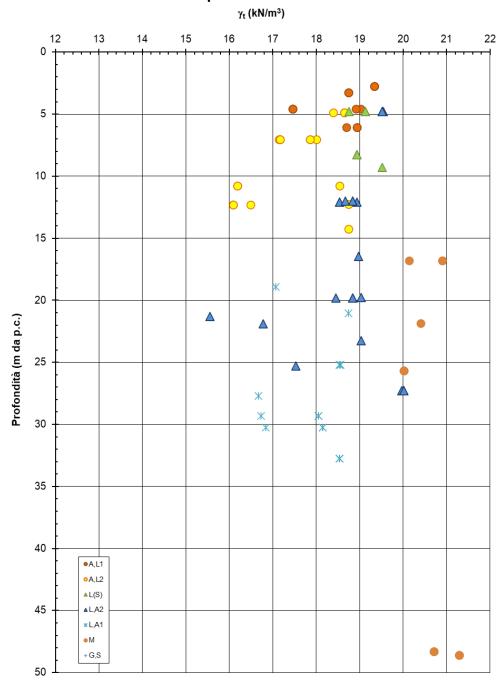


Figura 144: Pesi dell' unità di volume



Composizione granulometrica

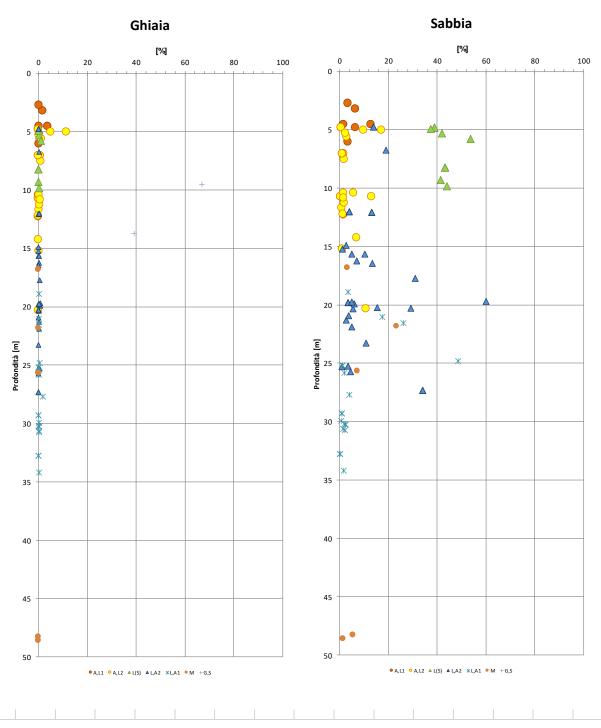


Figura 145: Composizione granulometrica Materiali granulari



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA PESCARA. **ROMA** RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE0006 001 195 di 309 С

Composizione granulometrica

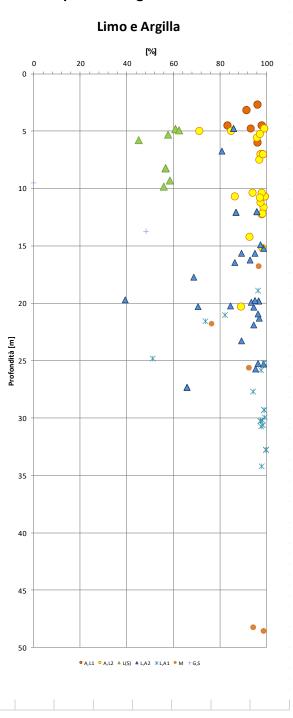


Figura 146: Composizione granulometrica Materiali coesivi



Contenuto d'acqua

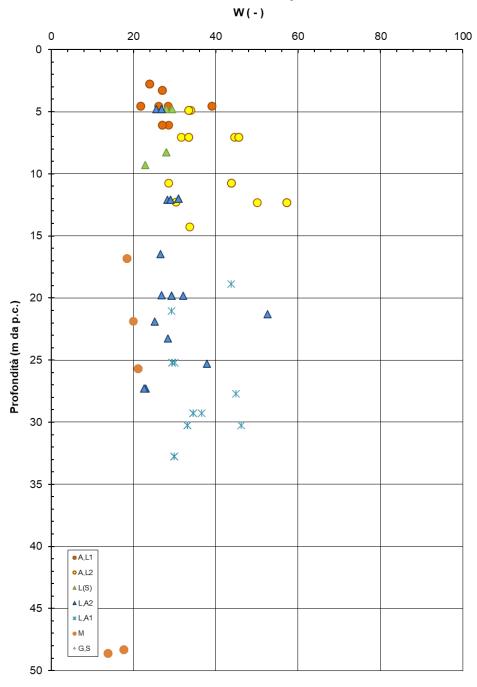


Figura 147: Contenuto naturale d'acqua



Indice dei vuoti e(-) 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.2 1.4 1.6 0 5 \circ 10 \bigcirc **₽**₩ \bigcirc \bigcirc 15 Δ Ж 20 Profondità (m da p.c.) 25 \triangle Ж 30 ж 35 40 •A,L1 A,L2 **△**L(S) 45 M + G,S

Figura 148: Indice dei vuoti iniziale

50



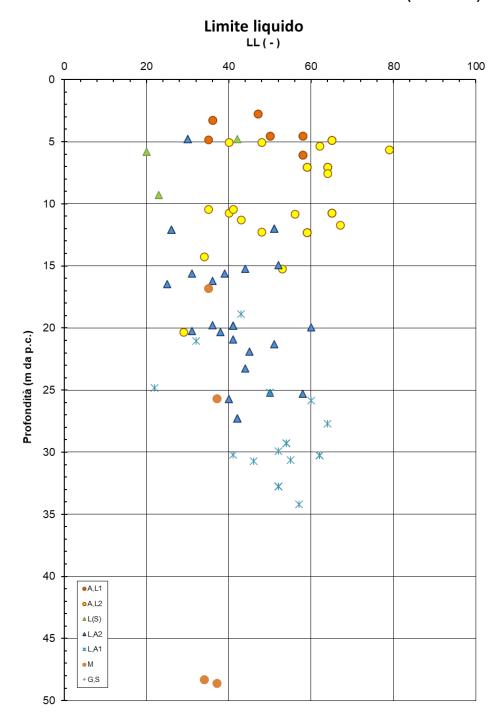


Figura 149: Limite liquido



FOGLIO

199 di 309

Limite plastico LP(-) 0 5 10 15 20 25 30 35 40 0 5 \bigcirc Δ 80 10 \bigcirc \bigcirc \circ 15 20 Profondità (m da p.c.) 25 Ж Δ 30 Ж 35 40 •A,L1

Figura 150: Limite plastico

oA,L2 **△**L(S)

 M + G,S

45

50



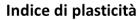
VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 200 di 309



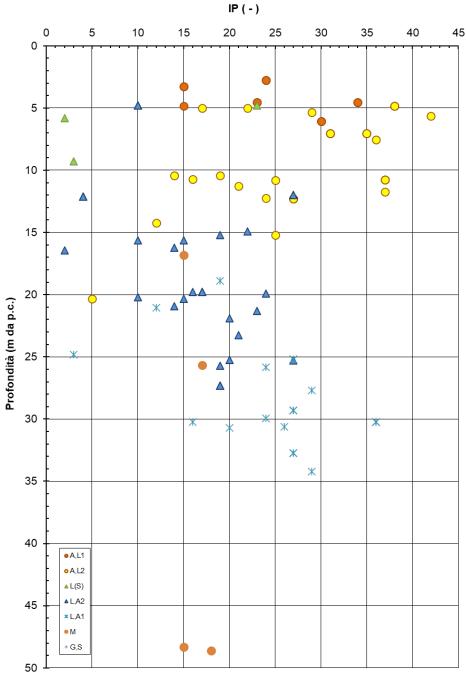


Figura 151: Indice di plasticità



Carta di plasticità di Casagrande

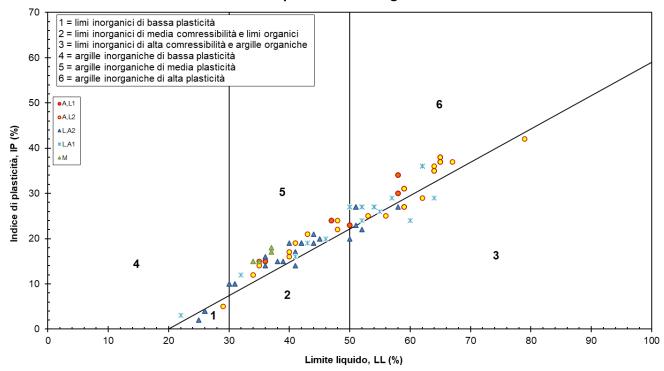


Figura 152: Carta di Casagrande



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA CODIFICA REV. LOTTO DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 202 di 309

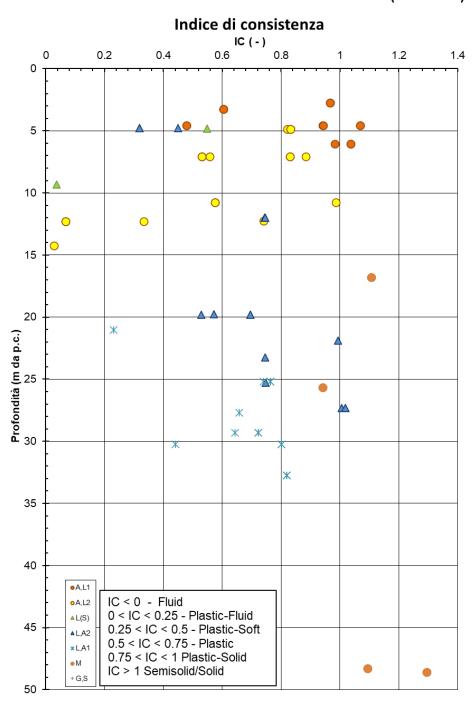


Figura 153: Indice di consistenza



7.2.2 Caratteristiche di resistenza

RADDOPPIO FERROVIARIO PESCARA P.N.-CHIETI (LOTTO 1)

Coesione non drenata da prove TXUU

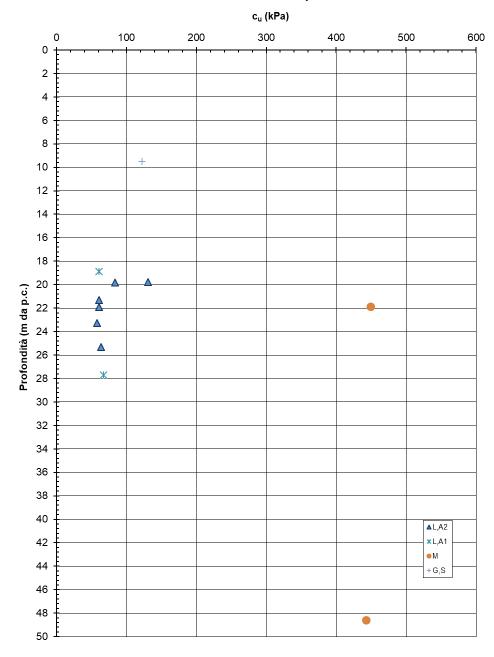


Figura 154:Coesione non drenata da prove TXUU



Angolo di attrito interno

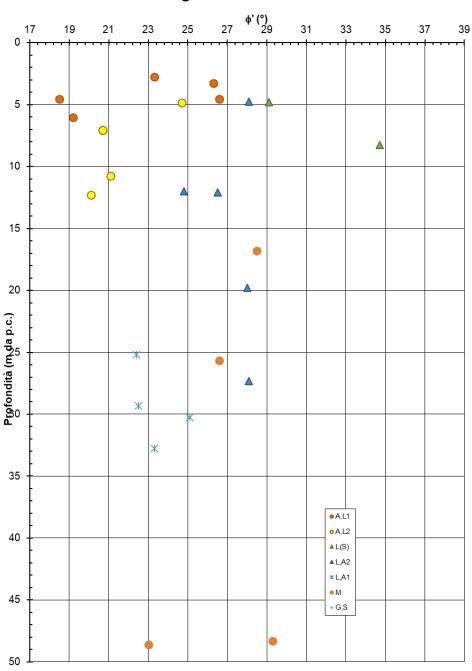


Figura 155: Angolo di attrito interno



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 205 di 309

Tabella 11: Tabella riassuntiva parametri di resistenza da certificati delle Prove di Taglio Diretto e prove di compressione triassiale

Sondaggio	Camp.	Prof.	TD_pic	cco	TX-CI	D	TX-CIL	J	Interp Certif	retaz.	TX-UU	Unità
Condaggio	Gampi	11011	т_р.	σν	t	s'	t	s'	c'	φ'	Cu	Jina
[n°]	[n°]	[m p.c.]		[kPa]	[kPa]		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[kPa]	[-]
S1	CS5	48.6	231	500			[v.]	[4.]	22.5	23		M
S1	CS5	48.6	281	600					22.5	23		M
S1	CS5	48.6	315	700					22.5	23		M
S1	CS5	48.6	313	700					22.5	23	443	M
		7.05			00	400			-	00.7	1.0	
S1	CI1	-			62	162			5	20.7		A,L2
S1	CI1	7.05			124	324			5	20.7		A,L2
S1	CI1	7.05			163	463			5	20.7	50	A,L2
S1	CI3	21.3									58	L,A2
S1	CI4	30.25					128	274	13	25.1		L,A1
S1	CI4	30.25					198	431	13	25.1		L,A1
S1	CI4	30.25					212	481	13	25.1		L,A1
S2	CI1	4.55			59	159			9	18.5		A,L1
S2	CI1	4.55			112	312			9	18.5		A,L1
S2	CI1	4.55			146	446			9	18.5		A,L1
S2	CI2	12.1	52	100					8.0	26.5		L,A2
S2	CI2	12.1	99	200					0.8	26.5		L,A2
S2	CI2	12.1	152	300					8.0	26.5		L,A2
S2	CI3	21.9									61	L,A2
S2	CI4	27.7									67	L,A1
S3	CI1	4.55	31	50					8	26.6		A,L1
S3	CI1	4.55	60	100					8	26.6		A,L1
S3	CI1	4.55	106	200					8	26.6		A,L1
S3	CI2	10.75	71	100					26.5	21.1		A,L2
S3	CI2	10.75	97	200					26.5	21.1		A,L2
S3	CI2	10.75	148	300					26.5	21.1		A,L2
S3	CI3	21.3									61	L,A2
S3	CI4	29.3	164	400					11.8	22.5		L,A1
S3	CI4	29.3	232	500					11.8	22.5		L,A1
S3	CI4	29.3	247	600					11.8	22.5		L,A1
S4	CI1	7.05	49	100					6.5	20.7		A,L2
S4	CI1	7.05	78	200					6.5	20.7		A,L2
S4	CI1	7.05	124	300	1				6.5	20.7	0.4	A,L2
S4	CI3	25.3			1					1_	64	L,A2
S4	CS4	32.75	190	400					6.8	23.3		L,A1
S4	CS4	32.75	211	500					6.8	23.3		L,A1
S4	CS4	32.75	276	600	 				6.8	23.3		L,A1
S5	CI1	4.85			76	176			3	24.7		A,L2
S5	CI1	4.85		-	166	366			3	24.7		A,L2
S5	CI1	4.85			202	502			3	24.7		A,L2
S5	CI2	12	42	100					1.5	24.8		L,A2



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IA4S 01 D29 GE GE0006 001

UMENTO REV. FOGLIO 006 001 C 206 di 309

Sondaggio	Camp.	Prof.	TD_pic	cco	TX-CI	D	TX-CIU	J	Interp Certifi		TX-UU	Unità
Condaggio	Campi	11011	т_р.	σν	t	s'	t	s'	c'	φ'	Cu	Omta
[n°]	[n°]	[m p.c.]	[kPa]	[kPa]	[kPa]		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[kPa]	[-]
S5	Cl2	12	100	200	[ixi a]	[iti uj	[Ki u]	[Ki G]	1.5	24.8		L,A2
S5	CI2	12	134	300					1.5	24.8		L,A2
S5	CI3	18.9	104	300					1.5	24.0	61	L,A2
S6	CI4	27.3					185	369	12	28.1		L,A2
S6	CI4	27.3					240	500	12	28.1		L,A2
S6	CI4	27.3					278	553	12	28.1		L,A2
S6	CI4	6.05	57	100			210	333	25.4	19.2		A,L1
S6	CI1	6.05	98	200					25.4	19.2		A,L1
S6	CI1	6.05	127	300					25.4	19.2		A,L1
S6	CI2	12.3	41	100					6.6	20.1		A,L1
S6	CI2	12.3	82	200					6.6	20.1		A,L2
S6	CI2	12.3	114	300	1				6.6	20.1		A,L2
S6	CI2	19.8	134	250			 		9.1	28		L,A2
S6	CI3	19.8	229	400					9.1	28		L,A2
S6	CI3	19.8	294	550					9.1	28		L,A2
S6	CI3	19.8	294	550					9.1	20	84	L,A2
S7	CI3	4.8	42	50					9.6	29.1	04	L(S)
S7	CI1	4.8	60	100					9.6	29.1		L(S)
S7	CI1	4.8	126	200					9.6	29.1		· ,
S7	CI3	19.78	120	200					9.0	29.1	131	L(S) L,A2
S7	CI4	25.2	147	300					13.4	22.4	131	L,A2
S7	CI4	25.2	188	450					13.4	22.4		
S7	CI4	25.2	271	600					13.4	22.4		L,A1
S8	CI4 CI1	4.775	2/1	600	47	97						L,A1
S8	CI1				104	204			1	28.1		L,A2
S8	CI1	4.775							1	28.1		L,A2
S8		4.775			168	368	202	000				L,A2
S8	CI4	25.675					282	600	15	26.6		M
	CI4	25.675					379	810	15	26.6		M
S8	CI4	25.675	450	000			432	941	15	26.6		
S8	CI2	16.8	153	200					27.1	28.5		M
S8	CI2	16.8	200	350					27.1	28.5		M
S8	CI2	16.8	316	500					27.1	28.5	449	M
S8	CI3	21.85			F 4	05			40	20.2	449	M
S8_n	CI1	3.25			54	95			13	26.3		A,L1
S8_n	CI1	3.25			113	228	-	-	13	26.3		A,L1
S8_n	CI1	3.25	70	100	150	312	1		13	26.3		A,L1
S8_n	CR1TER		76	100	1		 		6.1	34.7		L(S)
S8_n	CR1TER		144	200	1		-	-	6.1	34.7		L(S)
S8_n	CR1TER		215	300	1		1		6.1	34.7		L(S)
1SD1_int	CI1	2.5	44	100	1		-		1.6	26.3		A,L1
1SD1_int	CI1	2.5	89	200	1		-		1.6	26.3		A,L1
1SD1_int	CI1	2.5	130	300	1		046	550	1.6	26.3	-	A,L1
1SD1_int	CI6	48			<u> </u>		319	552	56	29.3		M



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO PROCETTO DI FATTIBILITA? TECNICA ECONOMICA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4S	01 D29	GE	GE0006 001	С	207 di 309

Sondaggio	Camp.	Prof.	TD_pic	со	TX-CI	D	TX-CIU	J	Interp Certifi		TX-UU	Unità
			Т	σν	t	s'	t	s'	c'	φ'	Cu	
[n°]	[n°]	[m p.c.]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[kPa]	[-]
1SD1_int	CI6	48					517	921	56	29.3		М
1SD1_int	CI6	48					573	1104	56	29.3		M

Tabella 12: Coesione non drenata ricavata da prove TX-CIU

Sondaggio	Materiale [-]	Profondità	cս [kpa]
S 1	L,A1	30.25	128
S 6	L,A2	27.3	185
S 8	М	25.6	282

7.2.3 Caratteristiche di deformabilità

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori dei parametri di deformabilità ottenuti dall'interpretazione delle prove TX-CID e dalle prove Edometriche. Per quanto riguarda le prove TX-CID i valori dei Moduli riportati corrispondono rispettivamente a livelli di tensione pari al 25% e al 50% della rottura. Come si può vedere si tratta di valori che corrispondono a livelli di deformazione mediamente superiori a 0.5 – 1.0 %, compatibili con stati deformativi tipici dei calcoli di cedimento.

Tabella 13: Moduli di deformabilità ricavati da prove TX-CID

Campione	Materiale	Profondità	E ₂₅	ε(₂₅)	E ₅₀	ε(₅₀)
[-]	[-]	[m da p.c]	[MPa]	[%]	[MPa]	[%]
S1-CI1	A,L2	7.05	3.8	0.8	3	2.1
S2-CI1	A,L1	4.85	5.2	0.6	3.5	1.7
S5-CI1	A,L1	4.55	3.2	1.3	2.4	3.2
S8-CI1	L,A2	4.775	23.25	0.15	23.25	0.25



Tabella 14: Tabella riassuntiva parametri di deformabilità dai certificati delle Prove Edometriche

Sondaggio	Prof.	Materiale	LL	e 0	eL	σ'ν0	Cr	Сс	Cv	RR	CR	k
[n°]	[m p.c.]	[-]	[%]	[-]	[-]	[kPa]	[-]	[-]	[cm2/s]	[-]	[-]	[cm/s]
S1	7.050	A,L2	64	1.228	1.683	70.425	0.072	0.414	8.60E-05	0.032	0.186	4.64E-09
S1	30.250	L,A1	62	0.886	1.593	267.625	0.065	0.344	2.99E-04	0.035	0.183	8.43E-09
S2	4.550	A,L1	58	0.798	1.496	49.175	0.018	0.255	4.44E-04	0.010	0.142	7.49E-09
S2	12.100	L,A2	26	0.823	0.681	113.350	0.022	0.211	8.54E-03	0.012	0.116	1.72E-07
S2	27.700	L,A1	64	1.077	1.670	245.950	0.115	0.527	2.06E-04	0.055	0.254	6.11E-09
S3	4.550	A,L1	50	1.077	1.305	49.175	0.012	0.231	2.51E-03	0.006	0.111	3.03E-08
S3	10.750	A,L2	65	1.264	1.658	101.875	0.030	0.224	9.42E-04	0.013	0.099	2.62E-08
S3	21.300	L,A2	51	0.921	1.306	191.550	0.078	0.575	9.32E-04	0.040	0.299	2.81E-08
S3	29.300	L,A1	54	0.945	1.409	259.550	0.061	0.370	8.21E-04	0.031	0.190	2.36E-08
S4	7.050	A,L2	59	0.889	1.493	64.725	0.038	0.295	4.29E-04	0.020	0.156	1.31E-08
S4	16.450	L,A2	25	0.816	0.655	144.625	0.019	0.157	3.62E-03	0.010	0.087	4.55E-08
S4	25.300	L,A2	58	1.043	1.479	219.850	0.049	0.280	5.79E-04	0.024	0.137	1.05E-08
S5	4.850	A,L2	65	0.939	1.762	49.625	0.032	0.334	2.92E-04	0.017	0.172	5.40E-09
S5	12.000	L,A2	51	0.862	1.367	110.400	0.037	0.265	6.97E-04	0.020	0.142	1.50E-08
S5	18.900	L,A1	43	1.272	1.183	169.050	0.060	0.404	1.07E-03	0.026	0.178	2.82E-08
S6	6.050	A,L1	58	0.736	1.502	58.425	0.021	0.227	1.67E-04	0.012	0.131	2.27E-09
S6	12.300	A,L2	59	1.520	1.522	111.550	0.080	0.513	3.16E-04	0.032	0.203	1.32E-08
S6	19.800	L,A2	41	0.818	1.087	175.300	0.031	0.248	4.29E-03	0.017	0.136	8.62E-08
S6	27.300	L,A2	42	0.642	1.126	239.050	0.016	0.133	1.52E-03	0.009	0.081	1.37E-08
S7	4.800	L(S)	42	0.779	1.117	56.300	0.029	0.267	1.89E-04	0.016	0.150	7.90E-09
S7	25.200	L,A1	50	0.863	1.335	229.700	0.051	0.281	2.69E-04	0.027	0.151	7.11E-09
S8	4.775	L,A2	30	0.747	0.807	47.088	0.018	0.204	3.72E-04	0.010	0.117	1.47E-08
S8	16.800	M	35	0.524	0.942	149.300	0.027	0.156	3.85E-04	0.017	0.102	6.22E-09
1SD1-INT	2.5	A,L1	47	0.691	1.241	38	0.029	0.236	2.26E-04	0.017	0.139	3.85E-09



Rapporto di ricompressione

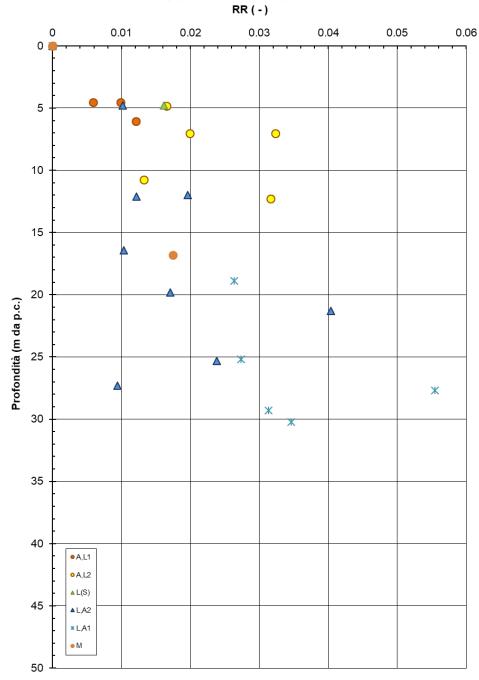


Figura 156: Rapporti di ricompressione da Prove Edometriche



Rapporto di compressione

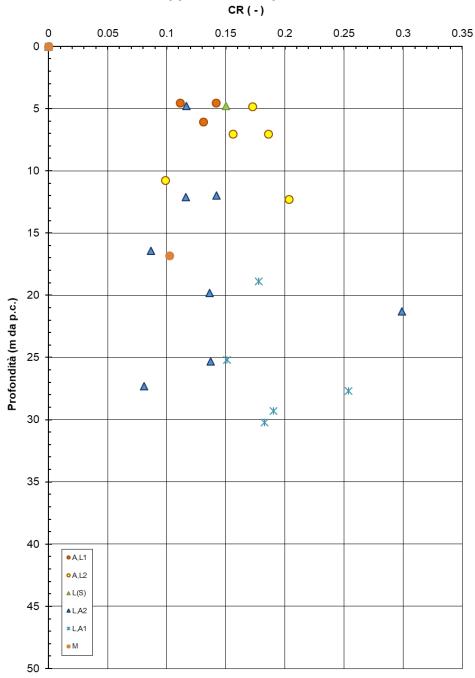


Figura 157: Rapporti di compressione da Prove Edometriche



Curva di compressione intrinseca e indice dei vuoti in sito (Burland, 1990)

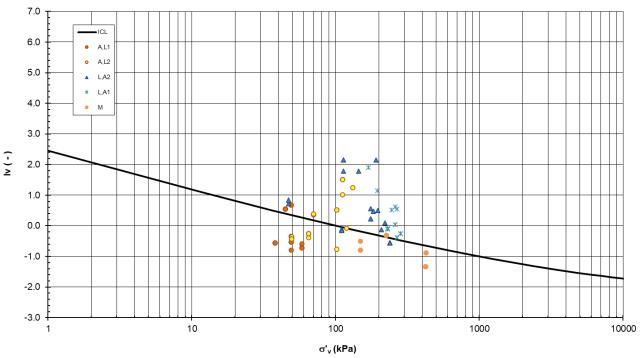


Figura 158: Curva di compressione intrinseca e indice dei vuoti in sito (Burland, 1990)



8. PERMEABILITÀ TERRENI

Nell'ambito della campagna d'indagine in sito sono state eseguite diverse prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile e n. 3 prove di dissipazione nel corso dell'esecuzione delle CPTU-03, CPTU-04 e CPTU-06. I risultati ottenuti, riportati in Tabella 15 e Tabella 16 sono stati successivamente confrontati con i risultati delle prove edometriche su campioni indisturbati per poter in definitiva stimare i valori di permeabilità di progetto.

