

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

IV - CAVALCAFERROVIA

IV02 - CAVALCAFERROVIA AL km 10+536.90

GENERALE

Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Conorzio Iricav Due MALAVENDA Ingegnere degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Giugno 2021	ing. Paolo Carmona Data: Giugno 2021		

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

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	

Progettazione:								
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificat	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	Coding	18/06/21	C.Pinti	18/06/21	P.Luciani	18/06/21	Giuseppe Fabrizio Coppa

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1712EI2RBIV020001A.DOC
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBIVO200001</p>	<p>A</p>

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
2.1. DOCUMENTI PROGETTUALI	3
2.2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	4
2.3. BIBLIOGRAFIA TECNICA	4
3. INDAGINI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO	8
4. CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI	10
4.1. DENSITÀ RELATIVA DEI MATERIALI A GRANA GROSSA	10
4.2. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI DRENATI	12
4.2.1. Materiali a grana grossa	12
4.2.2. Materiali a grana fine	14
4.3. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI NON DRENATI	16
4.4. DETERMINAZIONE DELLA STORIA TENSIONALE – (OCR)	17
4.5. DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CONSOLIDAZIONE VERTICALE CV	18
4.6. PARAMETRI DI DEFORMAZIONE	20
4.6.1. Materiali a grana grossa	20
4.6.2. Materiali a grana fine	22
4.7. QUALITÀ DEI CAMPIONI	23
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DELLE PRINCIPALI FORMAZIONI DELL'AREA	24
6. DATI PIEZOMETRICI	1
7. SINTESI DEI PARAMETRI DI CALCOLO	2
7.1. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E CONDIZIONI DI FALDA	2
8. PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE	3
9. RISPOSTA SISMICA LOCALE	9
10. PALI DI FONDAZIONE	11
10.1. INTRODUZIONE	11
10.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) DI TIPO GEOTECNICO	11
10.2.1. Carico limite nei riguardi dei carichi assiali	13
10.2.2. Carico limite nei riguardi dei carichi trasversali	34
10.3. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) DI TIPO GEOTECNICO	36

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

1. PREMESSA

La presente relazione illustra gli aspetti geotecnici caratterizzanti l'area di interesse del cavalcaferrovia IV02 al km 10+536.90 circa, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della Linea AV/AC Verona-Padova, Sub tratta Verona-Vicenza, 1° Sub Lotto Verona-Montebello Vicentino.

Le analisi riportate nel presente documento, relativamente alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione dell'opera in oggetto, si basano sugli esiti delle indagini geotecniche e delle prove di laboratorio richiamati nella trattazione a seguire, disponibili dal precedente Progetto Definitivo, da ulteriori fasi conoscitive, ad esempio richieste dalla Conferenza dei Servizi, e dalla più recente campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo.

La relazione ha il solo scopo di fornire tutte le informazioni geotecniche necessarie alla progettazione dell'opera in esame, rimandando alle specifiche relazioni di calcolo per quanto riguarda le verifiche geotecniche delle singole fondazioni.

Si individua nello stralcio planimetrico di seguito l'ubicazione del sito interessato dall'opera in esame.