Si evidenzia che non è stato possibile interpretare la prova di dissipazione eseguita nel corso della CPTU-06 poiché non è stato raggiunto il 50% della dissipazione e che i risultati riportati in tabella e nel grafico in Figura 159 sono espressi in termini di permeabilità orizzontale.

Tabella 15: Risultati prove Lefranc

		Tasca Pr	ova		Permeabilità	Permeabilità	Permeabilità	
Sondaggio	Materiale [-]	[m dal p.c.]		Data	k _v min [m/s]	k _v max [m/s]	k _v media [m/s]	
		Tetto	Tetto Letto					
S 1	L,A1	25.00	27.00	27/03/2018	5.90E-08	6.12E-07	2.53E-07	
S 2	L,A2	17.60	20.10	04/04/2018	1.39E-08	6.57E-08	3.91E-08	
S 3	L,A2	14.90	19.50	27/03/2018	3.33E-07	1.97E-06	1.01E-06	
S 4	L,A2	16.30	19.70	20/03/2018	2.76E-07	6.22E-07	4.71E-07	
S 5	L,A3	13.20	17.00	15/03/2018	1.71E-08	2.56E-08	2.36E-08	
S 6	A,L2	13.00	15.00	06/03/2018	9.66E-09	5.43E-08	3.20E-08	
S 7	L,A2	11.70	13.50	12/02/2018	1.54E-07	2.03E-07	1.91E-07	
S 8	G,S	8.70	10.50	14/02/2018	2.81E-06	2.47E-05	1.21E-05	
1SD1_int	A,L1	4.50	6.00	05/06/2020	-	-	6.30E-06	
1SD1_int	L,A1	27.00	28.50	05/06/2020	-	-	9.69E-07	

Tabella 16: Risultati prove di dissipazione

Prova	Profondità [m da p.c.]	Materiale [-]	Permeabilità K _h [m/s]
CPTU-03	6.95	A,L1	2.00E-06
CPTU-04	6.91	L(S)	2.20E-06



Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle prove edometriche in termini di permeabilità verticale condotte sui provini indisturbati prelevati nel corso della campagna di indagine.

Tabella 17: Risultati prove edometriche

Sondaggio	Prof.	Materiale	Permeabilità k _v
[n°]	[m p.c.]	[-]	[m/s]
S1	7.05	A,L2	4.64E-11
S1	30.25	L,A1	8.43E-11
S2	4.55	A,L1	7.49E-11
S2	12.1	L,A2	1.72E-09
S2	27.7	L,A1	6.11E-11
S3	4.55	A,L1	3.03E-10
S3	10.75	A,L2	2.62E-10
S3	21.3	L,A2	2.81E-10
S3	29.3	L,A1	2.36E-10
S4	7.05	A,L2	1.31E-10
S4	16.45	L,A2	4.55E-10
S4	25.3	L,A2	1.05E-10
S5	4.85	A,L2	5.40E-11
S5	12	L,A2	1.50E-10
S5	18.9	L,A1	2.82E-10
S6	6.05	A,L1	2.27E-11
S6	12.3	A,L2	1.32E-10
S6	19.8	L,A2	8.62E-10
S6	27.3	L,A2	1.37E-10
S7	4.8	L(S)	7.90E-11
S7	25.2	L,A1	7.11E-11
S8	4.775	L,A2	1.47E-10
S8	16.8	М	6.22E-11
1SD1_int	2.75	A,L1	3.85E-09

Dalle prove edometriche su campioni indisturbati sono stati ottenuti valori di permeabilità nettamente inferiori rispetto a quelli ottenuti dalle prove in sito che invece conducono a risultati maggiormente rappresentativi e più attendibili. I valori di permeabilità orizzontale, kh, ottenuti dalle prove di dissipazione risultano mediamente 10 volte superiori rispetto alle k_V misurate in foro con prove Lefranc.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 214 di 309

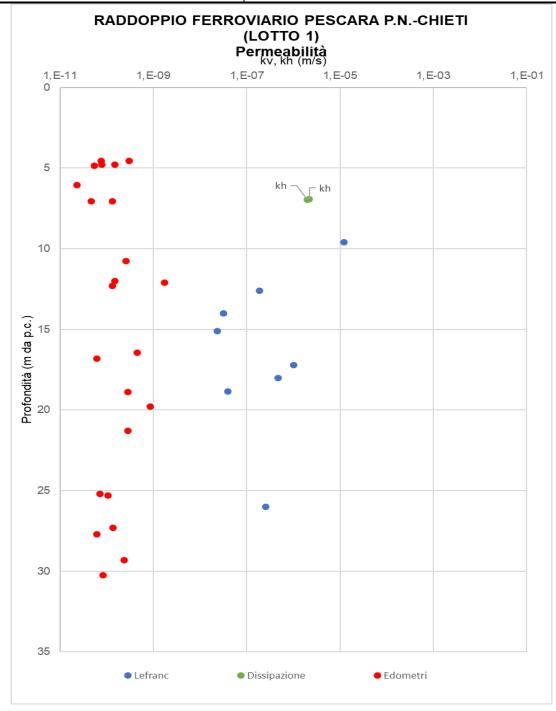


Figura 159: Permeabilità k_V e k_h da prove in sito e laboratorio



8.1 Coefficienti di permeabilità di progetto

I coefficienti di permeabilità k verranno determinati sulla base dei risultati delle prove di permeabilità Lefranc in foro di sondaggio e sulla base delle prove di dissipazione, trascurando i risultati ottenuti dalle prove edometriche poiché poco rappresentativi. In alternativa e per conferma, essi sono stati stimati sulla base della seguente Tabella 18.

Tabella 18: Stima dei coefficienti di permeabilità in base alla descrizione litologica

k (m/sec)	Grado di permeabilità	Tipo di terreno
k > 1·10 ⁻³	Alta	Ghiaie
1·10 ⁻³ > k > 1·10 ⁻⁵	Media	Sabbie ghiaiose e Ghiaie sabbiose
$1.10^{-5} > k > 1.10^{-7}$	Bassa	Sabbie fini
$1.10^{-7} > k > 1.10^{-9}$	Molto bassa	Limi e sabbie argillose
1·10 ⁻⁹ > k	Bassissima (impermeabile)	Argille

Nel seguito per i diversi materiali incontrati sono riportate le stime dei parametri di permeabilità da adottarsi poi ai fini geotecnici.

A valle delle analisi e considerazioni fatte si sono definiti i seguenti intervalli di valori da adottare per i coefficienti di permeabilità.

Limi e limi argillosi

La permeabilità della matrice limosa e argillosa per la tratta in esame, è stata stimata sulla base delle prove Lefranc sopra elencate, sulla base delle prove di dissipazione, delle prove edometriche e sulla base della granulometria dei campioni raccolti. I valori medi di permeabilità sono pari a $K = 1x10^{-8}/1x10^{-9}$ m/s.

Limi sabbiosi

La permeabilità della matrice limoso-sabbiosa e sabbioso limosa per la tratta in esame, è stata stimata sulla base delle prove Lefranc, sulla base delle prove di dissipazione e sulla base della granulometria dei campioni raccolti. I valori medi di permeabilità sono pari a $K = 1x10^{-6}$ m/s.

Sulla base degli intervalli sopra definiti e tenendo conto della stratificazione dei materiali si è valutato di adottare valori diversi di permeabilità nelle due direzioni orizzontale e verticale (in particolare ipotizzando $k_h = 2 \div 10 \ k_V$ sulla base dei dati sperimentali ottenuti e rappresentati in Figura 159) e di adottare conservativamente, all'interno dell'intervallo, valori più bassi di



permeabilità per valutazioni di cedimenti e valori più elevati quando si eseguono valutazioni di elementi di stabilità.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 217 di 309

9. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Dall'analisi di tutti i risultati delle prove disponibili, condotte sia in sito che in laboratorio, e presentate ai paragrafi precedenti, si sono determinati i parametri geotecnici associati alle diverse unità stratigrafiche individuate.

In particolare valgono le seguenti considerazioni:

- I risultati delle prove CPTU, insieme alle descrizioni dei sondaggi, alle fotografie delle cassette ed ai risultati dei Pocket, hanno aiutato nell'individuazione dei passaggi stratigrafici tra materiali coesivi e materiali granulari e nella suddivisione degli stessi in funzione delle classi di resistenza.
- I pesi di volume naturale dei materiali sono stati determinati in base ai risultati delle prove di laboratorio. In generale sono stati adottati valori di γn leggermente inferiori per le unità caratterizzate da materiali più coesivi rispetto a quelli con percentuali di materiale grossolano più alte. Discorso a parte vale per marne che sono caratterizzate da un peso specifico mediamente più elevato.
- I parametri di resistenza drenati, in termini di angolo di attrito efficace, sono stati ottenuti per le unità coesive dai risultati delle prove di Taglio diretto e da quelle TX-CIU e TX-CID. I valori ottenuti da queste prove sono poi stati confrontati con le stime ottenute, laddove possibile, a partire dai risultati delle prove CPTU. Alle unità caratterizzate da una percentuale non trascurabile di materiale granulare (L,A2 o L(S)) è stata assegnata, conservativamente, coesione nulla. Per le unità incoerenti i parametri di resistenza drenati sono stati derivati dall'interpretazione delle prove SPT.
- I parametri di resistenza non drenata sono stati definiti a partire dall'interpretazione delle prove CPTU che permettono una buona stima del parametro e colgono le variazioni con la profondità della resistenza non drenata, corrispondenti alle variazioni di resistenza alla punta qc misurata durante la prova. Tali valori sono poi stati confrontati coi risultati delle prove di laboratorio TX-UU e coi valori ricavabili dalle prove triassiali TX-CIU che confermano puntualmente le distribuzioni di coesione non drenata ottenute dalle CPTU. In aggiunta a questi dati sono stati considerati anche i valori di coesione non drenata



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

CODIFICA

LOTTO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

misurati dai Pocket Penetrometer test condotti in situ sulle carote estratte durante l'esecuzione del sondaggio. Dal confronto tra questi ulteriori dati di sito si sono definiti i

DOCUMENTO

FOGLIO

parametri di progetto per i diversi strati.

 I moduli iniziali di elasticità tangenziale sono stati valutati a partire dall'interpretazione delle prove CPTU e confrontati coi valori ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT e delle prove MASW.

COMMESSA

- I moduli di elasticità normale (o di Young) operativi sono stati derivati dai valori stimati per i moduli iniziali di elasticità tangenziale considerando un degrado del modulo in funzione del livello di deformazione atteso per la singola unità geotecnica. In particolare nella seguente tabella riassuntiva sono riportati i valori dei due livelli di operatività individuati; ossia E_{op1} caratteristico di livelli deformativi tipici di problemi di cedimento (problemi di carico), e come tali più basso, ed E_{op2} da adottare nel caso di analisi di scavi o di opere di sostegno, quindi in presenza di problemi di scarico, dove si possono considerare valori più elevati. Si sottolinea che, per quanto riguarda i materiali coesivi, tali parametri possono essere utilizzati solo fintanto che con l'applicazione dei sovraccarichi (carichi, rilevati, ecc, ...) i materiali rimangono in campo sovraconsolidato, ossia permangono all'interno del comportamento pseudo-elastico di scarico e ricarico. Laddove invece l'applicazione dei carichi faccia superare al deposito la pressione di sovraconsolidazione, l'applicazione di tali parametri non può essere fatta e necessariamente i calcoli devono essere eseguiti con modelli costitutivi che permettano l'uso dei rapporti di compressione CR e di ricompressione RR.
- I rapporti di sovraconsolidazione OCR sono stati valutati a partire dall'interpretazione delle prove CPTU valutati in termini di coesione non drenata rispetto alla coesione non drenata stimabile per un terreno normal-consolidato. Tali valori sono poi stati confrontati con quanto derivabile dai risultati di alcuni edometri (quelli la cui curva sforzi-deformazione permetteva di effettuare la costruzione grafica di Casagrande (1936) o che non erano affetti da un disturbo di campionamento troppo elevato e hanno permesso la costruzione con la correzione suggerita da Schmertmann (1955)).



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 219 di 309

- I rapporti di compressione CR e di ricompressione RR sono stati valutati dall'interpretazione delle prove edometriche. I risultati dell'interpretazione di tutte le prove edometriche sono riportati alla Tabella 17. Si segnala che solo alcune delle prove edometriche sono state ritenute significative in quanto caratterizzate da un grado di disturbo del campionamento relativamente contenuto (inferiore al 5%) e pertanto utlizzate per la definizione dei parametri di deformabilità. Nella Tabella 14 sono evidenziati in giallo gli edometri utilizzati nella caratterizzazione seguente. Sempre nella medesima tabella sono evidenziati in azzurro gli edometri i cui campioni hanno mostrato apparentemente un comportamento rigonfiante.
- Nella Figura 158 è invece riportato, per tutti i campioni caratterizzati da un LL superiore al 50%, lo stato iniziale in termini di indice dei vuoti e pressione verticale efficace geostatica nel piano di Burland (1990) per i campioni Tale rappresentazione permette di individuare i terreni caratterizzati da uno stato iniziale che si posiziona alla destra della curva di compressibilità intrinseca di Burland. Nel caso in esame vi sono, come si può vedere nella figura, alcuni punti che si posizionano a destra della curva di riferimento ma per la maggior parte sono relativi a campioni che presentano una componente torbosa o comunque organica. Gli altri punti, pur trovandosi al di sopra della curva di compressibilità intrinseca, lo sono in maniera piuttosto contenuta.
- Il coefficiente di Poisson è stato assunto per tutte le unità pari a 0.25 ad eccezione dell'unità G,S a cui è stato assegnato un valore pari a 0.2.
- I valori di permeabilità sono stati definiti in accordo alle considerazioni fatte al precedente capitolo 8 a cui si rimanda per ogni dettaglio.

9.1 Parametri geotecnici associati alle unità stratigrafiche

Sulla base delle considerazioni riportate al paragrafo precedente sono stati definiti i parametri per ciascuno strato individuato, da utilizzarsi per la progettazione, riportati nella successiva Tabella 19.



Tabella 19: Tabella parametri geotecnici

				Parame	etri di res	sistenza	Parametri di deformabilità										
UNITA'	MATERIALE	γv	K ₀	φ'	c'	Cu	G ₀	E ₀	E _{op1}	E _{op2}	ν'	k _v ^(*)	OCR	CR	RR	Cae	Z ₀
		[kN/m³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[%]	[m da p.c.]
A,L1	L,A; L(A)[S]	18	0.99	22	10	80-100	60	150	15	30	0.25	1.00E-09	2.2	0.15	0.01	0.5	-
A,L2	A(L),L(A)	17.5	0.84	20.5	5	30-40	40-60	100-150	7+(0.5·Z)	14+(1·Z)	0.25	1.00E-09	1.6	0.19	0.03	0.7	4.5
L(S)	L(S); L(S)[A]	19	0.50	30	0	-	20	50	3-4	6	0.25	1.00E-06	-	-	-	-	-
L,A3	L(A); L(A)[S]	19	0.62	27	5	80	90	220	20	40	0.25	1.00E-06	1.3	0.14	0.017	0.55	-
L,A2	L(A); L(A)[S]; L(A),S	19	0.59	27	0	30-60	60-90	150-220	10+(1·Z)	20+(1·Z)	0.25	1.00E-06	1.2	0.14	0.017	0.55	15
L,A1	L(A); L(A)[S]	18.5	0.63	23.5	12	60	85	210	22	44	0.25	1.00E-07	1.1	0.20	0.04	0.75	
G,S	S; S(G);G(S);G	19	0.41	36	0	-	120 ^(**) 200	300 ^(**) 500	10-30 ^(**) 50	20-60 ^(**) 100	0.2	1.00E-04	1.0	-	-	-	-
М	A(M); M	21	0.57	26	20	150-400	160	400	40	80	0.25	1.00E-09	1.05	0.10	0.017	0.4	-

^(*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 \ k_v$ per tutti i meteriali tranne G,S e L(S) per i quali adottare $k_h = k_v$.

^(**) per l'unità G,S è stato definito doppio set di parametri di deformabilità. I valori più bassi, riportati nella riga superiore sono da associare all'unità G,S laddove localmente la si incontra a profondità comprese tra i 10 e i 15m da p.c. e non a diretto contatto con la Marna di base.



VELOCIZZAZIONE **DELLA** LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE0006 001 221 di 309

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TRACCIATO

La caratterizzazione ha avuto come risultato finale la suddivisione dei depositi investigati dal punto di vista geotecnico, coerentemente con le indicazioni emerse dallo studio geologico ed idrogeologico della zona. Su questo supporto di base sono riportate le unità geotecniche stratigrafiche, vale a dire le linee di separazione tra strati omogenei dal punto di vista geotecnico.

Nei paragrafi seguenti si riporta la caratterizzazione in corrispondenza della porzione di tracciato di pertinenza, in termini di successione stratigrafica caratteristica e relativi parametri geotecnici. Nel caso in cui vi sia una distanza considerevole tra un sondaggio e quello successivo, rispetto ai quali sono stati stimati i parametri geotecnici, un'eventuale caratterizzazione del tratto intermedio è stata ottenuta per interpolazione dei valori a disposizione.

La legenda dei parametri geotecnici utilizzati nelle tabelle che si trovano ai punti seguenti è di seguito riportata.

- γ_n = peso di volume naturale;
- N_{SPT} = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;
- q_c = resistenza alla punta misurata in prova CPTU e SCPTU;
- φ' = angolo di attrito "operativo";
- c' = intercetta di coesione "operativa";
- cu = resistenza al taglio non drenata riferita a tensioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a condizioni di carico tipo quelle delle prove triassiali di compressione e carico, oppure quella ricavata dalle prove CPTU e SCPTU;
- G_0 = modulo di taglio iniziale riferito alle pressioni efficaci geostatiche;
- E_{op} = modulo di Young "operativo";
- v' = rapporto di Poisson.
- k_v = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;
- CR e RR = coefficienti di consolidazione primaria nel piano ε log(σ), CR rapporto di compressione e RR rapporto di ricompressione;



• $C_{\alpha\epsilon}$ = coefficiente di consolidazione secondaria nel piano ϵ - $\log(\sigma)$.

Successivamente è stato condotto un confronto grafico tra i parametri geotecnici di progetto stimati e i valori ottenuti dall'interpretazione delle prove in sito e di laboratorio, in termini di:

- Coesione non drenata (C_u)
- Angolo di attrito interno (φ')
- Modulo di Young iniziale (E₀)

Tale confronto è stato effettuato per tratte omogenee evidenziando la successione delle unità geotecniche di progetto per ciascuna tratta.

SITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPP - CHIETI. SAN GIOV	IO FERRO LOTTO 1 ANNI TEA	OVIARIO T I: TRATTA ATINO	LINEA ROMA RATTA PESCAR PESCARA PO ECNICA ECONO	RA POR RTA NU	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA4S	01 D29	GE	GE0006 001	C	223 di 309

10.1 Da 0+000 a 2+530

Nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame, i relativi parametri geotecnici di calcolo e le figure con il confronto tra i parametri geotecnici di progetto e quelli derivanti dalle prove di sito e laboratorio. Le indagini di riferimento sono: S1, S2, S3, S4, S5, SCPTU_01, SCPTU_02, SCPTU_03, SCPTU_04, MASW 1, MASW 2, MASW 3. La falda si trova ad una profondità media di 0.80 metri da p.c.

Strato	Profondità media da	Profondità media a	Descrizione
	[m da p.c.]	[m da p.c.]	
A,L1	0	5	L,A; L(A)[S]
A,L2	5	12.5	A(L),L(A)
L,A3 (*)	12.5	19	L(A); L(A)[S]
L,A2	12.5	27.5	L(A); L(A)[S]; L(A),S
L,A1	27.5	37.5	L(A); L(A)[S]
G,S	37.5	41	S; S(G);G(S);G
М	41	-	A(M); M

^(*) presenza limitata alle tratte comprese tra le progressive 0+50 e 0+300 e tra le progressive 1+200 e 1+700, come meglio chiarito nel Doc. Rif. [13].



			Parame	etri di res	sistenza	Parametri di deformabilità										
UNITA'	γv	K ₀	φ'	c'	Cu	G₀	E ₀	E _{op1}	E _{op2}	v'	k _v ^(*)	OCR	CR	RR	Cae	Z ₀ (**)
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[%]	[m da p.c.]
A,L1	18	0.99	22	10	80-100	60	150	15	30	0.25	1.00E-09	2.2	0.15	0.01	0.5	-
A,L2	17.5	0.84	20.5	5	30-40	40-60	100-150	7+(0.5·Z)	14+(1·Z)	0.25	1.00E-09	1.6	0.19	0.03	0.7	4.5
L,A3	19	0.62	27	5	80	90	220	20	40	0.25	1.00E-06	1.3	0.14	0.017	0.55	-
L,A2	19	0.59	27	0	30-60	60-90	150-220	10+(1·Z)	20+(1·Z)	0.25	1.00E-06	1.2	0.14	0.017	0.55	15
L,A1	18.5	0.63	23.5	12	60	85	210	22	44	0.25	1.00E-07	1.1	0.20	0.04	0.75	-
G,S	19	0.41	36	0	-	200	500	50	100	0.2	1.00E-04	1.0	-	-	-	-
М	21	0.57	26	20	150-400	160	400	40	80	0.25	1.00E-09	1.05	0.10	0.017	0.4	-

Nota: Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.

(*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 \ k_v$ per tutti i meteriali tranne G,S e L(S) per i quali adottare $k_h = k_v$.

(**) Z₀ = profondità di riferimento rispetto alla quale considerare l'incremento lineare dei valori dei parametri (dove presente)



10.1.1 Coesione non drenata

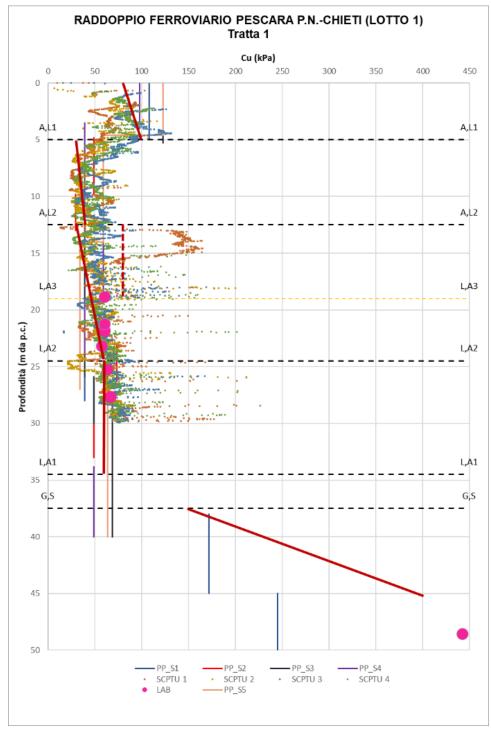


Figura 160: Cu di progetto vs Cu da prove - Tratta 1



10.1.2 Angolo di attrito interno

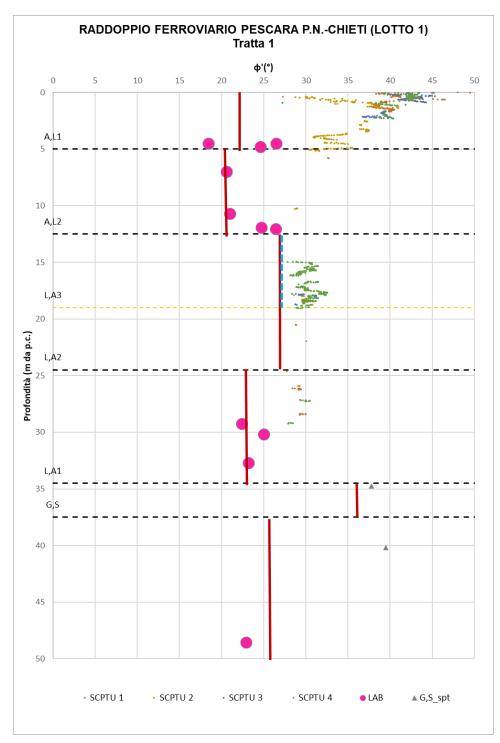


Figura 161: φ ' di progetto vs φ ' da prove - Tratta 1



10.1.3 Modulo di Young iniziale

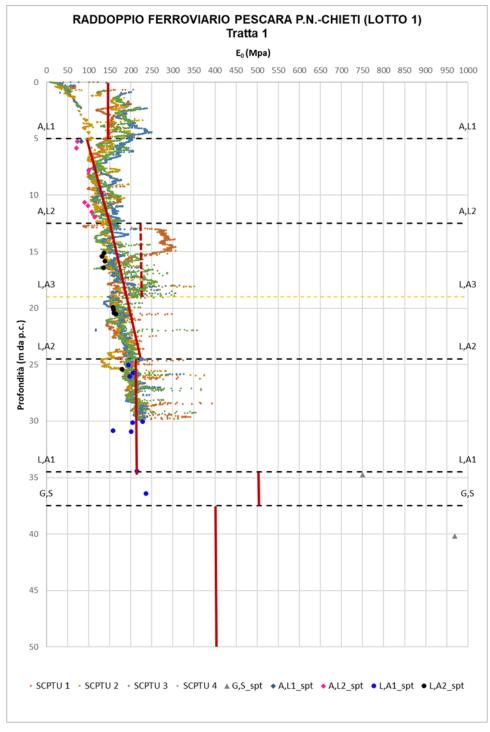


Figura 162: E₀ di progetto vs E₀ da prove - Tratta 1

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPP - CHIETI. SAN GIOVA	IO FERR LOTTO ANNI TEA	OVIARIO TI 1: TRATTA ATINO	LINEA ROMA RATTA PESCAR PESCARA PO ECNICA ECONO	RA POR' RTA NU	TA NUOVA
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA4S	01 D29	GE	GE0006 001	C	228 di 309

10.2 Da 2+530 a 3+150

Nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame e i relativi parametri geotecnici di calcolo e le figure con il confronto tra i parametri geotecnici di progetto e quelli derivanti dalle prove di sito e laboratorio. Le indagini di riferimento sono: S8-n, CPTU-2, MASW 4, DPSH 1. La falda si trova ad una profondità media di 1.2 metri da p.c.

Strato	Profondità da	Profondità a	Descrizione
Strato	[m da p.c.]	[m da p.c.]	Descrizione
A,L1	0	5	L,A; L(A)[S]
L(S)	5	9.5	L(S); L(S)[A]
G,S	9.5	14	S; S(G);G(S);G
A,L2	14	18	A(L),L(A)
L,A2	18	32	L(A); L(A)[S]; L(A),S
L,A1	32	37	L(A); L(A)[S]
G,S	37	45	S; S(G);G(S);G
M	45	-	A(M); M



			Parame	etri di res	sistenza	Parametri di deformabilità										
NITA'	γv	K ₀	φ'	c'	Cu	G₀	E ₀	E _{op1}	E _{op2}	v'	k _v ^(*)	OCR	CR	RR	Cae	Z ₀ (**)
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[%]	[m da p.c.]
A,L1	18	0.99	22	10	80-100	60	150	15	30	0.25	1.00E-09	2.2	0.15	0.01	0.5	-
L(S)	19	0.50	30	0	-	20	50	3-4	6	0.25	1.00E-06	-	-	-	-	-
G,S	19	0.41	36	0	-	120	300	10-30	20-60	0.2	1.00E-04	1.0	-	-	-	-
A,L2	17.5	0.84	20.5	5	30-40	40-60	100-150	7+(0.5·Z)	14+(1·Z)	0.25	1.00E-08	1.6	0.19	0.03	0.7	4.5
L,A2	19	0.59	27	0	30-60	60-90	150-220	10+(1·Z)	20+(1·Z)	0.25	1.00E-06	1.2	0.14	0.017	0.55	15
L,A1	18.5	0.63	23.5	12	60	85	210	22	44	0.25	1.00E-07	1.1	0.20	0.04	0.75	-
G,S	19	0.41	36	0	-	200	500	50	100	0.2	1.00E-04	1.0	-	-	-	-
М	21	0.57	26	20	150-400	160	400	40	80	0.25	1.00E-09	1.05	0.10	0.017	0.4	-

Nota: Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.

(**) Z₀ = profondità di riferimento rispetto alla quale considerare l'incremento lineare dei valori dei parametri (dove presente)

^(*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 \ k_v$ per tutti i meteriali tranne G,S e L(S) per i quali adottare $k_h = k_v$.



10.2.1 Coesione non drenata

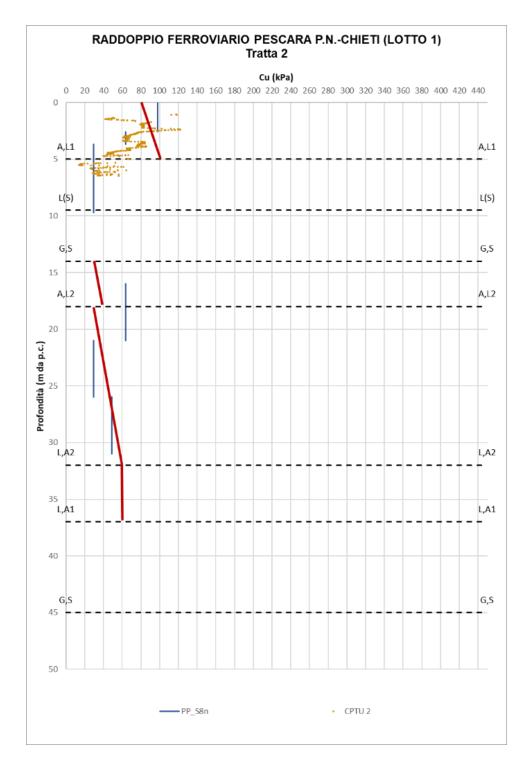


Figura 163: Cu di progetto vs Cu da prove - Tratta 2



10.2.2 Angolo di attrito interno

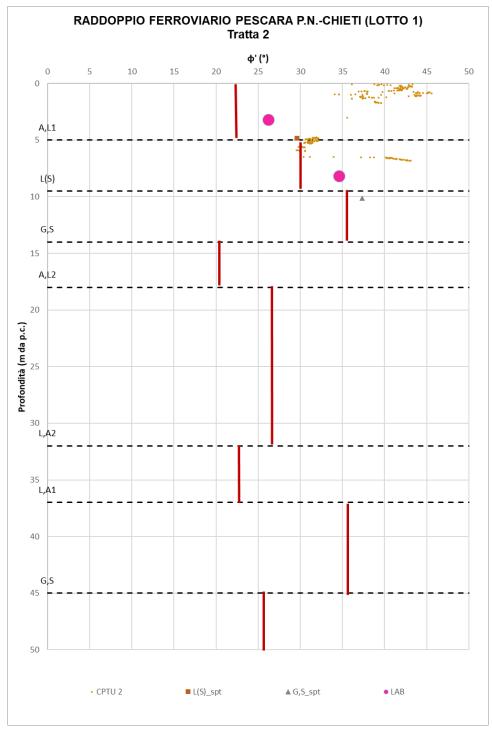


Figura 164: φ ' di progetto vs φ ' da prove - Tratta 2



10.2.3 Modulo di Young iniziale

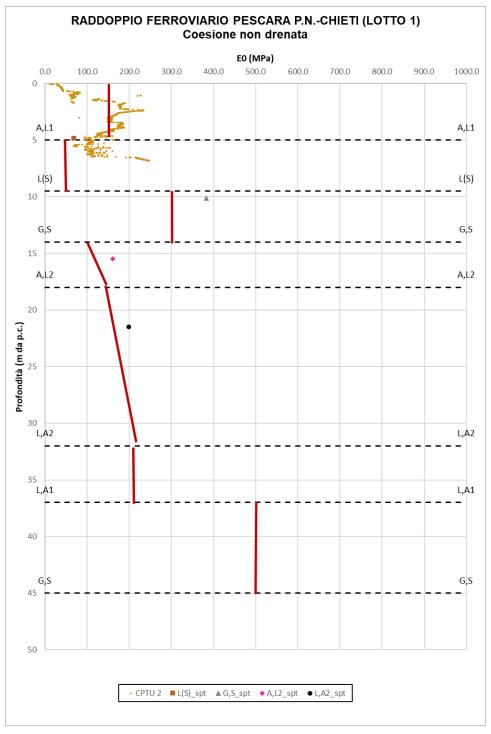


Figura 165: E₀ di progetto vs E₀ da prove - Tratta 2

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPP - CHIETI. SAN GIOVA	IO FERRO LOTTO 1 ANNI TEA	OVIARIO TI I: TRATTA ATINO	LINEA ROMA RATTA PESCAR PESCARA PO ECNICA ECONO	RA POR' RTA NU	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA IA4S	LOTTO 01 D29	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV.	FOGLIO 233 di 309

10.3 Da 3+150 a 4+400

Nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame e i relativi parametri geotecnici di calcolo e le figure con il confronto tra i parametri geotecnici di progetto e quelli derivanti dalle prove di sito e laboratorio. Le indagini di riferimento sono: S6, CPTU-3. La falda si trova ad una profondità media di 0.5 metri dal piano campagna.

Strato	Profondità da	Profondità a	Descrizione
Strato	[m da p.c.]	[m da p.c.]	Descrizione
A,L2	0	4	A(L),L(A)
A,L1	4	10	L,A; L(A)[S]
A,L2	10	20	A,L; L,A
L,A2	20	28	L(A); L(A)[S]; L(A),S
L,A1	28	32	L(A); L(A)[S]
G,S	32	40	S; S(G);G(S);G
M	40	-	A(M); M



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 234 di 309

			Paramet	ri di res	istenza	Parame	arametri di deformabilità									
UNITA'	γn	K ₀	φ'	C'	Cu	G ₀	E ₀	E _{op1}	E _{op2}	ν'	k _v ^(*)	OCR	CR	RR	Cae	Z ₀ (**)
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]		[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[%]	[m da p.c.]
A,L2	17.5	0.84	20.5	5	30-40	40-60	100-150	7+(0.5·Z)	14+(1·Z)	0.25	1.00E-09	1.6	0.19	0.03	0.7	4.5
A,L1	18	0.99	22	10	80-100	60	150	15	30	0.25	1.00E-09	2.2	0.15	0.01	0.5	-
A,L2	17.5	0.84	20.5	5	30-40	40-60	100-150	7+(0.5·Z)	14+(1·Z)	0.25	1.00E-08	1.6	0.19	0.03	0.7	4.5
L,A2	19	0.59	27	0	30-60	60-90	150-220	10+(1·Z)	20+(1·Z)	0.25	1.00E-06	1.2	0.14	0.017	0.55	15
L,A1	18.5	0.63	23.5	12	60	85	210	22	44	0.25	1.00E-07	1.1	0.20	0.04	0.75	-
G,S	19	0.41	36	0	-	200	500	50	100	0.2	1.00E-04	1.0	-	-	-	-
M	21	0.57	26	20	150-400	160	400	40	80	0.25	1.00E-09	1.05	0.10	0.017	0.4	-

Nota: Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.

^(*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 \ k_v$ per tutti i meteriali tranne $G_vS_v = L(S_v)$ per i quali adottare $k_h = k_v$.

^(**) Z₀ = profondità di riferimento rispetto alla quale considerare l'incremento lineare dei valori dei parametri (dove presente)



10.3.1 Coesione non drenata

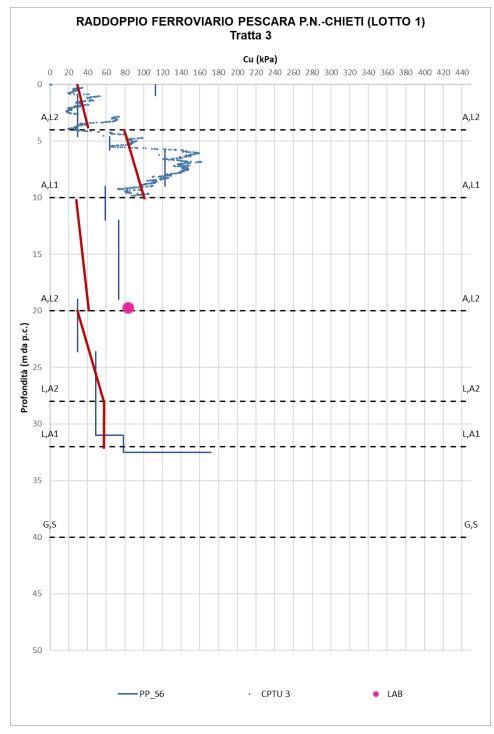


Figura 166: Cu di progetto vs Cu da prove - Tratta 3



10.3.2 Angolo di attrito interno

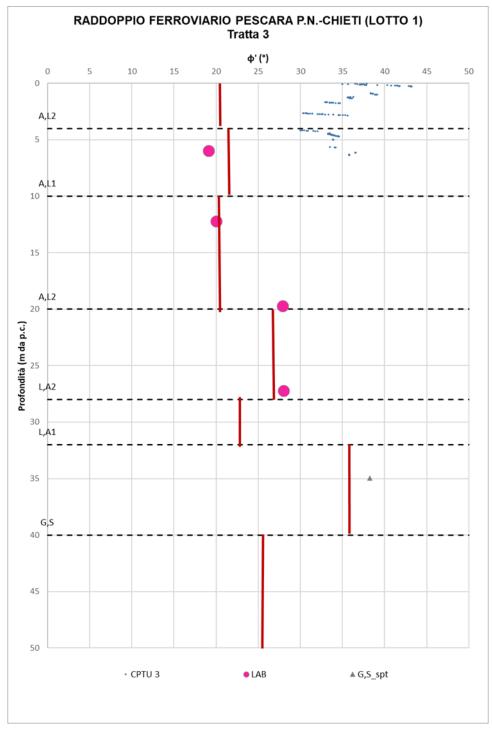


Figura 167: φ ' di progetto vs φ ' da prove - Tratta 3



10.3.3 Modulo di Young iniziale

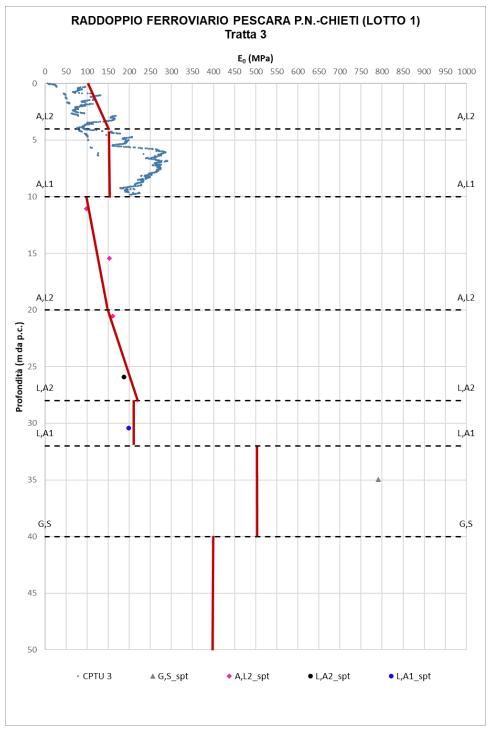


Figura 168: E₀ di progetto vs E₀ da prove - Tratta 3

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPP - CHIETI. SAN GIOV	IO FERRO LOTTO 1 ANNI TEA	OVIARIO T I: TRATTA ATINO	LINEA ROMA RATTA PESCAR PESCARA PO ECNICA ECONO	RA POR RTA NU	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA4S	01 D29	GE	GE0006 001	C	238 di 309

10.4 Da 4+400 a 5+300

Nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame e i relativi parametri geotecnici di calcolo e le figure con il confronto tra i parametri geotecnici di progetto e quelli derivanti dalle prove di sito e laboratorio. Le indagini di riferimento sono: S7, CPTU-4, MASW 5, MASW 5bis. La falda si trova ad una profondità media di 1.5 metri dal piano campagna.

Strato	Profondità da	Profondità a	- Descrizione
Strato	[m da p.c.]	[m da p.c.]	Descrizione
A,L2	0	4.5	A(L),L(A)
L(S)	4.5	12.5	L(S); L(S)[A]
G,S	12.5	14	S; S(G);G(S);G
L,A2	14	21	L(A); L(A)[S]; L(A),S
L,A1(*)	21	30	L(A); L(A)[S]
M	27	-	A(M); M

^(*) spessore variabile lungo la tratta da un massimo di 9 metri a un minimo di 0 metri, come meglio chiarito nel Doc. Rif [16].



			Paramet	ri di res	istenza	Parame	tri di deforn	nabilità								
UNITA'	γn	K ₀	φ'	c'	Cu	G₀	E ₀	E _{op1}	E _{op2}	ν'	k _v ^(*)	OCR	CR	RR	Cae	Z ₀ (**)
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]		[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[%]	[m da p.c.]
A,L2	17.5	0.84	20.5	5	30-40	40-60	100-150	7+(0.5·Z)	14+(1·Z)	0.25	1.00E-09	1.6	0.19	0.03	0.7	4.5
L(S)	19	0.50	30	0	-	20	50	3-4	6	0.25	1.00E-06	-	-	-	-	-
G,S	19	0.41	36	0	-	120	300	10-30	20-60	0.2	1.00E-04	1.0	-	-	-	-
L,A2	19	0.59	27	0	30-60	60-90	150-220	10+(1·Z)	20+(1·Z)	0.25	1.00E-06	1.2	0.14	0.017	0.55	15
L,A1	18.5	0.63	23.5	12	60	85	210	22	44	0.25	1.00E-07	1.1	0.20	0.04	0.75	-
M	21	0.57	26	20	150-400	160	400	40	80	0.25	1.00E-09	1.05	0.10	0.017	0.4	-

Nota: Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.

^(*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 \ k_v$ per tutti i meteriali tranne G,S e L(S) per i quali adottare $k_h = k_v$.

^(**) Z₀ = profondità di riferimento rispetto alla quale considerare l'incremento lineare dei valori dei parametri (dove presente)



10.4.1 Coesione non drenata

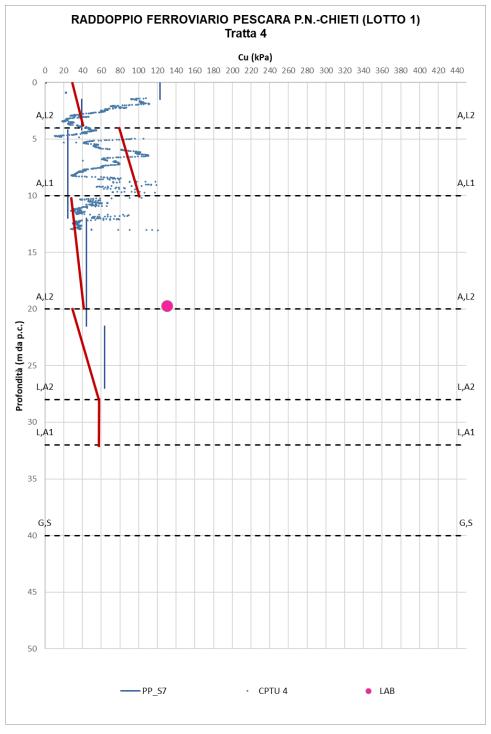


Figura 169: Cu di progetto vs Cu da prove - Tratta 4



10.4.2 Angolo di attrito interno

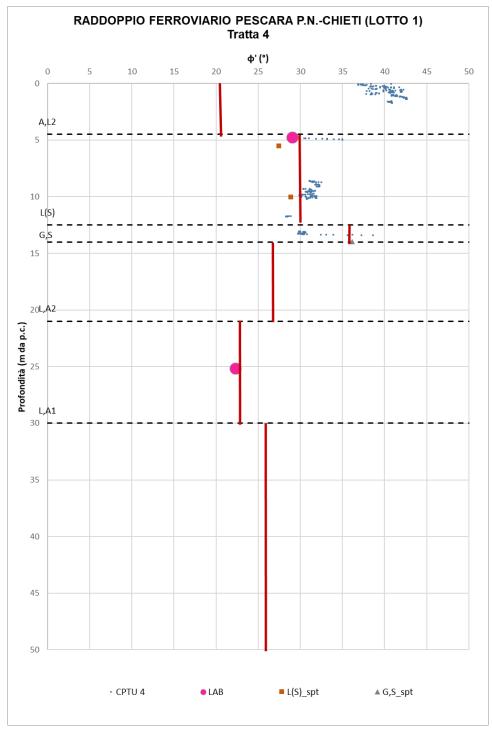


Figura 170: φ ' di progetto vs φ ' da prove - Tratta 4



10.4.3 Modulo di Young iniziale

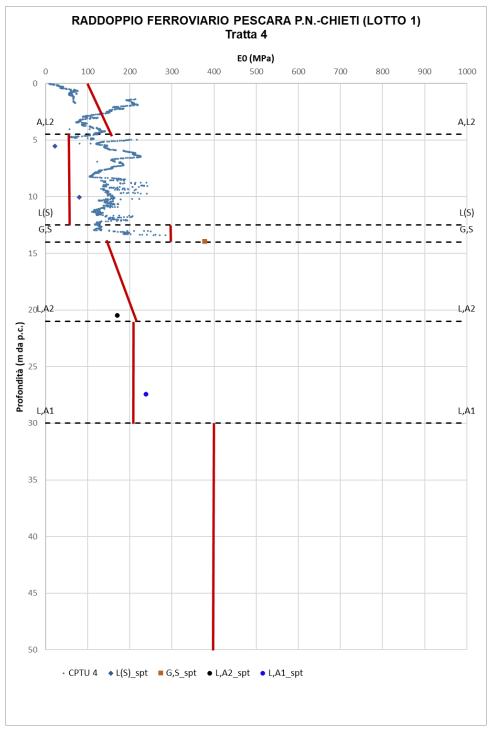


Figura 171: E₀ di progetto vs E₀ da prove - Tratta 4



10.5 Da 5+300 a 6+100

Nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame e i relativi parametri geotecnici di calcolo e le figure con il confronto tra i parametri geotecnici di progetto e quelli derivanti dalle prove di sito e laboratorio. Le indagini di riferimento sono: S8, CPTU-5, CPTU-6. La falda si trova ad una profondità media di 0.65 metri dal piano campagna.

Strato	Profondità da	Profondità a	Descrizione				
Strato	[m da p.c.]	[m da p.c.]	Descrizione				
A,L1	0	1	L,A; L(A)[S]				
L,A2	1	7	L(A); L(A)[S]; L(A),S				
G,S (*)	7	14	S; S(G);G(S);G				
M	14	-	A(M); M				

^(*) spessore medio stimato nella parte centrale della tratta, ridotto agli estremi, come meglio chiarito dal Doc. Rif. [17].

Parametri di resistenza Parametri di deformabilità																
UNITA'	γn	K ₀	φ'	c'	Cu	G ₀	E ₀	E _{op1}	E _{op2}	ν'	k _v ^(*)	OCR	CR	RR	Cae	Z ₀
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]		[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[%]	[m da p.c.]
A,L1	18	0.99	22	10	80-100	60	150	15	30	0.25	1.00E-09	2.4	0.15	0.01	0.5	-
L,A2	19	0.59	27	0	30-60	60-90	150-220	10+(1·Z)	20+(1·Z)	0.25	1.00E-06	1.9	0.14	0.017	0.55	1
G,S	19	0.41	36	0	-	120	300	10-30	20-60	0.2	1.00E-04	1.0	-	-	-	-
M	21	0.57	26	20	150-400	160	400	40	80	0.25	1.00E-09	1.05	0.10	0.017	0.4	-

Nota: Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.

^(*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 \ k_v$ per tutti i meteriali tranne G,S e L(S) per i quali adottare $k_h = k_v$.