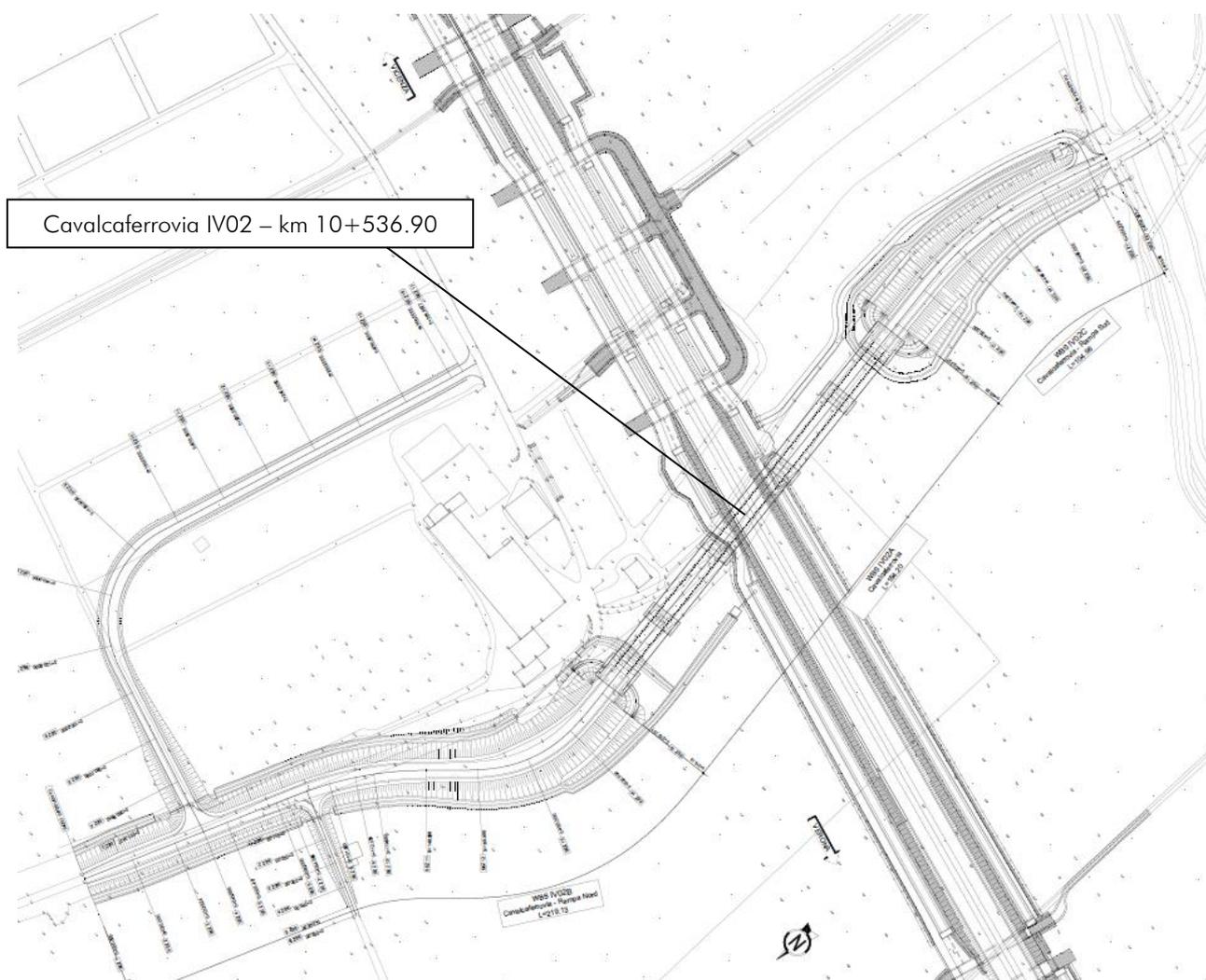


Figura 1: Stralcio planimetrico – Ubicazione Cavalcaferrovia IV02

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1. DOCUMENTI PROGETTUALI

Si richiamano nell'elenco di seguito i documenti di riferimento per la definizione degli aspetti geotecnici.

- [1] IN1710EI2RBGE0000001A-4A Relazione geotecnica generale
- [2] IN1710EI2RGGE0000001A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [3] IN1710EI2RGGE0000002A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [4] IN1710EI2RGGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [5] IN1710EI2RGGE0000004A Relazione idrogeologica 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [6] IN1710EI2RGGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [7] IN1710EI2RGGE0000006A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [8] IN1710EI2LZGE0000012A-22A Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico tav.1-11
- [9] IN1710EI2RHGE0000007A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [10] IN1710EI2RHGE0000008A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite 2/2 (da 21+990 a 44+250)
- [11] IN1710EI2P5GE0000012A-22A Planimetria di ubicazione indagini di Progetto Esecutivo, tav. 1-11
- [12] IN1710EI2PRGE0000001A Indagini in sito di Progetto Esecutivo (da 0+000 a 21+990) - SOCOTEC
- [13] IN1710EI2PRGE0000002A Indagini in sito di Progetto Esecutivo (da 21+990 a 44+250) - SOCOTEC
- [14] IN1710EI2PRGE0000003A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [15] IN1710EI2PRGE0000004A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [16] IN1710EI2PRGE0000005A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC - Vol.1
- [17] IN1710EI2PRGE0000006A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC - Vol.2
- [18] IN1710EI2PRGE0000007A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC - Vol.1
- [19] IN1710EI2PRGE0000008A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC - Vol.2
- [20] IN1710EI2PRGE0000009A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

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

2.2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

- [28] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- [29] Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008"
- [30] UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali
- [31] UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- [32] UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [33] RFI DTC SI MA IFS 001 B – Dicembre 2017: Manuale di progettazione delle opere civili.

2.3. BIBLIOGRAFIA TECNICA

- [34] Andrus, R. D., and Stokoe, K. H. (2000), "Liquefaction resistance of soils from shearwave velocity", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Eng., ASCE 126(11), 1015–025
- [35] Atkinson J.H. and Sallfors G. (1991), "Experimental determination of soil properties. General Session 1", Proc. X ECSMFE, Florence, Vol. 3, pp-915-956.
- [36] Atkinson J.H. (2000), "Non-linear soil stiffness in routine design", Geotechnique, Vol.50, n.5, pp.487-508
- [37] Baligh (1975) "Theory of deep site static cone penetration resistance" Research Report R-75-56, MIT, Cambridge
- [38] Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36 , n° 1
- [39] Chen B.S. e Mayne P.W. (1996), "Statistical relationship between piezocone measurements and stress history of clays", Canadian Geotechnical Journal, n.3, pp.488-499
- [40] Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

- [41] Cubrinovski, M., and Ishihara, K. (1999) "Empirical Correlation between SPT N-Value and Relative Density for Sandy Soils," *Soils and Foundations*, Japanese Geotechnical Society, Vol. 39, No. 5, pp 61-71
- [42] DeGroot D.J. e Sandven R. (2004), "General report: Laboratory and field comparison". *Proc. ISC-2 Geotechnical and geophysical Site Characterization*, Viana da Fonseca & Mayne ed.. pp.1775-1789
- [43] Houlsby G. T., Teh, C. I. (1988) "Analysis of the piezocone in clay" *Penetration Testing 1988*, ISOPT-1, De Ruyter (ed.). Balkema Rotterdam
- [44] Ishihara K. (1996), "Soil behaviour in earthquake Engineering". Clarendon Press, Oxford
- [45] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" *Proceedings In-situ 2001*, Bali
- [46] 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
- [47] Jeffries M.G. and Been, K. (2006), "Soil liquefaction- A critical state approach". Taylor & Francis, ISBN 0-419-16170-8, 478 pages
- [48] Keaveny J.M. e Mitchell J.K. (1986), "Strength of fine-grained soils using the piezocone". *Use of in-situ tests in Geotechnical Engineering (GSP 6)*, ASCE, Reston, Va., pp.668-699
- [49] Kulhawy F.H. e Mayne P.W. (1990), "Manual on estimating soil properties for foundation design", Cornell University, Geotechnical Engineering Group, Ithaca, New York, EL-6800, Research Project 1493-6
- [50] Lancellotta R. (1987) "Geotecnica" Zanichelli, Bologna
- [51] Lunne T., Berre T. and Strandvik S. (1997), "Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay". *Conference on Recent Developments in Soil and Pavement mechanics*, Rio de Janeiro, June 1997, Proc. pp.81-102
- [52] Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M. (1997). "Cone Penetration Testing in Engineering Practice" Blackie Academic and Professional, London
- [53] Lunne T., Christoffersen H.P., Tjelta T.I. (1985) "Engineering use of piezocone data in North Sea clays" *Proc. XI ICSMFE*, S. Francisco
- [54] Mair R.J. (1993), "Developments on geotechnical engineering research.: applications to tunnels and deep excavation. Unwin Memorial Lecture 1992", *Proc. Inst. Civ. Engineering*, Vol.3, pp.27-41
- [55] Mesri G. e Godlewski P.M. (1977), "Time and stress-compressibility relationship". *JGED*, ASCE, GT5
- [56] Mesri G. e Abdel-Ghaffar M.E.M. (1993), "Cohesion intercept in effective stress analysis", *JGED*, ASCE, Vol.119, N.8, Agosto 1993, pp.1229-1249.
- [57] Robertson P.K. and Cabal K.L. (2012), "Guide to Penetration Testing" Gregg Drilling & testing Inc. Publications. 5th Edition, November 2012. Teh, C.I. & Houlsby, G.T. (1991), "An analytical study of the cone penetration test in clay", *Geotechnique* 41, n.1, pp. 17-34
- [58] Schmertmann J.H. (1978), "Guidelines for cone penetration test performance and design", Report FHWA-TS-78-209, U.S. Department of Transportation, Washington.
- [59] Seed H.B. e Idriss I.M. (1970), "Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis", Report EERC 70-10, University of California, EERC, Berkeley

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifia EI2RBIV0200001	A

- [60] Seed H.B. and Sun J.I. (1989) Implications of Site Effects in the Mexico City Earthquake of September 19, 1985 for Earthquake-Resistant Design Criteria in the San Francisco Bay Area of California. National Science Foundation, Washington, DC., March 1989, 138 p
- [61] 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
- [62] 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
- [63] Tavenas F., Leblond P., Jean P., Leroueil S. (1983a) "The permeability of natural soft clays. Part I: Methods of laboratory measurement" *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 20
- [64] Tavenas F., Jean P., Leblond P., Leroueil S. (1983b) "The permeability of natural soft clays. Part II: Permeability characteristics" *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 20
- [65] Terzaghi K., Peck R.B. and Mesri G. (1996), "Soil mechanics in engineering practice", 3rd edition, Wiley & Sons, New York
- [66] Tokimatsu K and Yoshimi Y. (1983), Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on Spt N-Value and Fines Content." *Soils and Foundations*, Vol.23, Issue no.4, 56-74
- [67] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" *Proceedings of Symposium on Eval. Dens.*, ASTM STP 523
- [68] Fleming. W.G.K., Weltman. A.J., Randolph. M.F., Elson, W.K. (1985). "Piling Engineering". Surrey University Press, Glasgow and London, Halsted Press, a division of John Wiley & Sons, New York
- [69] Berezantsev W.HG. (1965), "Design of Deep Foundations", *Proc. 6th ICSMFE*, Montreal. Vol.II
- [70] Berezantsev W.HG. (1970), "Calculation of the Construction Basis", Leningrad
- [71] Boulanger, R.W., Kutter, B.L., Brandenberg, S.J., Singh, P., Chang, D. (2003) "Pile foundations in liquefied and laterally spreading ground during earthquakes: centrifuge experiments & analyses" *Centre of Geotechnical Modelling*, Report n° UCD/CGM-03/01, University of California Davis, USA
- [72] Fioravante, V., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B. and Pedroni, S. (1995). "Load carrying capacity of large diameter bored piles in sand and gravel". *Proc. 10th ARCSMFE*, 2, 3-15
- [73] Ghionna, V.N., Jamiolkowski. M.B., Pedroni. S. and Salgado, R. et al (1994). "Tip displacement of drilled shafts in sands". in *Vertical and Horizontal Deformations of Foundations and Embankments*. Ed. A.T. Yeung and G.Y. Felio, ASCE , GSP40, New York, 2, 1039-1057
- [74] Gwizdala K. (1984) "Large bored piles in non-cohesive soils" *Swedish Geotechnical Institute*, Report n° 26+
- [75] Lancellotta R. Costanzo D. e Foti S. "Progettazione Geotecnica secondo l'Eurocodice 7 (UNI EN 1997) e le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)" Hoepli ed
- [76] Reese L.C., Wright S.J. (1977) "Drilled shaft manual" U.S. Department of Transportation, Office of Research and Development, Div. HDV 2, Washington
- [77] Reese L.C., O'Neill M.W. (1988) "Drilled shaft: construction procedures and design methods" Publication N.FHWA-HI-88-042, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- [78] Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 127, n° 10, pp.817-833