^(**) Z₀ = profondità di riferimento rispetto alla quale considerare l'incremento lineare dei valori dei parametri (dove presente)



10.5.1 Coesione non drenata

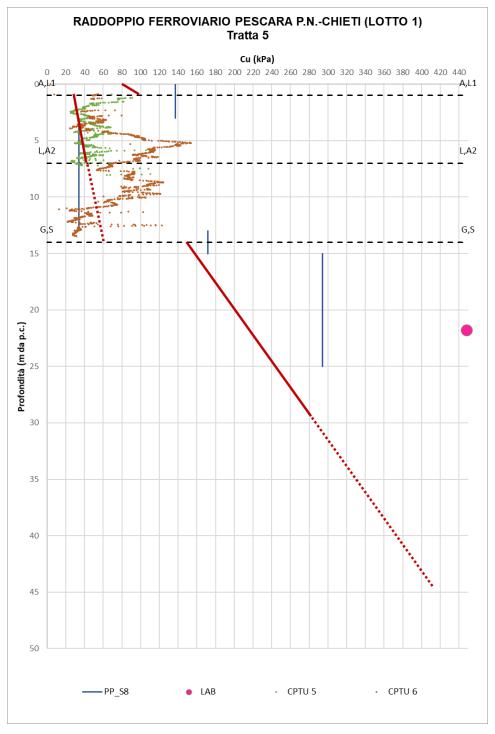


Figura 172: Cu di progetto vs Cu da prove - Tratta 5



10.5.2 Angolo di attrito interno

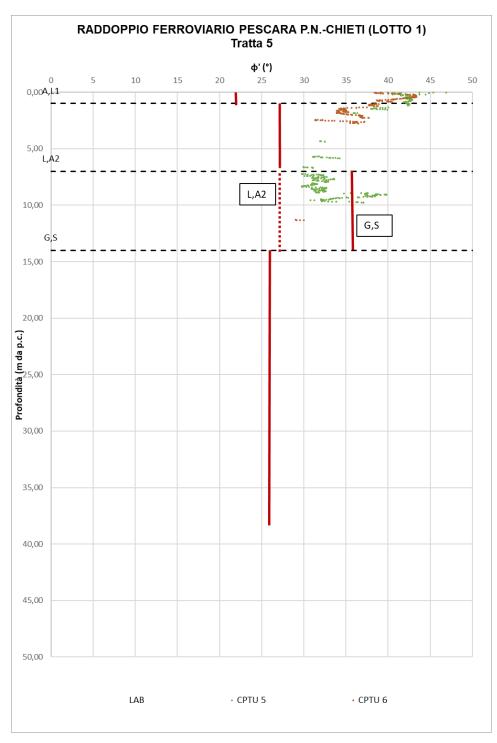


Figura 173: φ ' di progetto vs φ ' da prove - Tratta 5



10.5.3 Modulo di Young iniziale

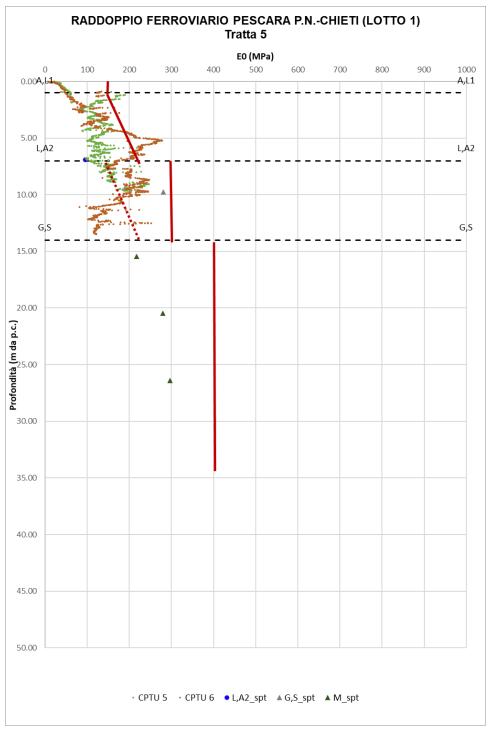


Figura 174: E₀ di progetto vs E₀ da prove - Tratta 5



10.6 Da 6+100 a 6+500

Nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame e i relativi parametri geotecnici di calcolo. Le indagini di riferimento sono: S9. La falda si trova ad una profondità media di 2 metri dal piano campagna.

Strato	Profondità da	Profondità a	Descrizione
Strato	[m da p.c.]	[m da p.c.]	Descrizione
A,L1	0	5	L,A; L(A)[S]
A,L2 (*)	5	7	A(L),L(A)
L,A2	7	15	L(A); L(A)[S]; L(A),S
L,A1 (*)	15	20	L(A); L(A)[S]
M	20	-	A(M); M

^(*) spessore variabile lungo la tratta da un minimo di 0 metri ad un massimo di 5 metri, come meglio chiarito nel Doc. Rif [17].

^(**) spessore variabile lungo la tratta da un minimo di 0 metri ad un massimo di 10 metri, come meglio chiarito nel Doc. Rif [17].

	Parametri di resistenza Parametri di deformabilità															
UNITA'	γn	K ₀	φ'	c'	Cu	G₀	E ₀	E _{op1}	E _{op2}	ν'	k _v ^(*)	OCR	CR	RR	Cae	Z ₀ (***)
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]		[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[%]	[m da p.c.]
A,L1	18	0.99	22	10	80-100	60	150	15	30	0.25	1.00E-08	2.2	0.15	0.01	0.5	-
A,L2	17.5	0.84	20.5	5	30-40	40-60	100-150	7+(0.5·Z)	14+(1·Z)	0.25	1.00E-08	1.6	0.19	0.03	0.7	4.5
L,A2	19	0.59	27	0	30-60	60-90	150-220	10+(1·Z)	20+(1·Z)	0.25	1.00E-06	1.2	0.14	0.017	0.55	15
L,A1	18.5	0.63	23.5	12	60	85	210	22	44	0.25	1.00E-07	1.1	0.20	0.04	0.75	-
M	21	0.57	26	20	150-400	160	400	40	80	0.25	1.00E-09	1.05	0.10	0.017	0.4	-

Nota: Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.

^(*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 k_v$ per tutti i meteriali tranne G,S e L(S) per i quali adottare $k_h = k_v$.

^(***) Z₀ = profondità di riferimento rispetto alla quale considerare l'incremento lineare dei valori dei parametri (dove presente)



11. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE

11.1 Premessa

L'azione sismica che governa il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) è qui definita in accordo alle Norme Tecniche 2018 (NTC2018), a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica include le ordinate dello spettro di risposta elastico di accelerazione Se (T) corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura.

In sintesi, la forma degli spettri di risposta di progetto è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- *F*₀ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima stabilito il periodo di riferimento per l'azione sismica, in base alla classificazione delle opere in progetto. Successivamente, verranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare, determinata a sua volta per condizioni di suolo rigido ed a livello del piano campagna in corrispondenza di alcuni punti di interesse.

L'inquadramento sismo-tettonico, sismologico dell'area sono oggetto della relazione geologica (Doc. Rif. [8]) a cui qui si fa diretto riferimento. Sempre oggetto della relazione geologica è la definizione della categoria di suolo e topografica di riferimento e della magnitudo sempre di riferimento per la verifica a liquefazione, condotta nel presente studio.



11.2 Vita Nominale, Classe d'Uso, Periodo di Riferimento per l'Azione Sismica

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa può essere usata per lo scopo al quale è destinata purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- *V_N* ≤ 10 anni, per opere provvisorie e opere provvisionali.
- $V_N \ge 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \ge 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in esame, per quanto riguarda la linea ferroviaria, trattandosi di una opera infrastrutturale di elevata importanza, ma non inquadrata all'interno del sistema di grande viabilità ferroviaria, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è stato assunto in sede progettuale (cfr. Relazione Geologica Doc. Rif. [8]):

 $V_N = 75$ anni

Per le opere connesse alla viabilità stradale (IV01, VI02, VI03, VI04), ritenute fondamentali per i fini di Protezione civile a valle di un terremoto, si assumerà:

 $V_N = 100 \text{ anni}$

Le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilità sulla base dell'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. In particolare, le classi d'uso sono così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli (coefficiente d'uso $C_U = 0.7$).
- Classe II: ... omissis ... Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza ... omissis (coefficiente d'uso C_U = 1.0).



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 250 di 309

- Classe III: ... omissis ... Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV, salvo
 casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso IV, e reti ferroviarie la cui
 interruzione provochi situazioni di emergenza ... omissis ... (coefficiente d'uso C_U = 1.5).
- Classe IV: ... omissis ... Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico ... omissis ... (coefficiente d'uso Cu = 2.0).

Come indicato nell'elaborato Relazione Geologica (Doc. Rif. [8]), <u>l'infrastruttura ferroviaria</u> appartiene alla Classe d'Uso II e, pertanto, l'azione sismica di verifica viene associata ad un periodo di riferimento V_R pari a:

 $V_R = V_N \times C_U = 75 \times 1.0 = 75$ anni (opere ferroviarie)

Per le opere connesse alla viabilità stradale, viene assunta la classe d'uso IV da cui

 $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.00 = 200$ anni (viabilità stradale)

11.3 Stati limite e relative probabilità di superamento

L'azione sismica di progetto deve essere determinata in funzione degli Stati Limite di verifica ed alle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R sopra definito.

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- Stato Limite Ultimo (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana (SLV), definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidezza nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.



- Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC), stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.
- Stato limite di Esercizio (SLE):
 - Stato Limite di immediata Operatività (SLO) per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.
 - Stato Limite di Danno (SLD) definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

I valori di periodo di ritorno dell'azione sismica ottenuti come sopra per i diversi Stati Limite sono elencati in Tabella 20.

Tabella 20: Periodi di ritorno per l'azione sismica di progetto, in funzione delle opere considerate, per i diversi stati limite.

C4040 limite di mifenima	4-	Periodo di ritorno dell'azione sismica $$T_{R}$$				
Stato limite di riferim	ento	Opere ferroviarie	Opere di viabilità stradale			
Stati limite di	Stato limite di immediata operatività (SLO)	45	120			
esercizio (SLE)	Stato limite di danno (SLD)	75	201			
Stati limite ultimi	Salvaguardia della vita umana (SLV)	712	1898			
(SLU)	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	1462	2475			



11.4 Accelerazione di Riferimento su Suolo Rigido

In allegato alle NTC2008, i valori a_g , F_0 e T_c^* sono forniti per ognuno dei 10751 nodi di un reticolo di riferimento che copre il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi ai nodi di griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti.

Per definire i valori della pericolosità sismica di base, sono stati scelti 3 punti di riferimento aventi le coordinate geografiche riportate in Tabella 21, dove si riporta altresì l'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica. L'elaborazione è stata condotta utilizzando il foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009).

Il confronto fra i valori del parametro ag calcolato ai diversi punti, per gli stati limite di interesse (Tabella 22 e Tabella 23, rispettivamente per opere connesse alla linea ferroviaria e opere stradali) mostra come la variabilità dell'input sismico sia apprezzabile, in un quadro di pericolosità sismica in ogni caso elevata.

Cautelativamente, sulla base dei risultati ottenuti, si è deciso di adottare un valore uniforme di pericolosità sismica per tutto il Lotto di riferimento, ottenuto come valore massimo tra i punti di interesse (P3).

Il risultato dell'interpolazione per i parametri ag, Fo e Tc* per i periodi di ritorno di riferimento è riportato in Tabella 24 (viabilità ferroviaria) e Tabella 25 (viabilità stradale). I valori così definiti vanno considerati applicabili a tutte le opere afferenti al Lotto 1.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO DE CONOMICA DE CONOMIC

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 253 di 309

Tabella 21: Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno di punti scelti lungo il tracciato. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009

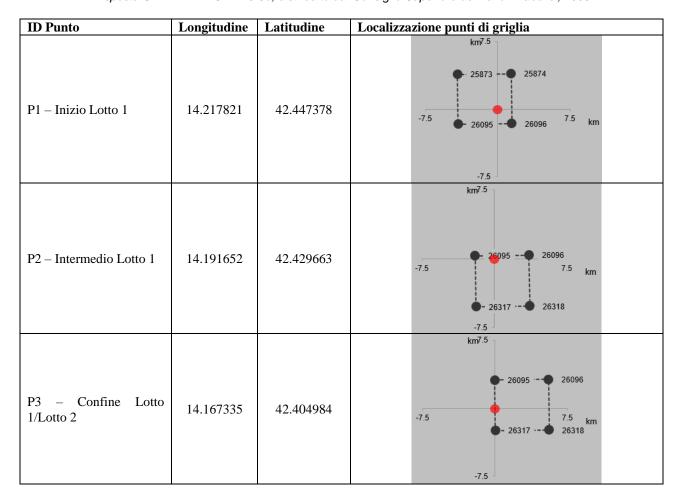


Tabella 22: Valori di a_g per gli stati limite di riferimento per punti diversi nel tracciato di interesse (ottenuti mediante il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)). Linea ferroviaria ($V_R = 75$ anni).

	T	a _g (g) Punti di interesse				
SL	TR					
	(anni)	P1	P2	Р3		
SLO	45	0.053	0.055	0.058		
SLD	75	0.065	0.069	0.073		
SLV	712	0.153	0.167	0.180		
SLC	1462	0.196	0.215	0.234		



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 254 di 309

Tabella 23: Valori di a_g per gli stati limite di riferimento per punti diversi nel tracciato di interesse (ottenuti mediante il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)). Viabilità stradale ($V_R = 200$ anni).

SL	Т-	a _g (g) Punti di interesse				
	TR					
	(anni)	P1	P2	Р3		
SLO	120	0.079	0.084	0.089		
SLD	201	0.096	0.103	0.111		
SLV	1898	0.213	0.235	0.256		
SLC	2475	0.233	0.257	0.281		

Tabella 24: Valori dei parametri ag, Fo, Tc^* per gli stati limite di riferimento relativi al Lotto 1. Linea ferroviaria ($V_R = 75$ anni).

SL	T _R	Lotto 1				
SL	(anni)	a _g (g)	F ₀ (-)	T _c * (s)		
SLO	45	0.058	2.469	0.302		
SLD	75	0.073	2.461	0.323		
SLV	712	0.180	2.481	0.358		
SLC	1462	0.234	2.503	0.362		

Tabella 25: Valori dei parametri ag, Fo, Tc* per gli stati limite di riferimento relativi al Lotto 1. Viabilità stradale ($V_R = 200$ anni).

SL	T_{R}	Lotto 1			
SL	(anni)	$\mathbf{a}_{\mathbf{g}}\left(\mathbf{g}\right)$	$\mathbf{F}_{0}\left(\mathbf{-}\right)$	$T_c*(s)$	
SLO	120	0.089	2.463	0.334	
SLD	201	0.111	2.457	0.345	
SLV	1898	0.256	2.512	0.364	
SLC	2475	0.281	2.521	0.366	

11.5 Risposta Sismica Locale

Per i fini del presente studio, gli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica sono stati valutati sulla base delle indicazioni delle NTC2018, le quali definiscono un fattore di sito S di amplificazione sismica come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S), sia dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente S_T):

$$S = S_s \cdot S_T$$

In particolare, il sottosuolo viene categorizzato a fini sismici in base alla velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) definita come:



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 255 di 309

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- h_i = spessore dell'i-esimo strato;
- V_{S,i} = valore di velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N = numero di strati.
- *H* = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Sulla base delle informazioni fornite nell'elaborato di Relazione Geologica (Doc. Rif. [8]), l'intero tracciato ricade nella categoria stratigrafica C.

Il coefficiente Ss per la categoria di sottosuolo C si ottiene dalla seguente espressione (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$S_S = 1.0 \le 1.70 - 0.6 \cdot F_0 \cdot a_g/g \le 1.50$$

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, sempre sulla base delle informazioni fornite nell'elaborato di Relazione Geologica (Doc. Rif. [8]), il tracciato corre all'interno di un sito sostanzialmente pianeggiante e, pertanto, viene classificato in categoria topografica T1 (Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°, v. Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018), da cui:

$$S_T = 1$$

Il fattore di sito S e l'azione sismica di progetto $a_{max} = S^*a_g$ ottenuti per i diversi periodi di ritorno sono riportati in Tabella 26 (linea ferroviaria) e Tabella 27 (viabilità stradale).



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 256 di 309

Tabella 26: Valori di a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale) e dei coefficienti di sito $S(S_T=1)$ e dell'accelerazione di progetto a_{max} per gli stati limite di riferimento. Linea ferroviaria ($V_R=75$ anni).

SL	T_R	Lotto 1				
SL	(anni)	a _g (g)	S (-)	a _{max} (g)		
SLO	45	0.058	1.500	0.087		
SLD	75	0.073	1.500	0.109		
SLV	712	0.180	1.431	0.258		
SLC	1462	0.234	1.349	0.315		

Tabella 27: Valori di a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale) e dei coefficienti di sito S (S_T =1) e dell'accelerazione di progetto a_{max} per gli stati limite di riferimento. Viabilità stradale (V_R = 200 anni).

SL	T_R	Lotto 1				
SL	(anni)	ag (g) S (-) 0.089 1.500 0.111 1.500 0.256 1.314	a _{max} (g)			
SLO	120	0.089	1.500	0.133		
SLD	201	0.111	1.500	0.166		
SLV	1898	0.256	1.314	0.336		
SLC	2475	0.281	1.276	0.358		



12. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

12.1 Generalità

Le NTC 2018, al par. 7.11.3.4.1 stabiliscono che:

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Allo scopo di accertare la stabilità del sito di progetto rispetto alla liquefazione, è stata condotta una valutazione di pericolosità attraverso metodi semi-empirici basati sulla resistenza penetrometrica da prove SPT e CPT.

Si ricorda come, a causa della breve durata del moto sismico, il terreno reagisca in condizioni sostanzialmente non drenate. In tali condizioni, il comportamento non lineare dei materiali sabbiosi e sabbioso/limosi saturi, sottoposti a carici ciclici indotti dal terremoto, porta alla generazione di sovrappressioni interstiziali con diminuzione anche significativa di resistenza e rigidezza apparente. Alla successiva dissipazione di tali sovrappressioni, corrisponde una riduzione di volume con la generazione di deformazioni permanenti in grado di causare, nello specifico, problematiche di esercizio post-sisma, stabilità dei rilevati, delle opere di sostegno e di attraversamento.

Il fenomeno della liquefazione è profondamente influenzato dal numero dei cicli del moto sismico del suolo, dalla densità relativa Dr e dalla granulometria del terreno. Un terreno a grana grossa, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere del numero di cicli, ossia del valore di magnitudo sismica di riferimento.



Il problema principale che si pone in fase di progettazione è valutare la stabilità del sito di progetto rispetto alla liquefazione quando il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sottofalda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

12.2 Condizioni di Esclusione da Verifica a Liquefazione

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

- Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (cfr. a_{max})
 minori di 0.1 g;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT, normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve rappresentate in Figura 175 (coefficiente di uniformità Uc < 3.5) e Figura 176 (coefficiente di uniformità Uc > 3.5).

Nel caso in esame, nessuno dei suddetti motivi di esclusione risulta verificato:

- a_{max} è sempre superiore a 0.1 g.
- La falda ha profondità media stagionale inferiore a 15 m.
- I valori di (N1)₆₀ sono diffusamente inferiori a 30, così come i valori di q_{c1N} sono diffusamente inferiori a 180.
- La distribuzione granulometrica dei campioni prelevati è generalmente, anche se solo parzialmente, all'interno dei fusi di Figura 175 o Figura 176.

Pertanto, si procederà alla verifica a liquefazione come descritto ai paragrafi seguenti.



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 259 di 309

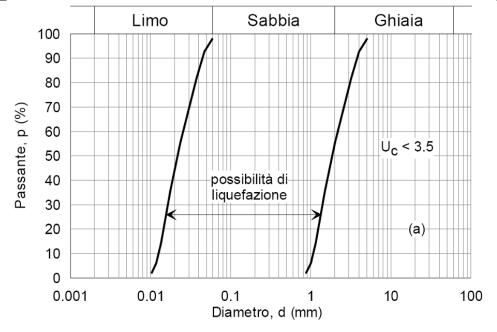


Figura 175: Dominio di suscettibilità alla liquefazione dei terreni (Uc < 3.5)

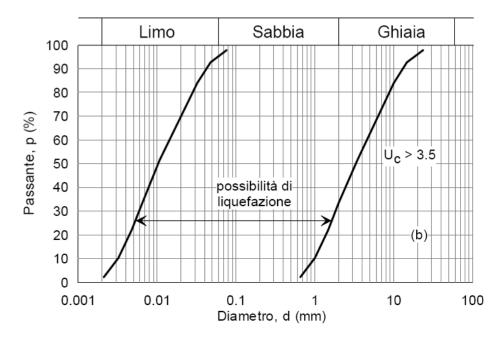


Figura 176: Dominio di suscettibilità alla liquefazione dei terreni (Uc > 3.5).



12.3 Pericolosità Sismica e Magnitudo

Tenuto conto della Classe d'Uso dell'opera III, la valutazione del potenziale di liquefazione è stata condotta per il periodo di ritorno dell'azione sismica pari a quello dello stato limite SLV, ossia 712 anni.

La pericolosità sismica di riferimento a_{max} è definita per il Lotto 1 in Tabella 26 (linea ferroviaria) e Tabella 27 (viabilità stradale). Tenuto conto della possibile interazione tra linea ferroviaria e viabilità stradale, si assume per la verifica a liquefazione la pericolosità sismica definita per quest'ultima ($a_{max} = 0.35$ g).

La magnitudo di riferimento per la valutazione della pericolosità a liquefazione, sulla base dell'elaborato di Relazione Geologica (Doc. Rif. [8]) è pari a 6.

12.4 Metodo di analisi

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

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

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{100}}$$
 Rapporto di resistenza ciclica

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

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

dove:



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C 261 di 309

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

 au_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo M. Per M \neq 7.5 (nel caso in esame M = 5.7) è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

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

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

Nel presente studio è stato identificato un valore di MSF = 2.2 per M = 6 in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8 Parte 5, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004).

Il rapporto di resistenza ciclica CRR può essere valutato mediante relazioni empiriche che correlino la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT o CPT, come meglio descritto nel seguito.



12.4.1 CRR da correlazioni su prove CPT

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

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 177: la curva in figura si riferisce alla resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} per le sabbie pulite che può essere espressa come segue (Robertson & Wride, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

per (q_{c1N})_{cs} < 50
$$CRR_{7.5} = 0.833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05$$

per 50
$$\leq$$
 (q_{c1N})_{cs} $<$ 160 $CRR_{7.5} = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$

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

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

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

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

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

dove:

$$Q = \left(\frac{q_c - \sigma_{vo}}{P_a}\right) \cdot \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}}\right)^n$$
$$F = \frac{f_s}{q_a - \sigma_{vo}} \times 100$$



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

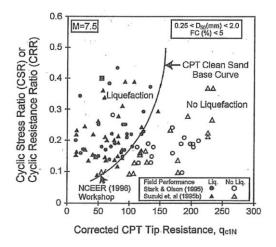


Figura 177– Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta qc1N – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

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

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

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

for
$$Ic \le 1.64$$
 $K_c = 1.0$

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



12.4.2 CRR da correlazioni su prove SPT

Il procedimento qui utilizzato si basa sulla relazione riportata in Figura 178, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 178, la resistenza penetrometrica SPT è espressa come numero di colpi N₁₍₆₀₎ normalizzato ad una pressione verticale efficace di 100 kPa oltre che corretto per il valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale), come segue:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT}C_NC_EC_BC_RC_S$$

In questa espressione:

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

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

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

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

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

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

I coefficienti C_B (fattore correttivo per le dimensioni del foro di sondaggio), C_R (fattore correttivo per la lunghezza delle aste della macchina esecutrice) e C_S (fattore correttivo per il tipo di attrezzo



campionatore) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove si considerano essere eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Sempre in Figura 178, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di $N_{1(60)}$ da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simici avvenuti in passato, con magnitudo 7.5. Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

Le curve sono valide per eventi simici di magnitudo pari a 7.5, per cui è necessario introdurre un fattore di scala (MSF) per adattare le curve di CRR alla magnitudo di riferimento per il caso in esame (5.7), come indicato in precedenza.

Si può osservare dalla Figura 178 come siano state sviluppate curve di resistenza ciclica per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita (FC< 5%).

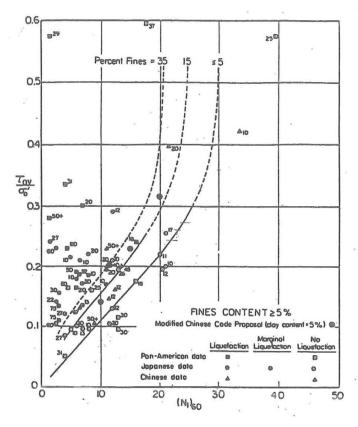


Figura 178: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e N₁₍₆₀₎ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).