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

- [79] Knappett, J.A., Madabhushi, S.P.G. (2008b) "Designing against pile tip bearing capacity failure in liquefiable soils" Proc. 2nd BGA Int. Conf. on Foundations, 2, 1237-1246
- [80] Idriss, I.M., Boulanger, R.W. (2007) "SPT- and CPT-based relationships for the residual shear strength of liquefied soils" 4th Int. Conf. on Earthquake Geotechnical Engineering, Invited Lectures, Pitilakis, K.D. editor, Springer, Netherlands, 1-22
- [81] Idriss, I.M., Boulanger, R.W. (2008) "Soil liquefaction during earthquakes" Earthquake Engineering Research Institute, MNO-12
- [82] Viggiani (1999), "Fondazioni" Hevelius Edizioni
- [83] AGI, "Raccomandazioni sui pali di fondazione", dicembre 1984
- [84] FHWA 2010

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

3. INDAGINI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO

Le analisi riportate nel presente documento, relativamente alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione dell'opera in oggetto, si basano sugli esiti delle indagini geotecniche e delle prove di laboratorio richiamati a seguire, disponibili dal precedente Progetto Definitivo (Campagna indagini 2014-2015), da ulteriori eventuali fasi conoscitive, ad esempio richieste dalla Conferenza dei Servizi (Campagna indagini 2018), e dalla più recente campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo (Campagna indagini 2020-2021).

Le indagini eseguite in sito comprendono:

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

La posizione delle indagini eseguite nelle varie fasi di progettazione è illustrata nella 'Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico' (Doc. Rif. [8]), di cui se ne riporta uno stralcio a seguire che individua l'area di interesse dell'opera in esame. Per ulteriori dettagli circa il posizionamento dei sondaggi e il loro esito si rimanda agli elaborati di progetto dedicati, ed in particolare alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [9] e [10]).

Si richiamano nel prospetto a seguire le indagini geotecniche di riferimento per la definizione del modello geotecnico, localizzate esattamente sull'opera in esame. Tali indagini sono state eseguite nella campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo dell'opera.

Si è tenuto inoltre conto delle indagini geotecniche disponibili dal precedente Progetto Definitivo, localizzate nell'area interessata dall'opera.

Progressiva (km ≈)	Sondaggio o prova CPTU (Denomin.)	Campagna d'indagine (anno)	Quota di Bocca foro (m s.l.m.m.)	Lunghezza sondaggio/CPTU (m)	Piezometro installato C=Casagrande TA=Tubo Aperto
10+524	BH-PE-21	2020/2021	31.615	45.00	-
10+550	CPTU18	2014/2015	29.90	5.00	-
10+555	CPTU-PE-05	2020/2021	29.716	5.00	-
10+560	SPA16	2014/2015	29.779	50.00	TA
10+580	BH-PE-22	2020/2021	29.727	45.00	-

Tabella 1: Elenco delle indagini geotecniche di riferimento per l'opera in esame

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

Nello stralcio planimetrico riportato di seguito, si individua l'ubicazione dei sondaggi di riferimento disponibili, sopra elencati, utilizzati per la caratterizzazione geotecnica, dunque per la definizione delle unità geotecniche, delle stratigrafie di progetto e dei parametri di calcolo per le opere in esame.