VELOCIZZAZIONE **DELLA** LINEA **ROMA PESCARA** RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GF0006 001 266 di 309

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

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

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

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori di N₁₍₆₀₎ ai valori corrispondenti per sabbia pulita N_{1(60)cs}:

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

In cui:

= 0 per FC < 5% α

 $= \exp [1.76 - (190/FC2)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$

= 5 per FC ≥ 35% α

= 1 per FC < 5%

= [0.99 + (FC1.5/1000)] per 5% < FC < 35%

= 1.2 per FC ≥ 35%

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

$$k_{\sigma} = \left(\frac{\sigma_{v0}}{p_a}\right)^{(f-1)} \le 1$$

dove:

 σ'_{v0} = tensione verticale efficace

pa = pressione atmosferica di riferimento

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



VELOCIZZAZIONE **DELLA** LINEA **ROMA PESCARA** RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GF GE0006 001 267 di 309

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

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

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

Pertanto, per ogni prova SPT dove non sia disponibile il relativo contenuto di fini da prove di laboratorio, è stato ipotizzato conservativamente un valore di contenuto di fini minimo pari al 5% per i materiali sabbiosi-ghiaiosi, mentre per i terreni argillosi è stato ipotizzato un contenuto di fini pari al 60%.

12.4.3 Calcolo del fattore di sicurezza

In conclusione, in accordo a Youd et al. (2001) il fattore di sicurezza FL rispetto al fenomeno della liquefazione vale:

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

12.4.4 Calcolo dei cedimenti post-sismici

I cedimenti da riconsolidazione post-terremoto, a seguito di generazione di sovrappressioni interstiziali durante la fase di scuotimento, sono stati qui determinati sulla base di relazioni derivate da prove di laboratorio, in generale buona relazione con effetti osservati su scala reale (Idriss & Boulanger, 2008). In particolare, i cedimenti attesi sono stati determinati in accordo alla procedura proposta da Ishihara and Yoshimine (1992), la quale mette in relazione le deformazioni volumetriche post-sisma con i valori massimi di sforzo a taglio sviluppati durante i cicli di carico non drenato e la densità relativa iniziale del suolo. Le raccomandazioni di Ishihara and Yoshimine (1992) sono state ulteriormente sviluppate in Yoshimine et al. (2006), dove si lega la deformazione volumetrica ε_V alla densità relativa D_R e alla deformazione a taglio massima γ_{max} come segue:

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot exp(-2.5D_R) \cdot min(0.08, \gamma_{max})$$

La suddetta relazione può essere espressa in termini di valori normalizzati di resistenza da prove SPT e CPT come segue (Idriss & Boulanger, 2008):



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 268 di 309

SPT
$$\varepsilon_{v} = 1.5 \cdot \exp\left(-0.369\sqrt{(N_1)_{60cs}}\right) \cdot \min(0.08, \gamma_{\text{max}})$$

CPT
$$\varepsilon_{v} = 1.5 \cdot \exp(2.551 - 1.147(q_{clNcs})^{0.264}) \cdot \min(0.08, \gamma_{max})$$
 con q_{c1Ncs} ≥ 21

Come detto, la determinazione del valore di deformazione a taglio γ avviene generalmente sulla base di prove di laboratorio, mettendo in relazione il valore massimo γ_{max} misurato in test ciclici non drenati con il fattore di sicurezza alla liquefazione (Ishihara & Yoshimine, 1992). Il valore di γ_{max} per bassi valori del fattore di sicurezza alla liquefazione tende ad un valore limite γ_{lim} che decresce con l'aumentare della densità relativa (Seed et al., 1985). Dall'analisi di un database di osservazioni combinate sito/laboratorio è stato possibile derivare curve di massima deformazione di taglio attesa per combinazioni di CSR (cyclic stress ratio) e valori normalizzati SPT (N₁)₆₀ o CPT q_{c1N} (Idriss & Boulanger (2008)). Tali curve possono essere impiegate per sabbie con vario contenuto di fine utilizzando i valori di penetrazione opportunamente corretti (N₁)_{60cs} e q_{c1Ncs}. Per il calcolo del valore γ_{lim} sono state impiegate le relazioni raccomandate da Idriss & Boulanger (2008):

SPT
$$\gamma_{\text{lim}} = 1.859 \cdot \left(1.1 - \sqrt{\frac{(N_1)_{60cs}}{46}}\right)^3 \ge 0$$

CPT
$$\gamma_{\text{lim}} = 1.859 \cdot \left(2.163 - 0.478 (q_{c1Ncs})^{0.264}\right)^3 \ge 0$$

Per valori bassi di q_{cINcs} e (N₁)_{60cs} è stato imposto γ_{lim} = 50% con il fine di evitare un eccessivo rilievo a valori di resistenza ragionevolmente associabili a situazioni locali. In sintesi:

$$\begin{split} \gamma_{\max} &= 0 & \text{se FL} \geq 2 \\ \gamma_{\max} &= \min \left(\gamma_{lim}; 0.035(2 - FL) \left(\frac{1 - F_a}{FL - F_a} \right) \right) & \text{se } 2 > FL > F_a \\ \gamma_{\max} &= \gamma_{\lim} & \text{se FL} \leq F_a \end{split}$$

dove:

$$F_a = -11.74 + 8.34 (q_{c1Ncs})^{0.264} - 1.371 (q_{c1Ncs})^{0.528}$$
 con q_{1cNcs} \ge 69.

$$F_a = 0.032 + 0.69\sqrt{(N_1)_{60cs}} - 0.13(N_1)_{60cs}$$
 con (N₁)_{60cs} ≥ 7



Per ogni verticale CPT o SPT analizzata, nelle Appendici A e B vengono riportati i profili di γ_{\max}

e $\varepsilon_{\rm v}$. Il cedimento atteso in superficie viene così ottenuto:

- Per le verifiche su CPT, integrando il valore di ε_ν lungo il tratto interessato da generazione di pressioni interstiziali.
- Per le verifiche su SPT, associando ad ogni prova uno spessore di strato corrispondente, ed integrando su di esso il valore di ε_v calcolato.

I risultati, in termini di cedimenti post-sismici attesi per i diversi tratti di linea sono riportati in Tabella 29.

12.4.5 Indice di potenziale di liquefazione

Con il fine di fornire una valutazione il più possibile quantitativa della pericolosità a liquefazione associabile ad ogni sondaggio o prova CPT, viene introdotto l'indice di Potenziale di Liquefazione (in letteratura LPI, Liquefaction Potential Index) in accordo a Iwasaki et al. (1982). Per ogni prova/sondaggio considerati, LPI viene determinato come segue:

$$LPI = \int_0^{20} F(z) \cdot W(z) dz$$

dove W(z) rappresenta un moltiplicatore (peso) linearmente decrescente con la profondità z (da 0 a 20 m) in grado di assegnare una maggiore importanza a ciò che avviene all'interno degli strati più superficiali, rispetto a fenomeni di generazione di pressioni interstiziali più profondi:

$$W(z) = 10 - \frac{1}{2}z$$

Nel metodo utilizzato viene altresì definita una funzione F(z) che lega il valore di LPI al fattore di sicurezza alla liquefazione FL, come segue:

$$F_L \ge 1$$
 $F(z) = 0$
 $F_L < 1$ $F(z) = 1 - F_L$

Iwasaki et al. (1982) hanno confrontato i valori di LPI calcolati come sopra con le risultanze di osservazioni condotte su un database di 63 siti presso i quali si è avuta liquefazione e 22 caratterizzati dalla sua assenza, a seguito di eventi sismici avvenuti in Giappone; la conclusione è



che effetti severi di liquefazione si hanno per LPI > 15, mentre tali effetti non si osservano per LPI < 5. Queste considerazioni sono state ulteriormente sviluppate da Sonmez (2003), il quale ha raccomandato la classificazione di pericolosità a liquefazione in funzione di LPI come da Tabella 28.

Indice Potenziale di Liquefazione LPIPericolositàLPI = 0Nessuna $0 < LPI \le 2$ Bassa $2 < LPI \le 5$ Moderata $5 < LPI \le 15$ Alta15 < LPIMolto alta

Tabella 28: Classi di pericolosità alla liquefazione in funzione di LPI (Sonmez, 2003)

12.5 Sintesi del risultato delle verifiche a liquefazione

Sulla base di quanto sopra esposto sono state condotte le verifiche a liquefazione ed i risultati ottenuti letti alla luce del dato stratigrafico e dei risultati delle indagini di laboratorio.

In particolare, la suddetta verifica è stata condotta sul database delle prove CPT e SPT disponibili, ed i risultati illustrati in dettaglio nei grafici in ALLEGATO A.1 e B.1, rispettivamente per CPT/CPTu e SPT e tabellati in ALLEGATO A.2 e B.2. In particolare, i grafici per le prove CPT (ALLEGATO A.1 e ALLEGATO A.2) riportano:

- Resistenza penetrometrica q_c e attrito laterale f_s misurati in ciascuna prova CPT a partire dal piano campagna;
- Valore del parametro I_c di classificazione dei terreni e distinzione tra terreni con comportamento equivalente a sabbie o a argille;
- Resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1Ncs} per sabbie pulite.
- Profilo di sforzo di taglio ciclico CSR, riferito alla magnitudo di riferimento per l'analisi condotta (M = 5.5) e i corrispondenti valori della resistenza ciclica CRR a meno di



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 271 di 309

esclusione dal calcolo di suscettibilità alla liquefazione in terreni classificati come non liquefacibili.

 Fattore di sicurezza FL = CRR/CSR per ogni dato. Si osserva a questo proposito che la verifica alla suscettibilità alla liquefazione deve tener conto del potenziale insorgere di deformazioni anche significative anche per valori di FS>1 per cui si ritiene giustificato rappresentare la linea per FS>1.25 come da indicazioni dell'Eurocodice 8 (par 4.1.4, Clause 11(P)).

I grafici delle verifiche a liquefazione svolte sui risultati delle prove SPT (ALLEGATO B.1 e ALLEGATO B.2) mostrano:

- Valori di SPT misurati a ciascuna profondità a partire dal piano campagna.
- Contenuto di fini misurato in laboratorio sui campioni prelevati (simbolo pieno), oppure contenuto di fini stimato sulla base dei risultati disponibili dalle altre prove, per lo stesso orizzonte di terreno.
- Valori di N_{1(60)cs}, ovvero del numero di colpi/30cm corretto in funzione della tensione verticale in sito, in funzione dell'energia trasmetta in fase di esecuzione della prova e del contenuto di fini.
- Andamento con la profondità dello sforzo di taglio ciclico CSR, riferito alla magnitudo di riferimento per l'analisi (M=5.5) e i valori puntuali della resistenza allo sforzo di taglio sismico calcolati per tutti i valori di SPT che non siano stati esclusi dal calcolo di suscettibilità alla liquefazione perché classificati come non liquefacibili (si veda quanto detto al paragrafo precedente).
- Valore del fattore di sicurezza ottenuto come rapporto CRR/CSR per ogni dato. Si
 osserva a questo proposito che la verifica alla suscettibilità alla liquefazione deve tener
 conto del potenziale insorgere di deformazioni anche significative anche per valori di
 FS>1 per cui si ritiene giustificato rappresentare la linea per FS>1.25.

Si segnala che laddove per profondità della falda o per le caratteristiche granulometriche dei materiali la verifica non era necessaria, è stata ovviamente omessa.



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 272 di 309

In sintesi, gli spessori di materiale potenzialmente liquefacibile sono riportati nella seguente Tabella 29. Si osserva come gli strati caratterizzati da potenziale liquefazione sotto il terremoto di progetto sono generalmente variabili in profondità e, salvo una eccezione (prog. 4+500 – 4+800), di spessore relativamente contenuto. Sulla base dei valori di LPI ottenuti (Tabella 29), la pericolosità a liquefazione è classificabile come bassa/moderata, salvo i tratti tra 2+650 – 3+100 e 4+500 – 4+800 dove i valori elevati di LPI e la relativa superficialità degli strati con FL < 1 portano a una pericolosità alta di liquefazione. Il piano campagna sostanzialmente orizzontale, porta ad escludere fenomeni di scivolamento laterale (o *lateral spreading*) e a considerare il sito come sostanzialmente stabile rispetto al fenomeno della liquefazione. Tuttavia, in fase post-sismica si potranno generare cedimenti legati alla dissipazione delle sovrappressioni interstiziali (cfr. ultima colonna di Tabella 29) dei quali si dovrà tenere conto in sede di progettazione delle opere e/o ripristino a valle dell'evento sismico.

Tabella 29: Sintesi dei risultati delle verifiche a liquefazione ed individuazione dei tratti potenzialmente liquefacibili

Tratto di linea	Indagini di Quota Spessore Elevazione riferimento media materiale piano potenzialmente campagna liquefacibile		zione	FL	LPI (*) Classe di pericolosità	Stima cedimento post-sisma atteso (*)		
		[m slm]	[m]	da [m slm]	a [m slm]	[-]	[-]	[cm]
0+000 - 0+600	SCPTU01, S1, S2	+1.7	-	-	-	-	- (Nessuna)	-
0+600 – 0+900	S3, SCPTU02, 1SD1_int	+2.0	3	+0.5	-2.5	< 1	0.9 2.2 (Bassa/Moderata)	3.0 5.5 (VIO4)
0+900 – 1+480	S4, SCPU03, S5	+2.5	-	-	-	-	- (Nessuna)	-
1+480 – 1+900	SCPTU04	+4.0	4	-9.8	-14.8	< 1	0.8 (Bassa)	10.8
1+900 – 2+650	CPT1	+6.0	-	-	-	-	- (Nessuna)	-
2+650 – 3+100	CPTU02, S8n	+9.0	3	+5	+2	< 1	7.9 (Alta)	11
3+100 – 4+500	S6, CPTU03	+13.0	-	-	-	-	- (Nessuna)	-
4+500 – 4+800	S7	+14.0	8	+11.3	+3.3	< 1	5.8 (Alta)	20.8
4+800 – 5+100	CPTU04	+15.5	2	+7.5	+5.5	< 1	1.5 (Bassa)	5.2
5+100 - 5+400	CPTU05	+18.5	4	+14.5	+10.5	< 1	2.9	9



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

S8, CPT2, CPT3

CPTU06

+19.5

+19.5

5+400 - 5+850

5+850 - 6+500

	IA4S	01 D29	GE		GE0006 001	273 di 309
					(Moderata)	
					0.0	2.8
4	ļ	+8.9	+4.9	< 1	2.6	12.5 (IV01)
					(Bassa/Moderata)	
,		.40.5	.40.5		2.0	5.7

DOCUMENTO

(Bassa/Moderata)

FOGLIO

CODIFICA

(*) il valore riportato nella seconda linea in corsivo si riferisce ad un valore di V_n pari a 100 anni, tra parentesi è indicata l'opera a cui si riferisce

3

COMMESSA

LOTTO

+19.5

In aggiunta alle valutazioni di cui sopra è stata effettuata anche una valutazione di quelle che potrebbero essere i risentimenti in superficie della liquefazione, utilizzando le curve proposte da Ishihara nel 1985 a partire da dataset raccolti durante diversi eventi sismici. In base a queste curve è possibile, in funzione dello spessore di materiale liquefacibile e dello spessore del materiale sovrastante non liquefacibile, valutare se in superficie si possano avere dei danni. Si ricorda che tali curve sono espressamente dedicate ai danni che possono aversi su strutture (edifici) sulla superficie e che si tratta solo di una valutazione qualitativa sulla possibile presenza di "major damages" senza fornire pertanto alcuna stima di una eventuale percentuale del cedimento post-sisma stimato, avvertibile in superficie. Inoltre bisogna tenere conto che i damages a cui si riferiscono le curve di Ishihara sono danni rilevanti e visibili al terreno in superficie che provocano danni significativi alle strutture. Nel nostro caso abbiamo a che fare col corpo ferroviario che è una struttura flessibile e che quindi reagirà in modo diverso anche al danno al terreno in superficie.

Ad ogni modo si tratta comunque di una valutazione qualitativa di qualche interesse e pertanto sono stati inseriti i dati delle tratte individuate nel grafico di Ishihara riportato alla successiva Figura 179. Da questa valutazione sembrerebbe che solo due tratti (0+600 – 0+900 e 4+800 – 5+100) possono essere ragionevolmente esclusi da quelli che possono avere danni in superficie. Per gli altri tratti rimanenti invece la potenzialità di danno è confermata.

Nel grafico sono riportati coi pallini azzurri i tratti potenzialmente soggetti a liquefazione relativi al Lotto 1 (l'etichetta riporta le progressive e il cedimento atteso calcolato in corrispondenza dell'a_{max} individuata per le opere in zona) mentre con una linea rossa tratteggiata è evidenziata la curva che si riferisce ad $a_{max} = 0.30g$, che si prende come riferimento per il sito in esame.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 274 di 309

Effetto della presenza di uno strato non liquefacibile superficiale sui danni al terreno in superficie (ref. Ishihara, 1985) 12 Unliquefiable Nota: I tratti 1+480+1+900, 5+400-5+850, 9+300-9+950 e 10+550-12+050 11 non sono mostrati nel grafico in quanto lo strato potenzialmente liquefacibile si trova a profondità 10 maggiori di 10m da p.c. 9 4+500 - 4+800 - (20.8) Spesore strao di materiale liquefacibile H2 [m] 8 Max. acc. Max. acc. $\approx 0.2 \, \mathrm{g}$ 0.4-0.5 Max. acc 6 ≈ 0.3 g 5 4 3 5+850 6+500 +800 - 5+100 - (5.2) 2 1 Lotto 1 0 0 9 10 1 2 3 Spessore strato superficiale non-liquefacibile H1 [m]

Figura 179: Effetto della presenza di uno strato non liquefacibile superficiale sui danni al terreno in superficie (Ishihara, 1985).



ALLEGATO A.1

Verifiche a liquefazione su prove CPTU E SCPTU

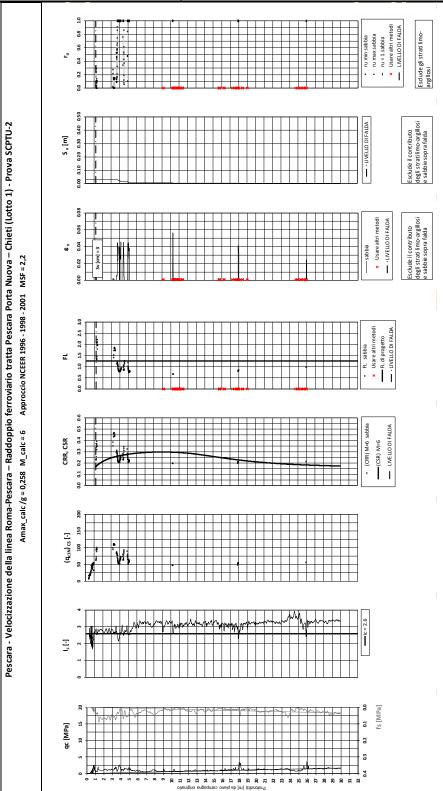


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 276 di 309



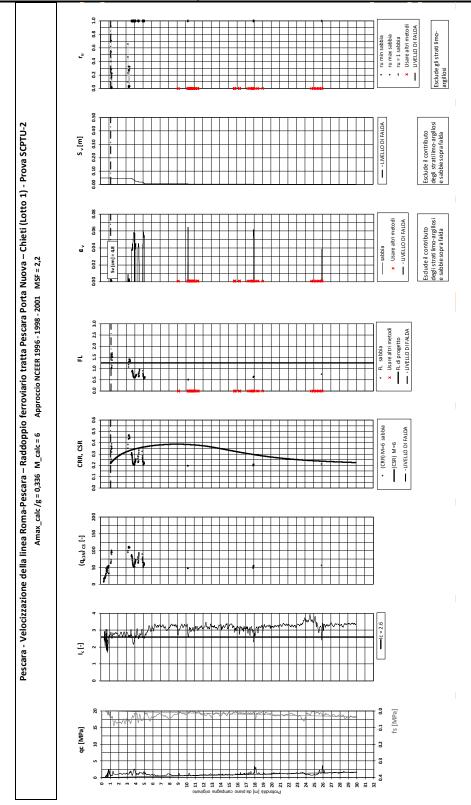


VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 С 277 di 309



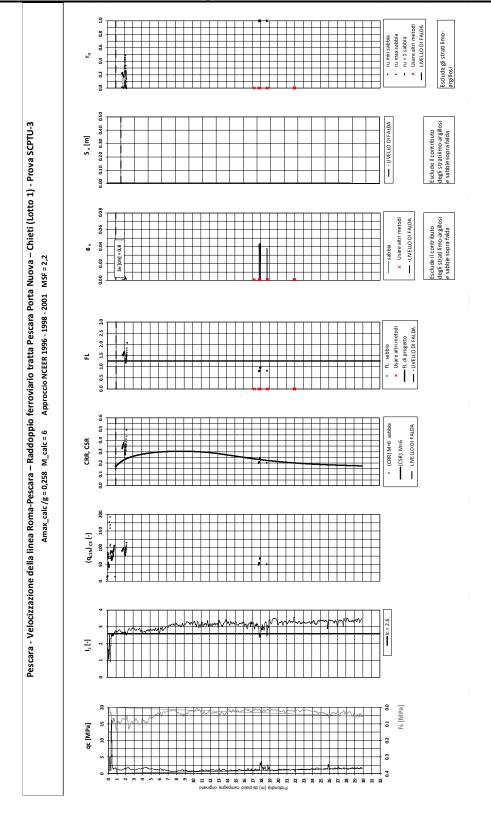


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 278 di 309





VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA IA4S

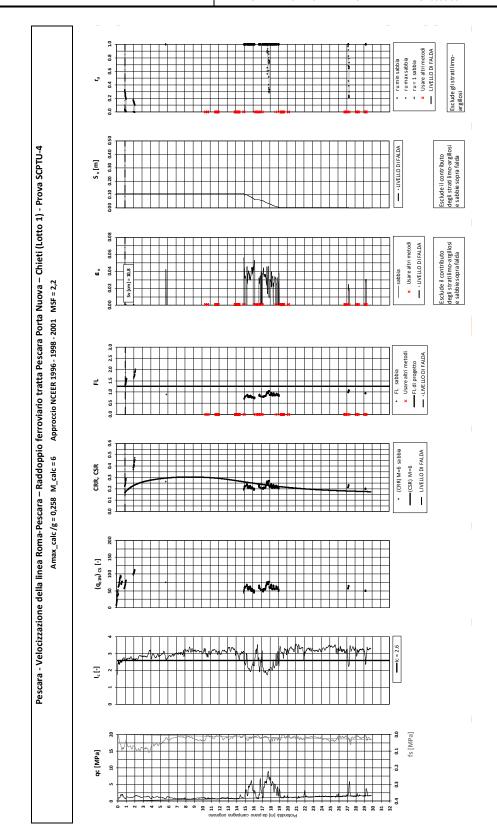
LOTTO 01 D29

CODIFICA GE

DOCUMENTO GE0006 001

REV. **FOGLIO** С

279 di 309





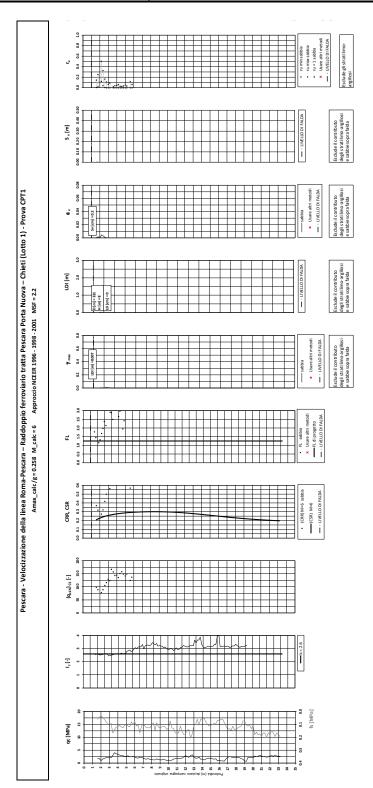
VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 280 di 309



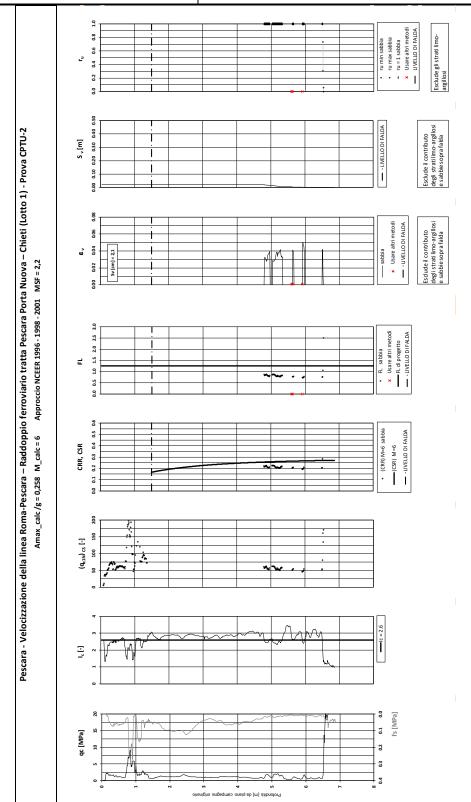


VELOCIZZAZIONE LINEA PESCARA. **DELLA ROMA** RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO 281 di 309 IA4S 01 D29 GE0006 001 GE С





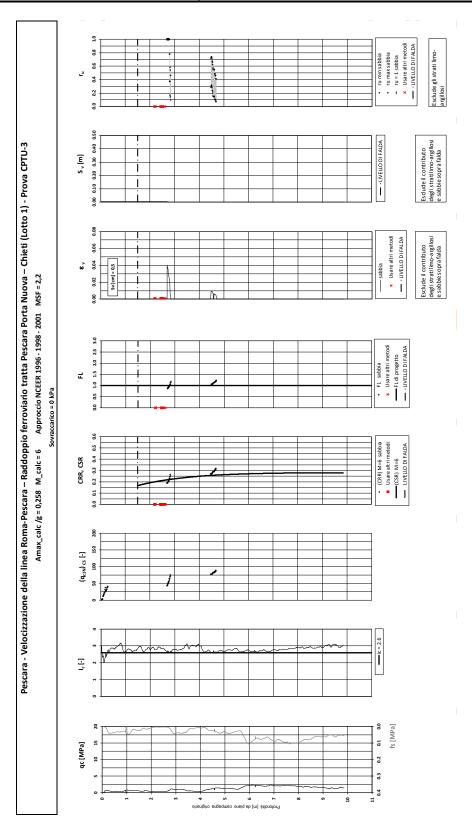
VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TATTINI TA TENNO A FORMANIO A

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 282 di 309



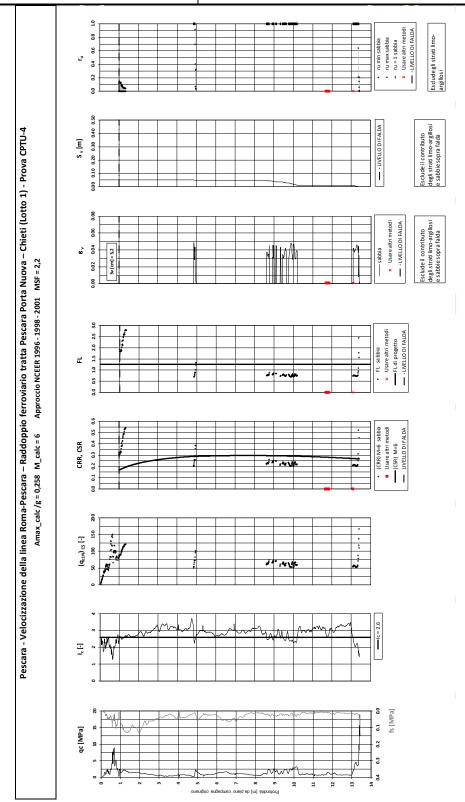


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 283 di 309





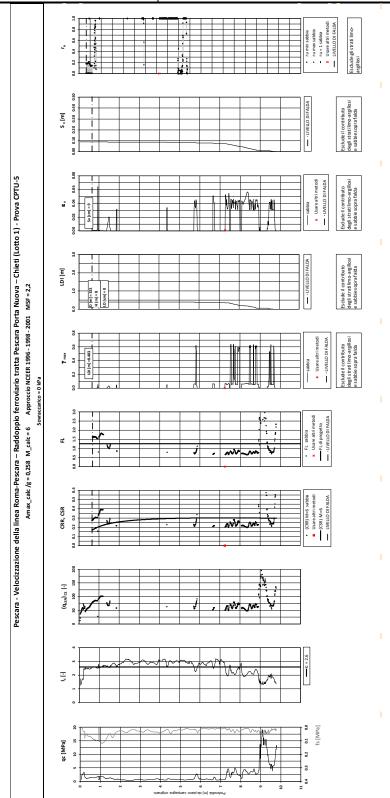
VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 284 di 309





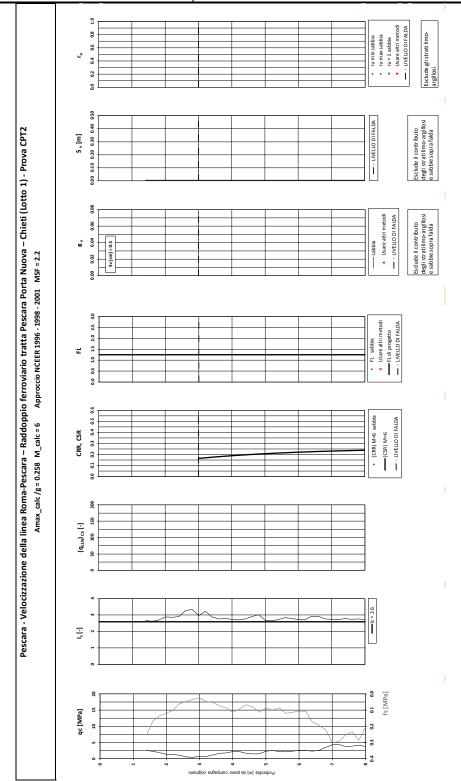
VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TEATINO DE CONOMICA DE CONOMIC

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 285 di 309



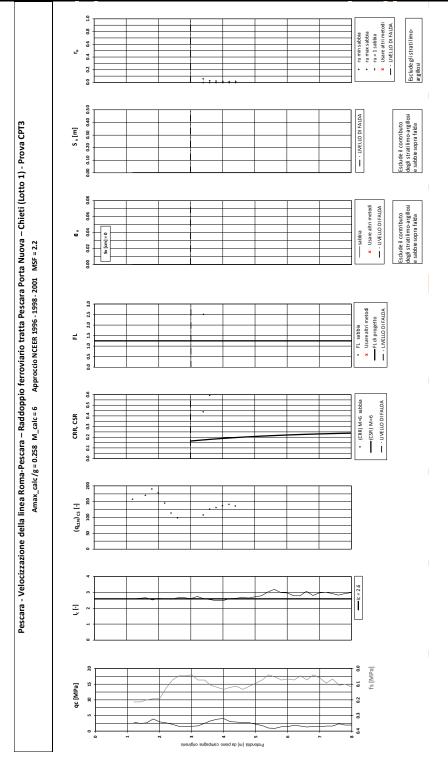


VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA PESCARA. **ROMA** RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO 286 di 309 01 D29 GE0006 001 IA4S GE С





VELOCIZZAZIONE **DELLA** LINEA **ROMA** PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM **SAN GIOVANNI TEATINO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

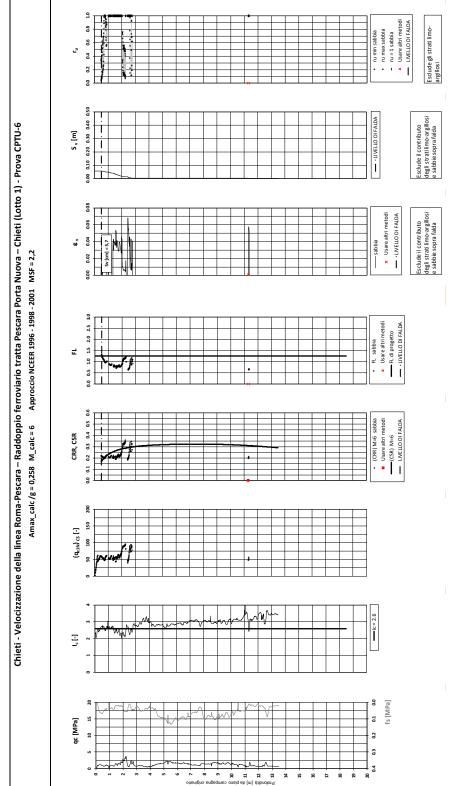
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA 01 D29 GE

DOCUMENTO

FOGLIO

REV. GE0006 001 IA4S С 287 di 309





ALLEGATO B.1

Verifiche a liquefazione su prove SPT

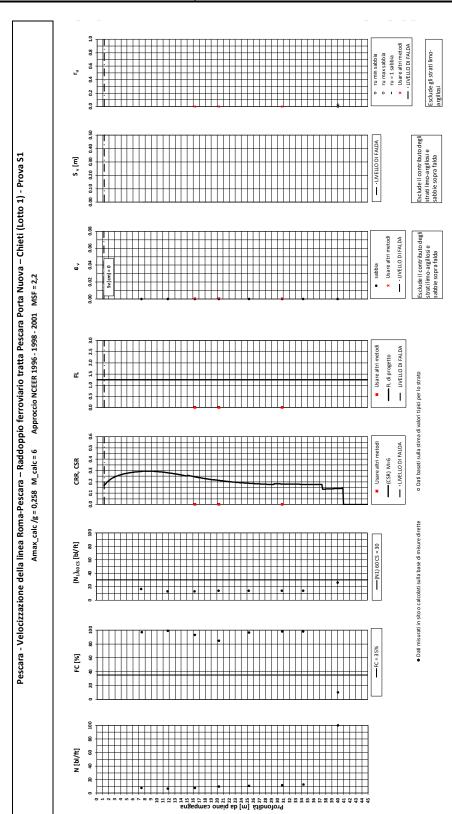


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 289 di 309





PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA IA4S

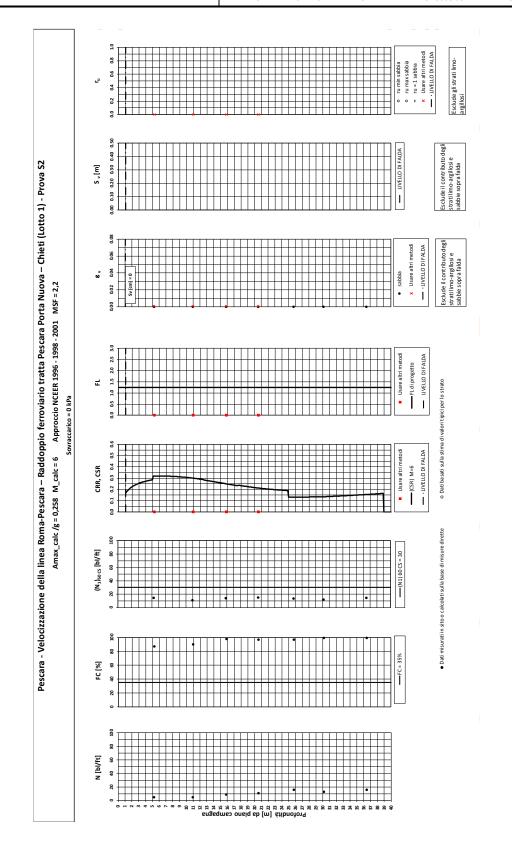
LOTTO 01 D29

CODIFICA GE

DOCUMENTO GE0006 001

REV. С

FOGLIO 290 di 309





VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TATTINI TA TENNO A FORMANIO A

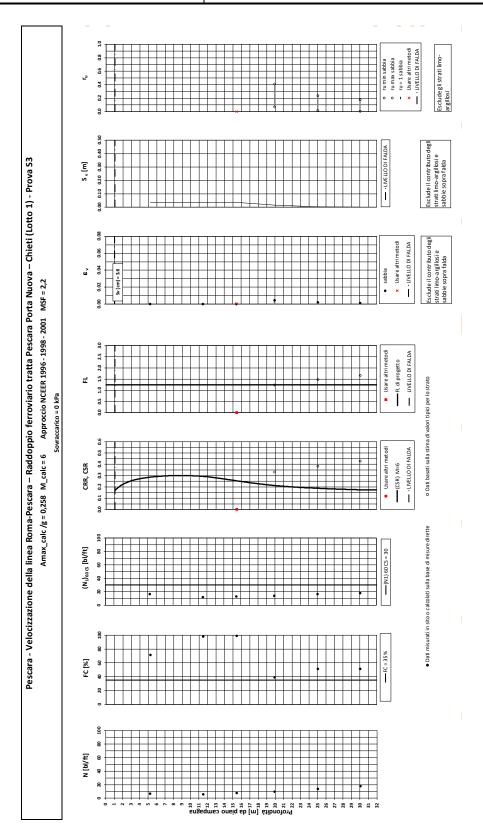
FOGLIO

291 di 309

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IA4S 01 D29 GE GE0006 001 C



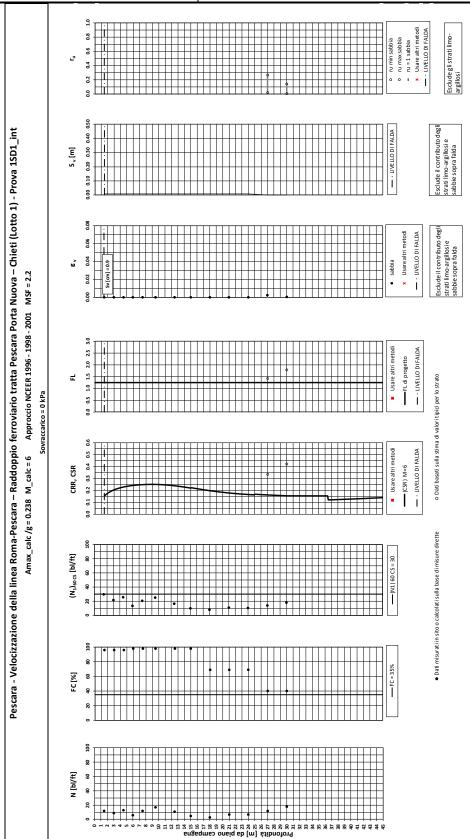


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 292 di 309





PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

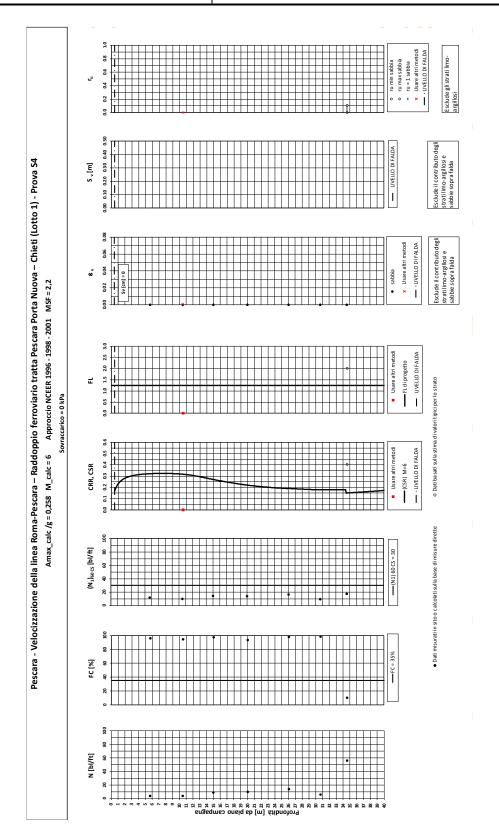
COMMESSA LOTTO IA4S 01 D29

CODIFICA GE

DOCUMENTO GE0006 001

FOGLIO

REV. С 293 di 309



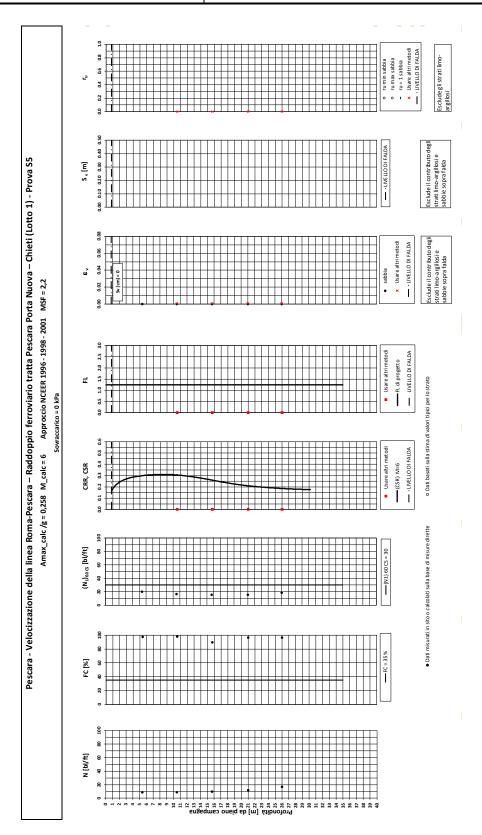


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 294 di 309



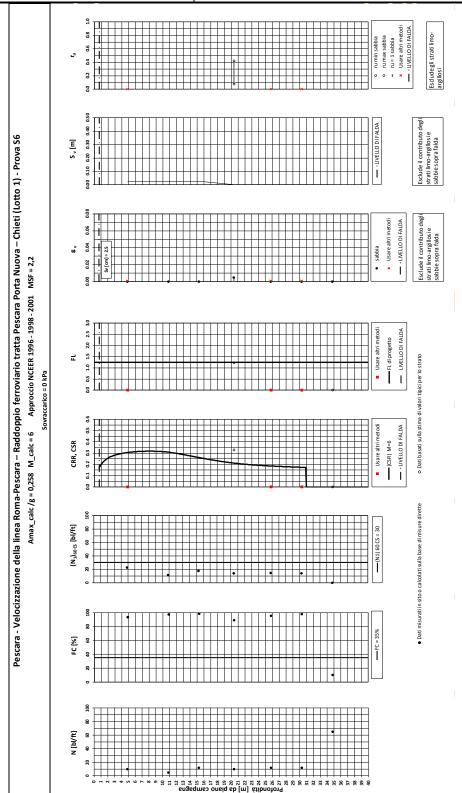


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 295 di 309

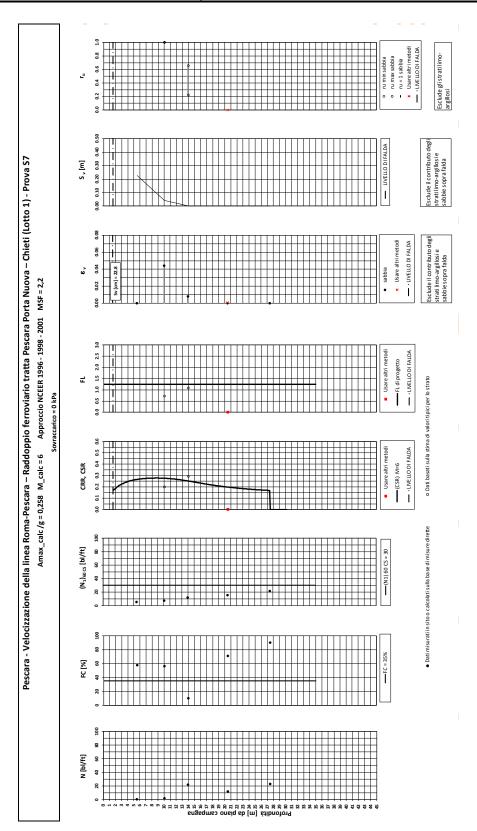




PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA CODIFICA LOTTO DOCUMENTO REV. **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 С 296 di 309



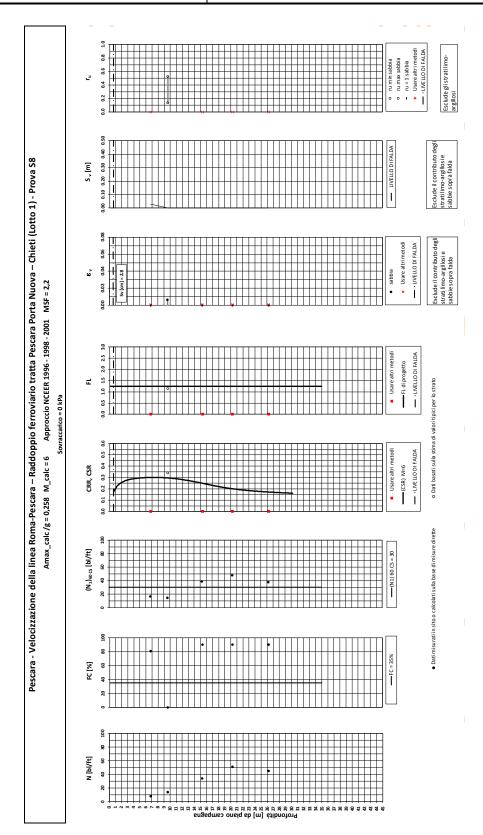


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IA4S
 01 D29
 GE
 GE0006 001
 C
 297 di 309

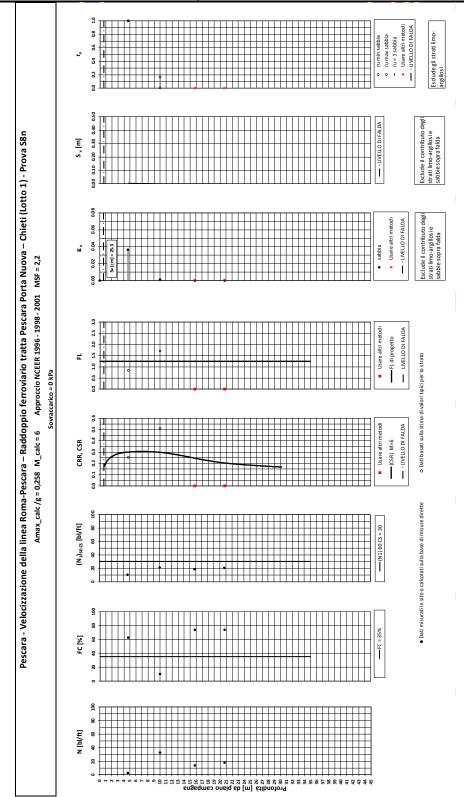




PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 С 298 di 309

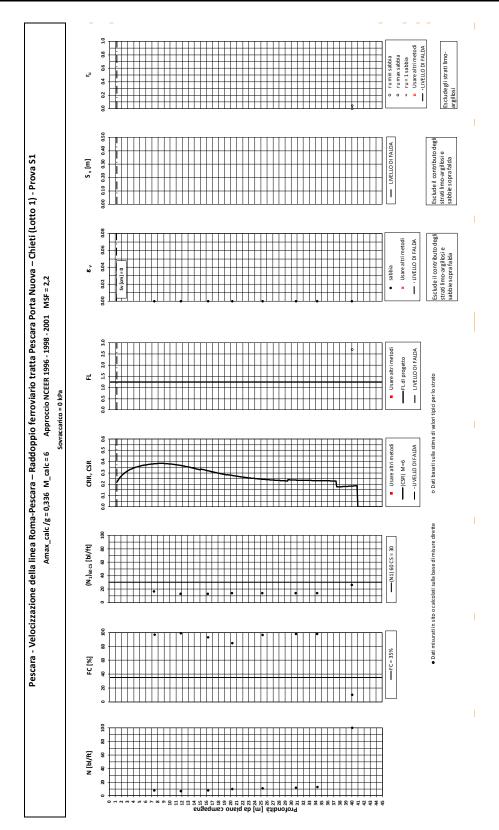




PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA REV. DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 С 299 di 309

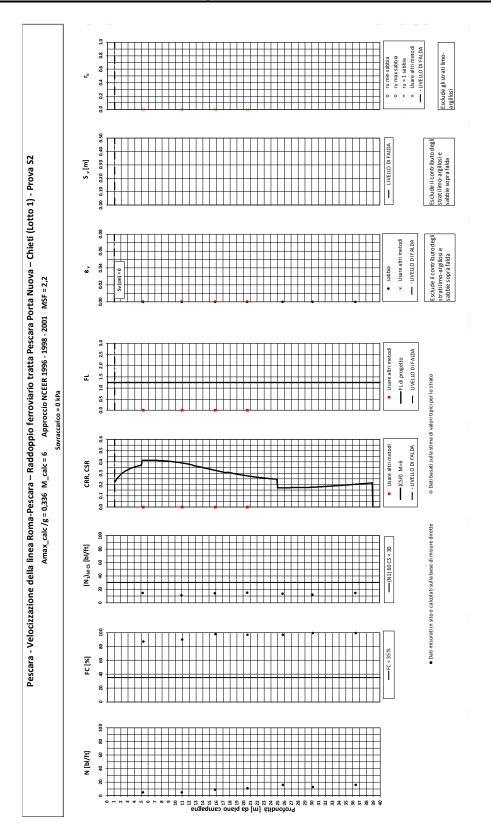




PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA REV. DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 С 300 di 309





VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI. LOTTO 1: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI TATTINI TA TENNO A FORMANIO A

REV.