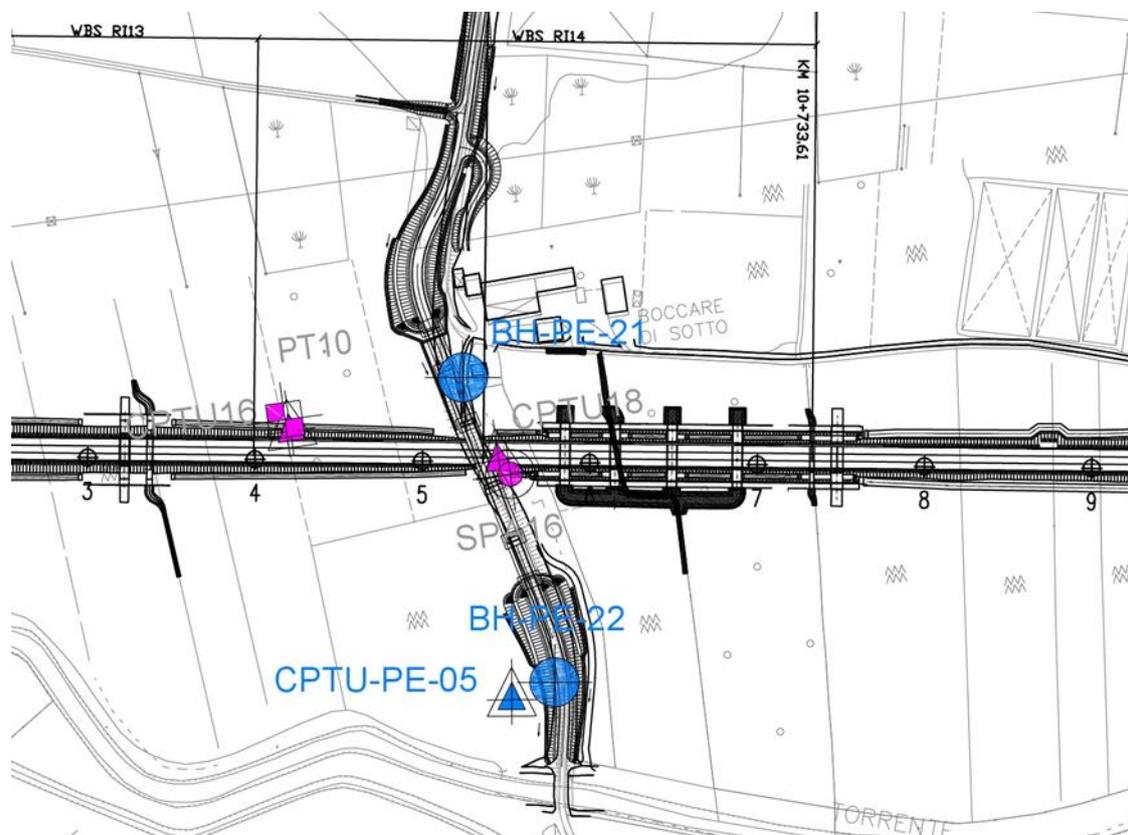


Figura 2: Stralcio planimetrico – Ubicazione indagini geotecniche di riferimento per l'opera in esame

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A

4. CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

A livello generale, dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica e geomeccanica, si distinguono tre tipologie di terreno:

- Terreni incoerenti a grana grossa o debolmente cementati, caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) generalmente inferiori al 30-35%;
- Terreni coesivi (limi e argille);
- Formazioni rocciose.

L'individuazione del tipo di materiale, e quindi la scelta dei criteri per la determinazione dei parametri geotecnici, è effettuata principalmente sulla base della descrizione stratigrafica dei sondaggi e delle prove di laboratorio sui campioni di terreno e sulle carote di roccia.

Si rimanda ai paragrafi successivi per la definizione dei criteri adottati per la stima dei parametri geotecnici associati a ciascuna formazione caratterizzante i terreni in esame.

4.1. DENSITÀ RELATIVA DEI MATERIALI A GRANA GROSSA

I valori di densità relativa dei terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie), è stata svolta a partire dai dati delle prove SPT e CPT.

Per le sabbie, i valori di D_r a partire dai dati SPT sono stati stimati in accordo a quanto indicato in Skempton (1986). Nella formulazione adottata, la densità relativa D_r può essere correlata al valore NSPT con la seguente legge:

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

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate nella Tabella a seguire;

σ_{vo}' = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm²);

NSPT = numero di colpi per 30 cm di infissione.

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

Tabella 2: Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

Per quanto concerne invece la stima della D_r a partire dai dati CPT, ci si è avvalsi della correlazione proposta da Kulhawy and Mayne (1990, Doc. rif. [49]):

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

dove:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

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

K_{Dr} = costante valida per sabbie silicee e posta pari a 350; dipendente dalla compressibilità, dal grado di sovraconsolidazione e dall'età del deposito. Per le sabbie medie, tipicamente normalconsolidate e relativamente recenti incontrate nell'area in questione, si è adottato un valore costante e pari a 350, per assunto come rappresentativo per le sabbie per la tratta in esame;

p_a = pressione atmosferica = 98.1 kPa;

σ'_{vo} = tensione verticale efficace alla generica quota.