С

FOGLIO

301 di 309

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO
IA4S 01 D29 GE GE0006 001

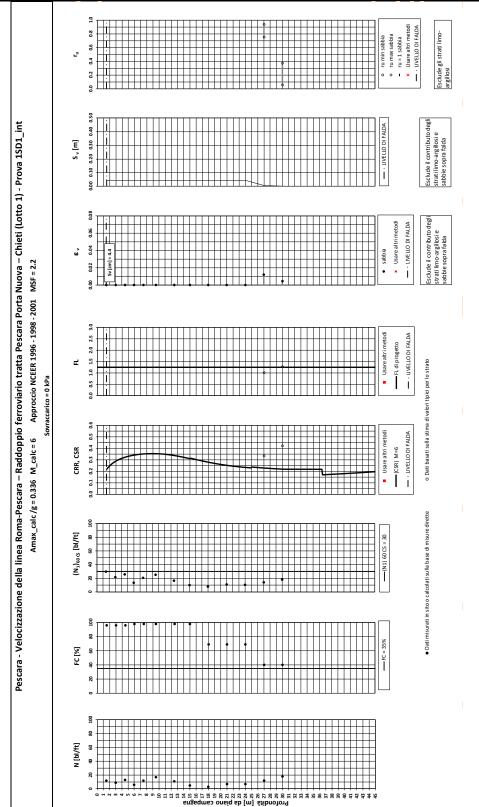
o rumin sabbia
o rumax sabbia
- ru = 1 sabbia
x Usare altri metodi
- uveLLO Di FALDA 0.8 Escludegli strati limo-argillosi 9.0 2 77 Esclude il contributo degli strati limo-argillosi e sabbie sopra falda 0.40 Pescara - Velocizzazione della linea Roma-Pescara – Raddoppio ferroviario tratta Pescara Porta Nuova – Chieti (Lotto 1) - Prova 3 S _v [m] 0.20 0.30 0.10 Esclude il contributo degli strati limo-argillosi e sabbie sopra falda Usare altri metodi - · LIVELLO DI FALDA 0.00 0.02 0.04 0.06 Sv [cm] = 13.4 90.0 sabbia Amax_calc /g = 0,336 M_calc = 6 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2,2 - LIVELLO DI FALDA Usare altri metodi -FL di progetto 0.1 Sovraccarico = 0 kPa Dati basati sulla stima d 0.5 Usare altri metodi — · LIVELLO DI FALDA 0.3 0.4 SR —(CSR) M=6 misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette (N₁)_{60 G} [bl/ft] 8 9 9 --- FC = 35 % FC [%] Profondità [m] de pieno campagna N [bl/ft] 8 9



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA REV. DOCUMENTO **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 С 302 di 309

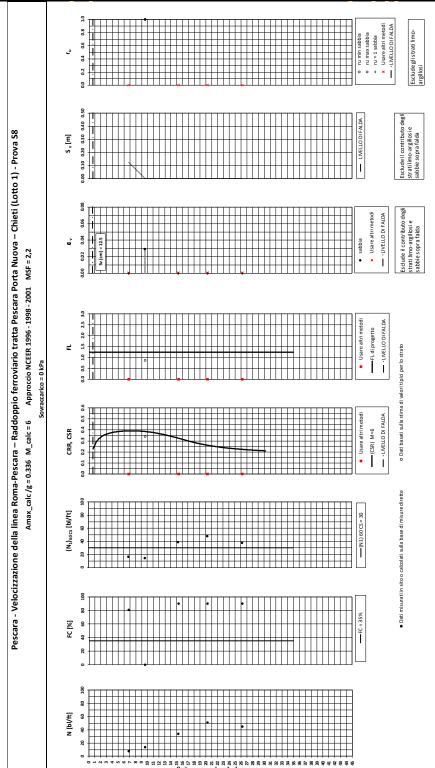




PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

CODIFICA COMMESSA LOTTO DOCUMENTO REV. **FOGLIO** IA4S 01 D29 GE GE0006 001 С 303 di 309





ALLEGATO C

Prove di laboratorio e loro interpretazione



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO IA4S

01 D29

CODIFICA GE

DOCUMENTO GE0006 001

FOGLIO **305 di 309**

																					Compo				TD	nicco	TD r	esiduo	ELL	cnc rock	TX- UU		TX-CI	U		K-CID		
Borehol e	Fald a da p.c.	Camp.	Material e	da	a	Prof.	$\mathbf{g}_{ ext{dry}}$	\mathbf{g}_{n}	G_s	w	e ₀	e (S=1)	Sr	n	LL	LP	IP	IC	s'v0	Ghiai a	Sabbi a		Argill a	PROV	t	sn	t	sn	Cu	sc	Cu	t	s'	C _u (p)	t	s'= 1/2X(s1+s3)-U	f'	c'
[n°]	[m]	[n°]	[-]	[m p.c.]	[m p.c.]	[m p.c.]	[kN/m 3]	[kN/m 3]	[g/cm3	[%]	[-]	[-]	[%	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	[kPa]	[%]	[%]	[%]	[%]	E	[kPa	[kPa]	[kPa]	[kPa	[kPa	[MPa	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[kPa]
S1	1.05	CI1	A,L2	6.8	7.3	7.05	11.86	17.14	2.630	44.5	1.2	1.17	0.9	54.9	64.0	29.0	35.0 0	0.5	70.43	0.61	1.68	36.2	61.5								-				62.00	162.00	20.7	5
S1	1.05	CI1	A,L2	6.8	7.3	7.05	11.80	17.17	2.630	45.4 6	1.2	1.20	0.9 7	55.1 2	64.0 0	29.0 0	35.0 0	0.5	70.43	0.61	1.68	36.2	61.5								-				124.00	324.00	-	-
S1	1.05	CI1	A,L2	6.8	7.3	7.05	11.80	17.17	2.630	45.4 6	1.2	1.20	0.9 7	55.1 2	64.0	29.0 0	35.0 0	0.5	70.43	0.61	1.68	36.2 3	61.5								ı				163.00	463.00	-	-
S1	1.05	CI2	A,L2	14	14.5	14.25	14.02	18.74	2.670	33.6 6	0.9	0.90	0.9 9	47.5 0	34.0 0	22.0	12.0 0	0.0	131.6 3	0.02	7.00	68.8 1	24.2								1						-	-
S1	1.05	CI3	L,A2	23	23.5	23.25	14.83	19.03	2.620	28.3 4	0.7 7	0.74	7	0	44.0 0	23.0	21.0 0	5	208.1	0.02	10.79	54.9 4	34.3								58						-	-
S1	1.05	CI4	L,A1	30	30.5	30.25 0	11.53	16.84	2.570	0	1.2	1.18	6	5	62.0 0	26.0 0	36.0 0	4	267.6 3	0.11	2.38	51.9 7	45.5								-	128	274				25.1	13
S1	1.05	CI4	L,A1	30	30.5	30.25 0	13.63	18.15	2.570	5	0.8 9	0.85	6	46.9 6	62.0 0	26.0	36.0 0	0	267.6 3	0.11	2.38	51.9 7	45.5								-	198	431				-	-
S1	1.05	CI4	L,A1	30	30.5	30.25	13.63	18.15	2.570	5	0.8 9	0.85	6	6	62.0 0	26.0	36.0 0	0	267.6	0.11	2.38	51.9 7	45.5								-	212	481				-	-
S1	1.05	CS5	M	48.3	48.9	48.60	18.73	21.29	2.670	13.6	3	0.37	6	7	37.0	19.0	18.0	0	423.6 0	0.00	1.36	67.9 8	31.0		231	500					443						23	22.5
S1	1.05	CS5	М	48.3	48.9	48.60	18.73	21.29	2.670	13.6 8	3	0.37	6	7	37.0 0	19.0 0	18.0 0	1.3 0	423.6 0	0.00	1.36	67.9 8	31.0		281	600					-						-	-
S1	1.05	CS5	М	48.3	48.9	48.60	18.73	21.29	2.670	13.6 8	0.4	0.37	0.8 6	29.8 7	0	19.0	18.0	1.3	423.6 0	0.00	1.36	67.9 8	31.0		315	700					-						-	-
S1	1.05	SPT1	A,L2	7.30			-	-	-	-	-	-	-	-	64.0	28.0	36.0	-	74.46	1.0	1.85	30.3	66.8								-						-	-
S1	1.05	SPT2	A,L2	0	11.9	11./3	-	-	-	-	-	-	-	-	67.0	0	37.0	-	110.1	0.1	0.83	29.4	69.7								-						-	-
S1	1.05	SPT3	L,A2	0	5	16.22	-	-	-	-	-	-	-	-	36.0	22.0	14.0	-	148.4	0.1	6.98	61.4	31.5								-						-	-
S1	1.05	SPT4	L,A2	0	5	20.22	-	-	-	-	-	-	-	-	31.0	21.0	10.0	-	182.4	0.0	15.36	57.9 2	26.7								-						-	-
S1	1.05	SPT5	L,A2	0	5	25.22	-	-	-	-	-	-	-	-	50.0	0	20.0	-	224.9	0.0	3.57	54.4	41.9								-						-	-
S1	1.05	SPT6	L,A1	0	5	30.72	-	-	-	-	-	-	-	-	46.0	26.0	20.0	-	271.6	0.1	2.21	50.5	47.2								-						-	-
S1	1.05	SPT7	L,A1	0	5	34.22 5	-	-	-	-	-	-	-	_	0	0	29.0	-	301.4 1	0.2	1.80	37.6 4	60.4								-						-	-
S2	1.05	CI1	A,L1	4.30	4.80	4.55	15.10	19.02	2.580	26.0	1	0.67	0.9	9	0	0	34.0	4	49.18		1.63	52.7 2	45.4								-				59.00	159.00	18.5	9
S2	1.05	CI1	A,L1			4.55	14.35	17.46	2.580	21.6	0	0.50	0.7	7	0	0	34.0	7	49.18	0.25	1.63	52.7 2	45.4								-				112.00	312.00	-	-
S2	1.05	CI1	A,L1		<u> </u>	4.55	14.35	17.46	2.580	21.6	0.8		0.7 0			24.0	34.0 0	1.0 7	49.18	0.25	1.63	52.7 2	45.4								-				146.00	446.00	-	-
S2	1.05	CI2	L,A2	11.8 0	12.4	12.10 0	14.77	18.93	2.620	28.2 0	0.7 7	0.74	0.9 5	43.6 4	26.0 0	22.0	4.00	0.5 5	113.3 5	0.00	13.10	76.0 1	10.9		52	100					-						26.5	0.8
S2	1.05	CI2	L,A2	11.8 0	12.4 0	12.10 0	14.37	18.54	2.620	29.0 4	0.8	0.76	0.9	45.1 6	26.0 0	22.0	4.00	0.7 6	113.3 5	0.00	13.10	76.0 1	10.9		99	200					-						-	-
S2	1.05	CI2	L,A2	11.8 0	12.4 0	12.10 0	14.37	18.54	2.620	29.0 4	0.8	0.76	0.9	45.1 6	26.0	22.0	4.00	0.7 6	113.3 5	0.00	13.10	76.0 1	10.9		152	300					-						-	-
S2	1.05	CI3	L,A2	21.6	22.2	21.90	13.41	16.78	2.600	25.1	0.9	0.05	0	4	0	25.0	20.0	0.9	196.6 5	0.25	5.08	67.0 7	27.6								61						-	-
S2	1.05	CI4	L,A1	27.4 0	28.0 0	27.70	11.50	16.67	2.610	44.9	1.2 7	1.17	0.9	55.9 2	64.0	35.0 0	29.0 0	0.6 6	245.9	1.73	3.98	53.4	40.9								67						-	-



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
1A4S 01 D29 GE GE0006 001 C 306 di 309

									1	1						Τ		300 til			Compo									cnc	TX-							
	Fald									+						-					granulo	metrica	l 		TD_	picco	TD_r	esiduo 	ELL	rock	UU		TX-CI	<u>U</u>	T	X-CID		
Borehol e	a da p.c.	Camp.	Material e	da	a	Prof.	g _{dry}	g _n	G_s	w	e ₀	e (S=1)	Sr	n	LL	LP	IP	IC	s' _{v0}	Ghiai a	Sabbi a	Lim o	Argill a	PROV	t	sn	t	sn	Cu	sc	Cu	t	s'	C _u (p)	t =1/2X(s 1-s3)	s'= 1/2X(s1+s3)-U	f	c'
[n°]	[m]	[n°]	[-]	[m p.c.]	[m p.c.]	[m p.c.]	[kN/m 3]	[kN/m 3]	[g/cm3	[%]	[-]	[-]	[%	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	[kPa]	[%]	[%]	[%]	[%]	E	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa	[kPa	[MPa	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[kPa]
S2_SPT	1.05	SPT1	A,L2	4.80	5.25	5.03	-	-	-	-	-	-	-	-	40.0	23.0	17.0 0	-	53.21	5.1	9.73	43.6	41.5								-						-	-
S2_SPT	1.05	SPT2	A,L2	10.5	10.9	10.73	-	-	-	-	-	-	-	-	40.0	24.0	16.0	-	101.6 6	0.1	13.24	47.1	39.5								-						-	-
S2_SPT	1.05	SPT3	L,A2	U	-	15.62	-	-	-	-	-	-	-	-	39.0	24.0	15.0	-	143.3	0.0	5.02	64.0	30.9								-						-	-
S2_SPT	1.05	SPT4	L,A2		20.5		-	-	-	-	-	-	-	-	38.0	23.0	15.0	-	183.2	0.1	5.43	64.4	30.0								-						-	-
S2_SPT	1.05	SPT6	L,A1	U	30.1	29.92	-	-	-	-	-	-	-	-	52.0	28.0	24.0	-	264.8	0.1	0.62	48.5	50.7								-						-	-
S3	1.05	CI1	A,L1	4.3	4.8	4.55	14.74	18.91	2.630	28.3	0.7	0.74	0.9	43.9	50.0	27.0	23.0	0.9	49.18	3.68	12.92	46.6	36.8		31	50					-						26.6	8
S3	1.05	CI1	A,L1	4.3	4.8	4.55	12.56	17.46	2.610		1.0	1.02	0.9	51.8	50.0	27.0	23.0	0.4	49.18	3.68	12.92	46.6	36.8		60	100					-						-	-
S3	1.05	CI1	A,L1	4.3	4.8	4.55	12.56	17.46	2.610	38.9	1.0	1.02	0.9	51.8	50.0	27.0	23.0	0.4	49.18	3.68	12.92	46.6	36.8		106	200					-						-	-
S3	1.05	CI2	A,L2	10.5	11.0	10.75	14.42	18.53	2.55	28.5	0.7	0.73	0.9	43.4	65.0	28.0	37.0 0	0.9	101.8	0.00	0.47	39.6	59.9		71	100					-						21.1	26.5
S3	1.05	CI2	A,L2	10.5	11.0	10.75	11.27	16.19	2.55	-	1.2	1.11	0.8	55.8	65.0	28.0	37.0 0	0.5	101.8	0.00	0.47	39.6 8	59.9		97	200					-						-	-
S3	1.05	CI2	A,L2	10.5	11.0	10.75	11.27	16.19	2.55	43.6	1.2	1.11	-	55.8 2	65.0	-	37.0 0	0.5	101.8	0.00	0.47	39.6 8	59.9		148	300					-						-	-
S3	1.05	CI3	L,A2	21.0	21.6	21.30 0	10.20	15.56	2.56	52.6 0	1.5	1.35		60.1	51.0 0	28.0	23.0	0.0	191.5 5	0.24	2.77	52.4	44.6								61						-	-
S3	1.05	CI4	L,A1	29.0	29.6	29.30	12.25	16.73	2.61	36.6	1.1	0.96	0.8	53.0	54.0	27.0	27.0	0.6	259.5	0.00	0.96	51.2	47.8		164	400					-						22.5	11.8
S3	1.05	CI4	L,A1	-	V	29.30	13.42	18.05	2.61	34.5		0.90	0.9	48.5		27.0	27.0	0.7	259.5	0.00	0.96	51.2	47.8		232	500					-						-	-
S3	1.05	CI4	L,A1	29.0	29.6	29.30	13.42	18.05	2.61	34.5	0.9	0.90	0.9	48.5	54.0	27.0	27.0	0.7	259.5 5	0.00	0.96	51.2	47.8		247	600					-						-	-
S3	1.05	SPT1	A,L2	4.80	5.25		-	-	-	-	-	-	-	-	48.0	26.0	22.0	-	53.21	11.4	17.17	34.1	37.3								-						-	-
S3	1.05	SPT2	A,L2	11.0 5	11.5	11.28	-	-	-	-	-	-	-	-	43.0 0	-		-	106.3 4	0.3	1.85	68.6	29.2								-						-	-
S3	1.05	SPT3	L,A2	_		15.22	-	-	-	-	-	-	-	-	44.0 0	25.0		-	139.9	0.0	1.21	59.7 2	39.1								-						-	-
S3	1.05	SPT4	L,A2			19.72 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	178.1 6	0.8	60.03	25.6 8	13.5								-						-	-
S3	1.05	SPT5	L,A1	24.6 0	25.0 5	24.82	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0 0	19.0 0	3.00	-	221.5 1	0.3	48.53	28.2	22.9								-						-	-
S4	0.48	CI1	A,L2	6.80	7.30	7.05	13.68	18.00	2.520	31.6	0.8 4	0.80	0.9 5	45.7 2	59.0 0	28.0	31.0	0.8 8	64.73	0.03	1.16	45.7 2	53.1		49	100					-						20.7	6.5
S4	0.48	CI1	A,L2	6.80	7.30	7.05	13.40	17.85	2.530	33.2 9	0.8 9	0.84	0.9 5	47.0 6	59.0 0	28.0			64.73	0.03	1.16	45.7 2	53.1		78	200					-						-	-
S4	0.48	CI1	A,L2	6.80	7.30	7.05	13.40	17.85	2.530	33.2 9	0.8 9	0.84	0.9 5	47.0 6	59.0 0	28.0 0	31.0 0	0.8	64.73	0.03	1.16	45.7 2	53.1		124	300					-						-	-
S4	0.48	CI2	L,A2	16.2 0	16.7 0	16.45 0	15.00	18.97	2.620		0.7 5	0.69		42.7 6			2.00	-	144.6 3	0.00	13.55	66.1 6	20.3								-						-	-
S4	0.48	CI3	L,A2	25.0 0	25.6	25.30 0	12.72	17.53	2.55	37.8 0	1.0	0.96	0.9 6	50.1	58.0 0	31.0			219.8 5	0.30	1.05	51.6	47.0								64						-	-
S4	0.48	CS4	L,A1	-		32.75	14.28	18.54	2.61		0.8			45.3	52.0	25.0	27.0		283.1	0.00	0.26	57.3	42.4		190	400					-						2.33E+0 1	6.80E+0 0
S4	0.48	CS4	L,A1			32.75 0	14.28	18.54	2.61	29.8		0.78		45.3 0	52.0	25.0		0.8		0.00	0.26	57.3	42.4		211	500					-						-	-
S4	0.48	CS4	L,A1	32.5	33.0	32.75 0	14.28	18.54	2.61		0.8	0.78	0.9	45.3 0	52.0	25.0	27.0	0.8	283.1 8	0.00	0.26	57.3 0	42.4		276	600					-						-	-



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
1A4S 01 D29 GE GE0006 001 C 307 di 309

																		307 ui 3			Compo				TD		TD		ELI	cnc	TX-		TV OI	**	(D)	Z CID		
	Fald											e									granulo				TD_i	picco	TD_r	esiduo	ELL	rock	UU		TX-CI	<u>U</u>	t	K-CID s'=		
Borehol e	a da p.c.	Camp.	Material e	da	a	Prof.	$\mathbf{g}_{ ext{dry}}$	\mathbf{g}_{n}	G_s	w	e ₀	(S=1	S _r	n	LL	LP	IP	IC	s'v0	Ghiai a	Sabbi a	Lim o	Argill a	PROV	t	sn	t	sn	Cu	sc	Cu	t	s'	C _u (p)	=1/2X(s 1-s3)	1/2X(s1+s3)-U	f'	c'
[n °]	[m]	[n°]	[-]	[m p.c.]	[m p.c.]	[m p.c.]	[kN/m 3]	[kN/m 3]	[g/cm3	[%]	[-]	[-]	[%	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	[kPa]	[%]	[%]	[%]	[%]	E	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[kPa]
S4	0.48	SPT1	A,L2		5.85	5.63	-	-	-	-	-	-	-	-	79.0 0	0	42.0 0	-	52.61	1.1	2.88	36.9 1	59.1								-						_	-
S4	0.48	SPT2	A,L2	0	10.6 5	10.43	-	-	-	-	-	-	-	-	41.0 0	22.0 0	19.0 0	-	93.41	0.0	5.74	52.7 3	41.5								-						_	-
S4	0.48	SPT3	L,A2	14.7 0	15.1 5	14.92 5	-	-	-	-	-	-	-	-	52.0 0	30.0	22.0	-	131.6 6	0.0	2.62	54.9 5	42.4								-						-	-
S4	0.48	SPT4	L,A2	19.7 0	20.1	19.92 5	-	-	-	-	1	-	-	-	60.0	36.0 0	24.0	-	174.1 6	0.6	5.99	51.5 6	41.8								-						-	-
S4	0.48	SPT5	L,A1	25.6 0	26.0	25.82 5	-	-	-	-	-	-	-	-	60.0	36.0 0	24.0	-	224.3	0.3	1.95	52.4 4	45.4								-							-
S4	0.48	SPT6	L,A1	30.4 0	30.8 5	30.62 5	-	-	-	-	-	-	-	-	55.0 0	29.0 0	26.0 0	-	265.1 1	0.2	1.40	51.5 3	46.9								-						-	-
S5	0.84	CI1	A,L2	4.6	5.1	4.85	13.74	18.39	2.71	33.8 0	0.9 7	0.92	0.9 4	49.2 8	65.0 0	27.0 0	38.0 0	0.8	49.63	0.01	0.58	40.9 6	58.4								-				76.00	176.00	24.7	3
S5	0.84	CI1	A,L2	4.6	5.1	4.85	13.98	18.64	2.71	33.3 7	0.9 4	0.90	0.9 6	48.4	65.0 0	27.0 0	38.0 0	0.8	49.63	0.01	0.58	40.9 6	58.4								-				166.00	366.00	-	-
S5	0.84	CI1	A,L2	4.6	5.1	4.85	13.98	18.64	2.71	33.3 7	0.9 4	0.90	0.9 6	48.4	65.0 0	27.0 0	38.0 0	0.8	49.63	0.01	0.58	40.9 6	58.4								-				202.00	502.00	-	-
S5	0.84	CI3	L,A1	18.6 0	19.2 0	18.90 0	11.88	17.07	2.750	43.7 0	1.3	1.20	0.9 1	56.8 1	43.0 0	24.0 0	19.0 0	0.0 4	169.0 5	0.11	3.57	66.1 2	30.2								61						-	-
S5	0.84	CI2	L,A2	11.7	12.3	12.00	14.26	18.67	2.680	30.9	0.8	0.83	0.9	46.7 8	51.0	24.0	27.0	0.7	110.4	0.06	4.08	53.6	42.2		42	100					-						24.8	1.5
S5	0.84	CI2	L,A2	11.7	12.3	12.00	14.39	18.84	2.680	30.8	0.8	0.83	0.9	46.2	51.0	24.0	27.0 0	0.7	110.4	0.06	4.08	53.6	42.2		100	200					-						-	-
S5	0.84	CI2	L,A2	11.7 0	12.3	12.00	14.39	18.84	2.680	30.8	0.8 6	0.83	0.9 6	46.2 9	51.0	24.0	27.0 0	0.7 5	110.4	0.06	4.08	53.6 7	42.2		134	300					-						-	-
S5	0.84	SPT1	A,L2	5.10	5.55	5.33	-	-	-	-	-	-	-	-	62.0	33.0	29.0	-	53.66	0.1	2.46	50.9 5	46.5								-						-	-
S5	0.84	SPT2	A,L2	10.2 0	10.6 5	10.43	-	-	-	-	-	-	-	-	35.0 0	21.0	14.0	-	97.01	0.1	1.78	63.9 1	34.2								-						-	-
S5	0.84	SPT3	L,A2	15.4 0	15.8 5	15.62 5	-	-	-	-	-	1	-	-	31.0	21.0	10.0	-	141.2	0.1	10.49	63.6 5	25.8								-						-	-
S5	0.84	SPT4	L,A2	20.7	21.1	20.92	-	-	-	-	-	-	-	-	41.0	27.0	14.0	-	186.2 6	0.0	3.70	60.7	35.6								-						-	-
S6	0.7	CI1	A,L1	5.80	6.30	6.05	14.54	18.69	2.590	28.5	0.7 8	0.74	0.9 5	43.8 4	58.0 0	28.0 0	30.0	0.9 8	58.43	0.08	3.49	42.1	54.3		57	100					-						19.2	25.4
S6	0.7	CI1	A,L1	5.80	6.30	6.05	14.92	18.93	2.590	26.9 1		0.70	0.9	42.4 0	58.0 0	28.0	30.0	1.0	58.43	0.08	3.49	42.1	54.3		98	200					-						-	-
S6	0.7	CI1	A,L1			6.05		18.93	2.590	26.9 1	0.7 4	0.70	0.9 5	42.4 0	58.0 0	28.0 0	30.0 0	1.0 4	58.43	0.08	3.49	42.1	54.3		127	300					-						-	-
S6	0.7	CI2	A,L2	12.0	12.6 0	12.30	10.99	16.49	2.580	50.0	1.3	1.29	0.9 6	57.3 9	59.0 0	32.0 0	27.0	0.3	111.5 5	0.04	1.71	55.9 9	42.3		41	100					-						20.1	6.6
S6	0.7	CI2	A,L2	12.0	12.6 0	12.30	10.24	16.09	2.580	57.1 6	1.5 2	1.47	0.9 7	60.3	59.0 0	32.0	27.0 0	0.0 7	111.5 5	0.04	1.71	55.9 9	42.3		82	200					-						-	-
S6	0.7	CI2	A,L2		12.6 0			16.09	2.580	57.1 6		1.47	0.9 7	60.3	59.0 0	32.0	27.0	0.0 7	111.5	0.04	1.71	55.9 9	42.3		114	300					-						-	-
S6	0.7	CI3	L,A2	0	0	19.80 0	13.98	18.45	2.650	32.0 0	0	0.85	0.9	47.2 6	41.0 0	24.0	17.0 0	0.5	175.3 0	0.03	3.41	67.5 2	29.0		134	250					84						2.80E+0 1	9.10E+0 0
S6	0.7	CI3	L,A2	19.5 0		19.80 0	14.58	18.84	2.650	29.1 9		0.77	0.9	44.9 8	41.0 0	24.0	17.0 0	0.6 9	175.3 0	0.03	3.41	67.5 2	29.0		229	400					-						-	-
S6	0.7	CI3	L,A2	19.5 0		19.80	14.58	18.84	2.650	29.1 9	0.8	0.77	0.9	44.9 8	41.0 0	24.0	17.0 0	0.6 9	175.3 0	0.03	3.41	67.5 2	29.0		294	550					-						-	-
S6	0.7	CI4	L,A2			27.30 0	16.25	19.97	2.680	22.9		0.61	0.9	39.3 7	42.0 0	23.0	19.0	1.0 1	239.0	0.00	34.07	57.7 9	8.1								-	185	369				28.1	12
S6	0.7	CI4	L,A2			27.30	16.32	20.01	2.680	22.6		0.61	0.9	39.1 1	42.0 0	23.0	19.0 0	1.0	239.0	0.00	34.07	57.7 9	8.1								-	240	500				-	-
S6	0.7	CI4	L,A2	27.0 0	27.6 0	27.30 0	16.32	20.01	2.680	22.6 4	0.6 4	0.61	0.9 4	39.1	42.0 0	23.0	19.0 0	1.0	239.0	0.00	34.07	57.7 9	8.1								_	278	553				-	