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

Per quanto riguarda le ghiaie, l'interpretazione dei valori NSPT è stata eseguita in accordo al metodo proposto da Cubrinowski & Ishihara (1999, Doc. rif. [41]) per materiali normalmente consolidati, caratterizzati da un coefficiente di spinta a riposo k_o dell'ordine di 0,4÷0,5, successivamente esteso da Ishihara et al. (2001, Doc. rif. [45]) anche al caso dei terreni sovraconsolidati. Tale metodo utilizza la seguente espressione:

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

essendo:

D_r = densità relativa (-);

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

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

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 all'incirca al 60%; nell'applicazione della formula, il valore NSPT misurato, assunto pari a $(N_{SPT})_{60\%}$, viene pertanto corretto in base alla seguente equazione:

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

- Resistenze ottenute con il campionatore standard nelle sabbie e con il campionatore LPT, di diametro maggiore rispetto a quello standard, nel caso delle ghiaie. In questa sede, in mancanza di prove con il

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

campionatore LPT, l'applicazione della formula in presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi ($D_{50} \geq 1$ mm) è stata fatta senza apportare alcuna correzione ai valori NSPT misurati (su tale aspetto si vedano Clayton, 1995 [40]; Skempton, 1986 [61]; Tokimatsu & Yoshimi, 1983 [66]).

4.2. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI DRENATI

4.2.1. Materiali a grana grossa

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

Sia per sabbie che per le ghiaie i valori di angolo di resistenza al taglio operativo è stato stimato considerando diversi approcci, qui di seguito descritti.

Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Bolton

L'angolo di resistenza al taglio di picco φ' può essere determinato con il metodo proposto da Bolton (1986, Doc. rif. [38]). Tale metodo, unitamente alla procedura utilizzata per tenere conto della non linearità dell'involuppo di rottura, può essere sintetizzato nel modo seguente.

La non linearità dell'involuppo di rottura può essere messa in conto facendo riferimento alla nota espressione di Baligh (1975, Doc. rif. [37]):

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

essendo:

$\varphi_{\sigma}' > \varphi_{cv}' =$ angolo di attrito riferito ad una pressione $\sigma_{ff}' = 272$ kPa (°);

$\varphi_{cv}' =$ angolo di attrito a volume costante, corrispondente a pressioni σ_{ff}' elevate (°);

$\alpha =$ angolo che determina la curvatura dell'involuppo di rottura (°);

$p_a = 98.1$ kPa;

$\sigma_{ff}' =$ tensione efficace normale alla superficie di rottura (kPa);

$\tau_{ff} =$ tensione di taglio agente sulla superficie di rottura (kPa).

L'angolo di attrito φ_{σ}' può essere stimato come segue (v. Bolton 1986, Doc. rif. [38]):

$$\frac{\varphi_{\sigma}'}{DI} = \frac{\varphi_{cv}' + m \cdot DI}{D_r [Q \cdot \ln(p_r')] - 1}$$

essendo:

$Q = 10$

$p_r' = 1.4 \cdot \sigma_{ff}'$ (v. Jamiokowski et al. 1988, Doc. rif. [46]) (kPa)

$m =$ costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti (v. Tabella successiva) (°)

$D_r =$ densità relativa, valutata in accordo con quanto riportato al punto 4.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

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

σ_2' = tensione principale efficace intermedia

σ_3' = tensione principale efficace minore

Tabella 3: Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

I valori dell'angolo di attrito φ_{cv}' possono essere ricavati da prove di laboratorio (triassiali o di taglio diretto) su provini ricostituiti a basse densità relative e, in assenza di queste ultime, assegnati in base a quanto indicato nella Tabella di seguito (vedi ad esempio Youd 1972 o Stroud 1988, Doc. rif. [67][62]).

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

Tabella 4: Valori di φ_{cv} per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)

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

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

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

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

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio operativo per sabbie e ghiaie è stato anche stimato in accordo alla formulazione proposta da Schmertmann (1978, Doc. rif. [58]), ed illustrata nella Figura successiva, sulla base dei valori di densità relativa stimati al punto 4.1, ed entrando nel grafico a seconda della granulometria prevalente del materiale riscontrato in un data area.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifia EI2RBIV0200001	A

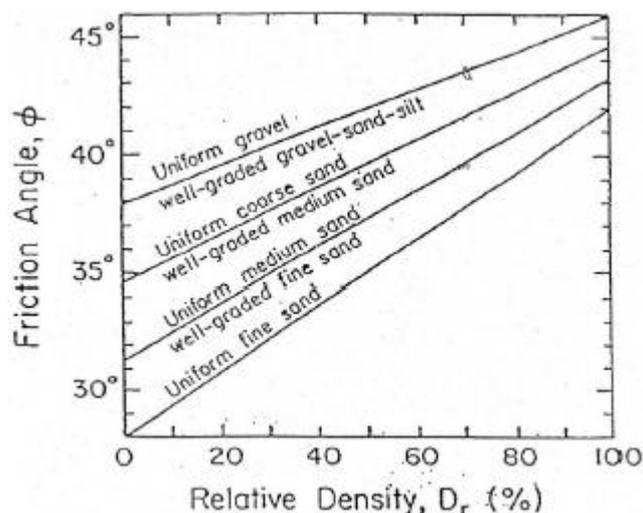


Figura 3: Relazione fra angolo di resistenza al taglio operativo e densità relativa

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

Sulla base degli studi di Jefferies e Been (2006, Doc. rif. [47]), Robertson (2012, Doc. rif. [57]) ha proposto la seguente correlazione fra la resistenza alla punta normalizzata Q_{tn} ed il valore dell'angolo di attrito a volume costante ϕ_{cv} :

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

Dove:

Q_{tn} = resistenza alla punta normalizzata $= (q_t - \sigma_v 0) / \sigma'_{v0}$;

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

4.2.2. Materiali a grana fine

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

In alternativa, i valori sono stati stimati sulla base delle correlazioni riportate nelle due Figure seguenti, come citati da Mesri e Abdel Ghaffar (1993) (Doc. rif. [55]). I valori riportati nell'articolo citato si riferiscono a back-analysis di rotture di pendii, in argille NC e OC.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

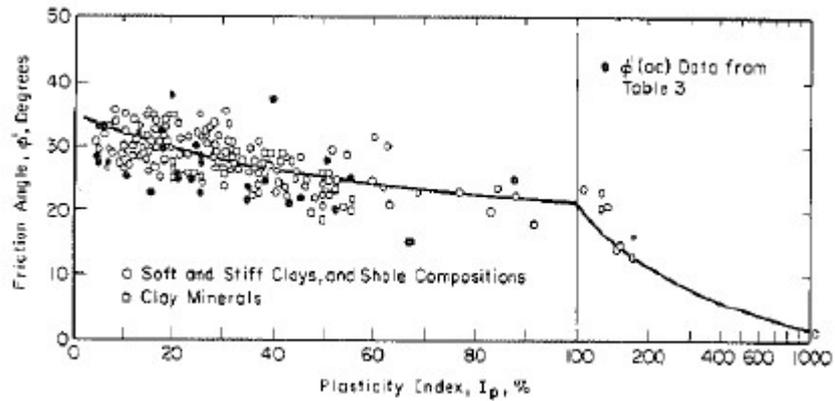


Figura 4: Valori dell'angolo di resistenza al taglio per materiali argillosi (Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

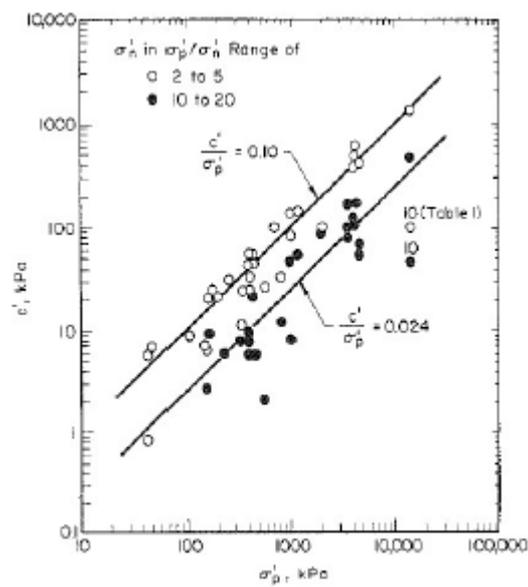


Figura 5: Valori della coesione intercetta c' in funzione della tensione di preconsolidazione e del valore della tensione normale al piano di rottura, al momento della rottura σ_n (da Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

4.3. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI NON DRENATI

I valori delle resistenze al taglio non drenata c_u sono stati stimati sulla base delle prove di laboratorio, e sulla base delle prove in sito CPTU.

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

- I valori delle prove di laboratorio possono talora essere affetti da un grado di disturbo del campione. Nella loro valutazione si è quindi tenuto conto di tale grado, stimato sulla base di diversi elementi, ed in particolare:
 - sulla natura dei materiali, tenendo conto che i materiali con elevata componente sabbioso-limoso, sono generalmente più sensibili al campionamento;
 - sulla compatibilità fra valori delle prove speditive (pocket e vane) condotte sulle carote (in sito o in laboratorio), e valori da prove triassiali;
 - privilegiando i valori ottenuti da prove consolidate non drenate (TX-CIU), rispetto a quelle del tipo TX-UU, che usualmente, ed in particolare per i materiali più teneri, e più sensibili al campionamento, possono sottostimare le reali resistenze di sito;
- i valori ottenuti da prove in sito CPTU risultano in genere affidabili, essendo supportati da numerosi studi, sia teorici che empirici, che dimostrano una stretta correlazione fra la resistenza alla punta q_t e il valore della resistenza al taglio non drenata.