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
1A4S 01 D29 GE GE0006 001 C 308 di 309

														GLUUU				300 ui			Compo	sizione			TD	picco	TD r	osidno	ELL	cnc rock	TX- UU		TX-CI	r T	T	X-CID		
Borehol e	Fald a da p.c.	Camp.	Material e	da	a	Prof.	g _{dry}	$\mathbf{g}_{\mathbf{n}}$	Gs	w	e ₀	e (S=1)	Sr	n	LL	LP	IP	IC	s'v0	Ghiai a	Sabbi a	Lim	Argill a	PROV	t	sn	t	sn	Cu	sc	Cu	t	s'	C _u (p)	t	s'=	f'	c'
[n°]	[m]	[n°]	[-]	[m p.c.]	[m p.c.]	[m p.c.]	[kN/m 3]	[kN/m 3]	[g/cm3	[%]	[-]	[-]	[%	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	[kPa]	[%]	[%]	[%]	[%]	E	[kPa	[kPa	[kPa	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[kPa	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[kPa]
S6	0.7	SPT1	A,L1	4.60	5.05	4.83	-	-	-	-	-	-	-	-	35.0 0	20.0	15.0	-	48.01	0.0	6.53	65.8	27.6								-						-	-
S6	0.7	SPT2	A,L2	10.6 0	11.0 5	10.83	-	-	-	-	-	-	-	-	56.0 0	31.0 0	25.0 0	-	99.01	0.8	1.79	57.5 8	39.9								-						-	-
S6	0.7	SPT3	A,L2	15.0 0	15.4 5	15.23	-	-	-	-	-	-	-	,	53.0 0	28.0 0	25.0 0	-	136.4 1	0.2	1.20	58.6 2	40.0								-						-	-
S6	0.7	SPT4	A,L2	0	20.5	20.33	-	-	-	-	-	1	-	1	29.0 0	24.0 0	5.00	-	179.7 6	0.0	10.82	69.0 0	20.2								-						-	-
S6	0.7	SPT5	L,A2	0	5	25.72 5	-	-	-	-	-	-	-	-	40.0 0	21.0 0	19.0 0	-	225.6 6	0.0	4.58	67.9 1	27.5								-						-	-
S6	0.7	SPT6	L,A1	30.0 0	30.4 5	30.22 5	-	-	-	-	-	-	-	-	41.0 0	25.0 0	16.0 0	-	263.9 1	0.0	1.87	68.5 1	29.6								-						-	-
S7	1.55	CI1	L(S)	4.50	5.10	4.80	14.49	18.75	2.660	29.4 0	0.8 4	0.78	0.9 4	45.5 3	42.0 0	19.0 0	23.0	0.5 5	56.30	0.07	38.96	40.3	20.6		42	50					-						29.1	9.6
S7	1.55	CI1	L(S)	4.50	5.10	4.80	14.95	19.13	2.660	27.9 6	0.7 8	0.74	0.9 5	43.8 0	-	-	-	-	56.30	0.07	38.96	40.3	20.6		60	100					-						-	-
S7	1.55	CI1	L(S)	4.50	5.10	4.80	14.95	19.13	2.660	27.9 6	8	0.74	5	43.8 0	-	-	-	-	56.30	0.07	38.96	40.3	20.6		126	200					-						-	-
S7	1.55	CI2	L(S)			9.30	15.89	19.52	2.680	22.8 9	0.6 9	0.61	9	3	23.0 0	20.0	3.00	0.0 4	94.55	0.00	41.46	44.7 4	13.8								-						-	-
S7	1.55	CI3	L,A2	0	5	19.77 5	15.00	19.03	2.700	26.8 4	0.8	0.72	1	3	36.0 0	20.0	16.0 0	0.5 7	183.5 9	0.09	4.91	66.4 0	28.6								131						-	-
S7	1.55	CI4	L,A1	0	0	25.20 0	14.28	18.560	2.67	30.0	7	0.80	2	3	50.0 0	23.0 0	27.0 0	0.7 4	229.7 0	0.01	1.07	49.9 7	49.0		147	300					-						2.24E+0 1	1.34E+0 1
S7	1.55	CI4	L,A1	0	0	25.20 0	14.33	18.541	2.67	29.4 0	6	0.78	1	4	50.0 0	23.0 0	27.0 0	0.7 6	229.7 0	0.01	1.07	49.9 7	49.0		188	450					-						-	-
S7	1.55	CI4	L,A1	25.0 0	25.4 0	25.20 0	14.33	18.541	2.67	29.4 0	0.8 6	0.78	0.9	46.3 4	50.0 0	23.0 0	27.0 0	0.7 6	229.7 0	0.01	1.07	49.9 7	49.0		271	600					-						-	-
S7	1.55	SPT1	L(s)	5.10	5.55	5.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	60.76	0.1	42.04	43.7 6	14.1								-						-	-
S7	1.55	SPT2	L(S)	9.60	10.0	9.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.01	0.1	43.91	41.0 7	15.0								-						-	-
S7	1.55	SPT4	L,A2	20.0	20.5	20.27 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	187.8 4	0.0	29.25	50.8 6	19.9								-						-	-
S8	0.65	CI1	L,A2	4.50	5.05	4.775	15.57	19.540	2.69	25.5 0	3	0.69	0.9 4	2	30.0 0	20.0	10.0	0.4 5	47.09	0.02	14.05	58.7 5	27.2								-				47.00	97.00	28.1	1
S8	0.65	CI1	L,A2	4.50	5.05	4.775	15.39	19.522	2.69	26.8 1	5	0.72	6	7	30.0	20.0	10.0	0.3	47.09	0.02	14.05	58.7 5	27.2								-				104.00	204.00	-	-
S8	0.65	CI1	L,A2			4.775	15.39	19.522	2.69	26.8 1	5	0.72	6	7	30.0 0	20.0	10.0 0	0.3	47.09	0.02	14.05	58.7 5	27.2								-				168.00	368.00	-	-
S8	0.65	CI2	M	0	U	16.80	17.00	20.130	2.69	18.3 9		0.49	5	9	35.0 0	20.0	15.0 0	1.1 1	149.3 0	0.00	3.12	60.2 5	36.6		153	200					-						28.5	27.1
S8	0.65	CI2	M	0	17.1 0	16.80	17.65	20.895	2.69	18.3 9	2	0.49	4	9	35.0 0	20.0	15.0 0	1.1	149.3 0	0.00	3.12	60.2 5	36.6		200	350					-						-	-
S8	0.65	CI2	М	0	17.1 0	16.80	17.65	20.895	2.69	18.3 9	2	0.49	0.9 4		35.0 0	20.0	15.0 0	1.1 1	149.3 0	0.00	3.12	60.2 5	36.6		316	500					-						-	-
S8	0.65	CI3	M	0	22.1 0	21.85	17.02	20.405	2.67	19.8 8	7	0.53	3	36.2 5	-	-	-	-	192.2 3	0.00	23.30	52.4 7	24.2								449						-	-
S8	0.65	CI4	М	0	25.9 5	25.68	16.54	20.012	2.73	21.0	5	0.57	0.8 8	2	0	0	17.0 0	0.9	224.7 4	0.01	7.19	65.5 5	27.3								-	282	600				26.6	15
S8	0.65	CI4	M	0	25.9 5	25.68	16.54	20.012	2.73	21.0 0	5	0.57	0.8 8				0	4	224.7 4	0.01	7.19	65.5 5	27.3								-	379	810				-	-
S8	0.65	CI4	M	25.4 0	25.9 5	25.68	16.54	20.012	2.73	21.0	0.6 5	0.57	0.8 8	39.4	37.0 0	20.0	17.0 0	0.9 4	224.7 4	0.01	7.19	65.5 5	27.3								-	432	941				-	-
S8	0.65	SPT1	L,A2	6.50	6.95	6.725	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63.66	0.1	19.07	59.8 4	21.0								-						-	-
S8	0.65	SPT2	G,S	 	+	9.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87.46	-		0.00	0.0		_	-					-						-	-
S8_n	1.7	CI1	A,L1	3.00	3.50	3.25	14.76	18.74	2.660	26.9	0.8	0.72	0.8	44.5	36.0	21.0	15.0	0.6	44.63	1.8	6.53	65.3	26.4								-				54.00	95.00	26.3	13



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

1A4S 01 D29 GE GE0006 001 C 309 di 309

| | | | | | | | IA4S

 | 01 | 1 D29 | G | iE | | 3E0006 | 001 | C | | 309 di . | 309 | |
 | | | | | | |
 | | |
 | | | | | | |
 |
|-------------------------|------------------|--|---|--|---|---
--
--
--
--|---|---|---|----------------|-----------|--------|-----------|-----------|----------|------------|------------|--|-----------|--------|--
--|--|--|---
--|---
--|-----------|----------
---|---|--|---|--|
| | | | | | | |

 | | | | | | | | | | | | |
 | | | | TD | nicco | TD r | ociduo
 | EII | cnc | TX-
 | | TV-CI | TI | T | V-CID | |
 |
| Fald
a
da
p.c. | Camp. | Material
e | da | a | Prof. | $\mathbf{g}_{	ext{dry}}$ | $\mathbf{g}_{\mathbf{n}}$

 | Gs | w | e ₀ | e
(S=1
) | S _r | n | LL | LP | IP | IC | s'v0 | Ghiai
a | ľ
 | | | PROV | t | sn | t t | sn
 | Cu | sc | C _u
 | t | | | t | s'= | f' | c'
 |
| [m] | [n°] | [-] | [m
p.c.] | [m
p.c.] | [m
p.c.] | [kN/m
3] | [kN/m
3]

 | [g/cm3 | [%] | [-] | [-] | [% | [%] | [%] | [%] | [-] | [-] | [kPa] | [%] | [%]
 | [%] | [%] | E | | [kPa | [kPa | [kPa
]
 | [kPa | [MPa | [kPa
]
 | [kPa
] | [kPa | [kPa] | [kPa] | [kPa] | [°] | [kPa]
 |
| | | | | | | |

 | | 5 | 0 | | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
 | 0 | | | | | |
 | | |
 | | | | | | |
 |
| 1.7 | CI1 | A,L1 | 3.00 | 3.50 | 3.25 | 14.76 | 18.74

 | 2.660 | 26.9
5 | 0.8 | 0.72 | 0.8 | 44.5
1 | 36.0 | 21.0 | 15.0 | | 44.63 | 1.8 | 6.53
 | 65.3 | 26.4 | | | | |
 | | | -
 | | | | 113.00 | 228.00 | - | -
 |
| 1.7 | CI1 | A,L1 | 3.00 | 3.50 | 3.25 | 14.76 | 18.74

 | 2.660 | | | 0.72 | | 44.5 | | 21.0 | | 0.6 | 44.63 | 1.8 | 6.53
 | 65.3 | 26.4 | | | | |
 | | | -
 | | | | 150.00 | 312.00 | - | -
 |
| 1.7 | CR1BIS | L(S) | 5.60 | 6.00 | 5.800 | - | -

 | - | - | - | - | - | - | 20.0 | 18.0 | 2.00 | - | 66.30 | 1.0 | 53.74
 | 32.1 | 13.1 | | | | |
 | | | -
 | | | | | | - | -
 |
| 1.7 | CR1TE | L(S) | 8.00 | 8.50 | 8.25 | 14.79 | 18.93

 | 2.680 | 28.0 | 0.8 | 0.75 | | 44.8 | - | - | - | - | 87.13 | 0.0 | 43.22
 | 41.4 | 15.3 | | 76 | 100 | |
 | | | -
 | | | | | | 34.7 | 6.1
 |
| 1.7 | CR1TE | L(S) | 8.00 | 8.50 | 8.25 | 14.79 | 18.93

 | 2.680 | 28.0 | 0.8 | 0.75 | 0.9 | 44.8 | _ | _ | _ | _ | 87.13 | 0.0 | 43.22
 | 41.4 | 15.3 | | 144 | 200 | |
 | | | -
 | | <u> </u> | | | | - | -
 |
| 1.7 | CR1TE | | | - | - | |

 | 1 | | 0.8 | | 0.9 | 44.8 | _ | _ | _ | _ | | 1 | <u> </u>
 | 41.4 | | | 1 | | |
 | | | _
 | | \vdash | | | | _ | -
 |
| | CR1QU | | | | | | _

 | | 0 | 1 | _ | | 1 | | | _ | | 133.8 | | -
 | 34.5 | | | 1 | | |
 | | | _
 | | \vdash | | | | _ |
 |
| | A CI2 | | | 21.3 | 21.05 | 14.50 | 19.74

 | 2,660 | 29.2 | 0.8 | 0.79 | | 45.4 | | 20.0 | 12.0 | 0.2 | 8
195.9 | |
 | 53.1 | | | | | |
 | | |
 | | + | | | | | -
 |
| | | | 5 | | 0 | 14.50 | 10.74

 | 2.000 | 3 | 3 | 0.76 | | 9 | | 0 | 0 | 3 | 3 | |
 | 7 | | | | | |
 | | | -
 | | \vdash | | | | | -
 |
| | | | | | | - | -

 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | -
 | 5 | | | | | |
 | | | -
 | | — | | | | - | -
 |
| | | | 5 | 0 | 5 | - | -

 | - | 23.8 | - 0.6 | - | - 0.9 | - 40.8 | 47.0 | 23.0 | 24.0 | - 0.9 | 9 | | <u> </u>
 | 7 | 1 | | | | |
 | | | -
 | | — | | | | - | -
 |
| 1.47 | CI1 | A,L1 | 2.50 | 3.00 | 2.750 | 15.61 | 19.33

 | 2.64 | 0 | 9 | 0.63 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 7 | 38.08 | 0.1 | 3.57
 | 3 | 35.3 | | 44 | 100 | |
 | | | -
 | | — | | | | 23.3 | 1.6
 |
| 1.47 | CI1 | A,L1 | 2.50 | 3.00 | 2.750 | 15.61 | 19.33

 | 2.64 | 0 | 9 | 0.63 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 7 | 38.08 | 0.1 | 3.57
 | 3 | 35.3 | | 89 | 200 | |
 | | | -
 | | <u> </u> | | | | - | -
 |
| 1.47 | CI1 | A,L1 | | | | 15.61 | 19.33

 | 2.64 | 0 | 9 | 0.63 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 7 | | 0.1 | 3.57
 | 3 | 35.3 | | 130 | 300 | |
 | | | -
 | | \perp | | | | - | -
 |
| 1.47 | CI3 | A,L2 | 0 | 0 | 0 | 14.39 | 18.74

 | 2.64 | 30.2 | 0.8 | 0.80 | 6 | 45.4
9 | 48.0 | 24.0 | 24.0 | 0.7
4 | 3 | 0.0 | 1.44
 | 4 | 35.6 | | | | |
 | | | -
 | | | | | | - | -
 |
| 1.47 | CI4 | L,A2 | 17.5
0 | 18.0 | 17.75
0 | - | -

 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 165.5
8 | 0.3 | 30.92
 | 59.7
8 | 9.0 | | | | |
 | | | -
 | | | | | | - | -
 |
| 1.47 | CI6 | M | 48.0
0 | 48.6
0 | 48.30
0 | 17.60 | 20.70

 | 2.62 | 17.6
0 | 0.4
9 | 0.46 | 0.9 | 32.8 | 34.0 | 19.0
0 | 15.0
0 | 1.0
9 | 425.2
5 | 0.0 | 5.41
 | 66.6 | 28.0 | | | | |
 | | | -
 | 319 | 552 | 107.0
0 | | | 29.30 | 56.00
 |
| 1.47 | CI6 | М | 48.0 | 48.6 | 48.30 | 17.60 | 20.70

 | 2.62 | 17.6 | 0.4 | 0.46 | 0.9 | 32.8 | 34.0 | 19.0 | | 1.0 | 425.2 | 0.0 | 5.41
 | 66.6 | 28.0 | | | | |
 | | | -
 | 517 | 921 | | | | - | -
 |
| 1.47 | CI6 | M | | 48.6 | 48.30
0 | 17.60 | 20.70

 | 2.62 | 17.6
0 | 0.4 | 0.46 | 0.9 | 32.8 | • | 19.0 | 15.0 | 1.0 | 425.2 | 0.0 | 5.41
 | | 28.0 | | | | |
 | | | -
 | 573 | 1104 | | | | - | -
 |
| | a da p.c. [m] | a da p.c. Camp. [m] [n°] 1.7 CI1 1.7 CR1BIS 1.7 CR1TE R 1.7 CRITE R 1.7 CRIQU A 1.7 CI2 1.7 SPT1 1.7 SPT4 1.47 CI1 1.47 CI3 1.47 CI4 1.47 CI6 1.47 CI6 | a da p.c. Camp. e [m] [n°] [-] 1.7 CII A,L1 1.7 CII A,L1 1.7 CR1BIS L(S) 1.7 CR1TE R L(S) 1.7 CR1TE R L(S) 1.7 CR1QU A G,S 1.7 CI2 L,A1 1.7 SPT1 L(S) 1.7 SPT4 L,A1 1.47 CI1 A,L1 1.47 CI1 A,L1 1.47 CI3 A,L2 1.47 CI4 L,A2 1.47 CI4 L,A2 1.47 CI6 M 1.47 CI6 M | a da p.c. Camp. P.c. Material e da [m] [n°] [-] [m p.c.] 1.7 CII A,L1 3.00 1.7 CII A,L1 3.00 1.7 CR1BIS L(S) 5.60 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 1.7 CR1QU R G,S 13.5 O 0 1.7 CI2 L,A1 20.7 S 1.7 SPT1 L(S) 4.70 1.7 SPT4 L,A1 2.50 1.47 CI1 A,L1 2.50 1.47 CI1 A,L1 2.50 1.47 CI3 A,L2 1.2.0 O 1.47 CI4 L,A2 1.7.0 O 1.47 CI6 M 48.0 O 1.47 CI6 M 48.0 O | a da p.c. Camp. P.c. Material e da a [m] [n°] [-] [m p.c.] [m p.c.] 1.7 CI1 A,L1 3.00 3.50 1.7 CI1 A,L1 3.00 3.50 1.7 CR1BIS L(S) 5.60 6.00 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 8.50 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 8.50 1.7 CR1QU A G,S 13.5 O 14.0 O 1.7 CR1QU A G,S 13.5 O 14.0 O 1.7 SPT1 L(S) 4.70 5.15 1.7 SPT1 L(S) 4.70 5.15 1.7 SPT4 L,A1 2.13
5 21.3
0 1.47 CI1 A,L1 2.50 3.00 1.47 CI1 A,L1 2.50 3.00 1.47 CI3 A,L2 12.0 12.5 0 0 0 | a da p.c. Camp. [n°] Material e da le < | a da p.c. Camp. [n°] Material e da a Prof. [m] [m] [m] p.c.] gdry [m] [n°] [-] [m] p.c.] [m] p.c.] [kN/m] p.c.] [kN/m] [kN/m] p.c.] 1.7 CI1 A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 1.7 CI1 A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 1.7 CR1BIS L(S) 5.60 6.00 5.800 - 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 1.7 CR1QU G,S 13.5 14.0 13.75 0 - 1.7 CR1QU G,S 13.5 14.0 13.75 0 - 1.7 SPT1 L(S) 4.70 5.15 4.925 - 1.7 SPT4 L,A1 21.3 21.8 21.57 - 1.47 CI1 A,L1 <t< td=""><td>Fald a da p.c. Camp. Material e da a Prof. gary gn [m] [n°] [-] [m] p.c.] [m] p.c.] [m] p.c.] [kN/m 3] [kN/m 3] 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 1.7 CRI BIS L(S) 5.60 6.00 5.800 - - 1.7 CRIBIS L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRITE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRITE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRITE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRITE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRIQ</td><td>Falda a D.C. Camp. Material e lange. da a Prof. gary gn Gs [m] [n°] [-] [m] p.c. [m] p.c. [m] p.c. [kN/m] glycm3 [kN/m] glycm3 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 2.660 1.7 CR1 BIS L(S) 5.60 6.00 5.800 - - - 1.7 CR1BE L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 2.680 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 2.680 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 2.680 1.7 CR1QU A G,S 13.5 14.0 13.75 - - - 1.7 SPT1 L(S) 4.70 5.15 4.925 - - - 1.7 SPT4 L,A1</td><td>Fald a a p.c. Camp. Material e da a Prof. gaty ga Gs w [m] [n°] [-1] [m] p.c.] [m] p.c.] [kN/m] glk/m [kN/m] gl/m [g/cm3] gl/m [%] 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 2.660 26.9 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 2.660 26.9 1.7 CRI BIS L(S) 5.60 6.00 5.800 -</td></t<> <td>Fald a b p.c. Camp. P.c. Material e da a Prof. gary ga Gs w e o [m] [n°] [-] [m] p.c. [m] p.c. [m] p.c. [kN/m] gary [kN/m] gary [g/cm3] gary [%] p.c. [m] [n°] [-] [m] p.c. [m] p.c. [kN/m] gary [kN/m] gary [g/cm3] gary [%] p.c. [m] [n°] [m] p.c. [m] p.c. [m] p.c. [kN/m] gary [kN/m] gary [m] p.c. p.c. [m] [n°] [m] p.c. [m]</td> <td> Falid a</td> <td> Fald a</td> <td> Fall of a</td> <td> Fala</td> <td> Fall Camp. Material Camp. Material Camp. Camp. </td> <td>Faid a</td> <td>Faid a</td> <td>Fade dash Record Record</td> <td> Faid Camp. Macrial Macrial </td> <td> Final Column Co</td> <td> Final Column Co</td> <td> Part Part </td> <td>Field and a control with the property of the</td> <td>Field Lange Bank Bank Bank Bank Bank Bank Bank Bank</td> <td>Fab Amount Amount<td></td><td></td><td> Find Part Part </td><td>Find Lange Series 1. 10 10 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11</td><td>Fried Lange Series Seri</td><td> Fine Fine </td><td> Fine black Fin</td></td> | Fald a da p.c. Camp. Material e da a Prof. gary gn [m] [n°] [-] [m] p.c.] [m] p.c.] [m] p.c.] [kN/m 3] [kN/m 3] 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 1.7 CRI BIS L(S) 5.60 6.00 5.800 - - 1.7 CRIBIS L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRITE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRITE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRITE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRITE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 1.7 CRIQ | Falda a D.C. Camp. Material e lange. da a Prof. gary gn Gs [m] [n°] [-] [m] p.c. [m] p.c. [m] p.c. [kN/m] glycm3 [kN/m] glycm3 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 2.660 1.7 CR1 BIS L(S) 5.60 6.00 5.800 - - - 1.7 CR1BE L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 2.680 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 2.680 1.7 CR1TE R L(S) 8.00 8.50 8.25 14.79 18.93 2.680 1.7 CR1QU A G,S 13.5 14.0 13.75 - - - 1.7 SPT1 L(S) 4.70 5.15 4.925 - - - 1.7 SPT4 L,A1 | Fald a a p.c. Camp. Material e da a Prof. gaty ga Gs w [m] [n°] [-1] [m] p.c.] [m] p.c.] [kN/m] glk/m [kN/m] gl/m [g/cm3] gl/m [%] 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 2.660 26.9 1.7 CII A,L1 3.00 3.50 3.25 14.76 18.74 2.660 26.9 1.7 CRI BIS L(S) 5.60 6.00 5.800 - | Fald a b p.c. Camp. P.c. Material e da a Prof. gary ga Gs w e o [m] [n°] [-] [m] p.c. [m] p.c. [m] p.c. [kN/m] gary [kN/m] gary [g/cm3] gary [%] p.c. [m] [n°] [-] [m] p.c. [m] p.c. [kN/m] gary [kN/m] gary [g/cm3] gary [%] p.c. [m] [n°] [m] p.c. [m] p.c. [m] p.c. [kN/m] gary [kN/m] gary [m] p.c. p.c. [m] [n°] [m] p.c. [m] | Falid a | Fald a | Fald a | Fald a | Fald a | Fald a | Fall of a | Fala | Fall Camp. Material Camp. Material Camp. Camp. | Faid a | Faid a | Fade dash Record | Faid Camp. Macrial Macrial | Final Column Co | Final Column Co | Part Part | Field and a control with the property of the | Field Lange Bank Bank Bank Bank Bank Bank Bank Bank | Fab Amount Amount <td></td> <td></td> <td> Find Part Part </td> <td>Find Lange Series 1. 10 10 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11</td> <td>Fried Lange Series Seri</td> <td> Fine Fine </td> <td> Fine black Fin</td> | | | Find Part Part | Find Lange Series 1. 10 10 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 | Fried Lange Series Seri | Fine Fine | Fine black Fin |