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

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

utilizzando un fattore $N_k = 14$, in accordo a Lunne et al. (1997, Doc. rif. [52]).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

4.4. DETERMINAZIONE DELLA STORIA TENSIONALE – (OCR)

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

In alternativa, il valore della tensione di preconsolidazione (e quindi di OCR), è stato anche valutato sulla base dei dati CPTU mediante la seguente correlazione di Chen e Mayne (1996, Doc. rif. [39]):

$$\sigma'_p = k \cdot (q_t - \sigma_{v0})$$

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

4.5. DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CONSOLIDAZIONE VERTICALE CV

Il valore del coefficiente di consolidazione verticale è stato ottenuto generalmente dalle prove edometriche, affidandosi ai provini di migliore qualità.

In alternativa, il valore può anche essere stimato interpretando le prove di dissipazione, ed ottenendo il valore del coefficiente di consolidazione orizzontale c_h , in accordo a Teh e Houlsby (1988, Doc. rif. [43]).

La relazione proposta è la seguente:

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

essendo:

T^* = fattore adimensionale funzione della percentuale di dissipazione della sovrappressione interstiziale iniziale; per un grado di dissipazione del 50% si ha $T^* = 0.245$;

I_r = indice di rigidezza del materiale, stimato in base alla Figura 4 (Keaveny and Mitchell, 1986, Doc. rif. [48]), funzione dell'indice di plasticità del materiale. Per il caso in esame, si è considerato $I_r = 140$, dove:

$$I_r \approx \frac{0.65 \cdot G_o}{c_v} = \text{indice di rigidezza};$$

r = raggio del cono, pari a 1.78 cm;

t = tempo necessario a raggiungere un determinato grado di dissipazione.

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

Tabella 5: Fattore adimensionale T (da Houlsby & Teh (1988))

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

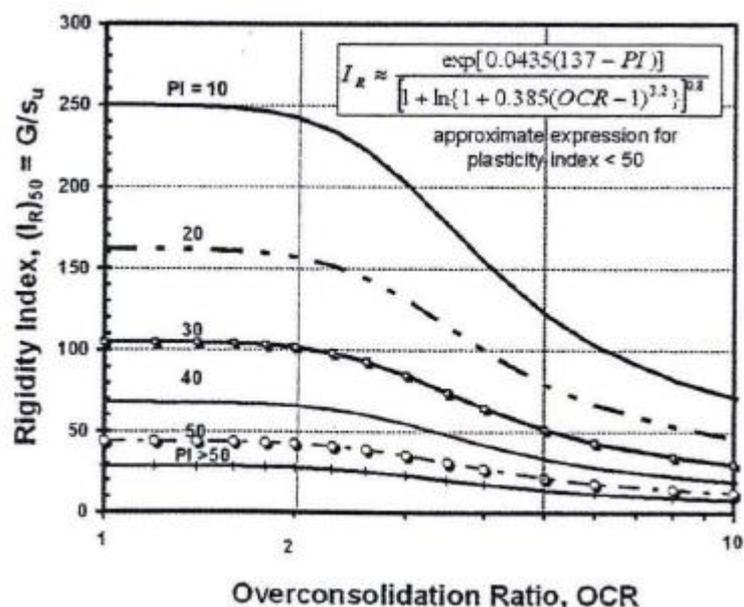


Figura 6: Coefficiente di sovraconsolidazione in funzione dell'indice di rigidità (Keaveny and Mitchell, 1986)

Nei piezoconi tradizionalmente impiegati in Italia, la pietra porosa si trova alla base della punta (u_2), si è fatto quindi riferimento ai valori riportati nella seconda riga della Tabella precedente.

In accordo alle indicazioni di Baligh (1975, Doc. rif. [37]), il processo di dissipazione della sovrappressione interstiziale avviene nel ramo di scarico. In sostanza, la penetrazione della punta provoca un eccesso di sovrappressioni interstiziali, e la loro dissipazione fa tornare le tensioni efficaci allo stato precedente l'infissione. Pertanto, i valori di c_h ottenuti da tale formulazione (ma non solo da questa), sono relativi allo stato di sovraconsolidazione del materiale.

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

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

Nella valutazione del coefficiente in direzione verticale, si è tenuto conto di quanto suggerito da Lancellotta (1987, Doc. rif. [50]):

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica E12RBIV0200001</p>	<p>A</p>

4.6. PARAMETRI DI DEFORMAZIONE

4.6.1. Materiali a grana grossa

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

- valutazione dei moduli di taglio e di Young iniziali G_0 ed E_0 , sulla base dei dati delle misure geofisiche effettuate nelle diverse fasi progettuali, (CH, DH e MASW), con un confronto dei dati sperimentali con i valori e le tendenze deducibili dalle prove penetrometriche dinamiche (SPT) e statiche (CPT);
- sulla base dei valori tipici di deformazione attesa per le diverse opere (seguendo ad esempio quanto raccomandato da Atkinson e Salfors (1991, Doc. rif. [35]), e da Atkinson (2000, Doc. rif. [36]), valutazione dell'entità del degrado dei moduli iniziali, facendo riferimento a curve di letteratura.

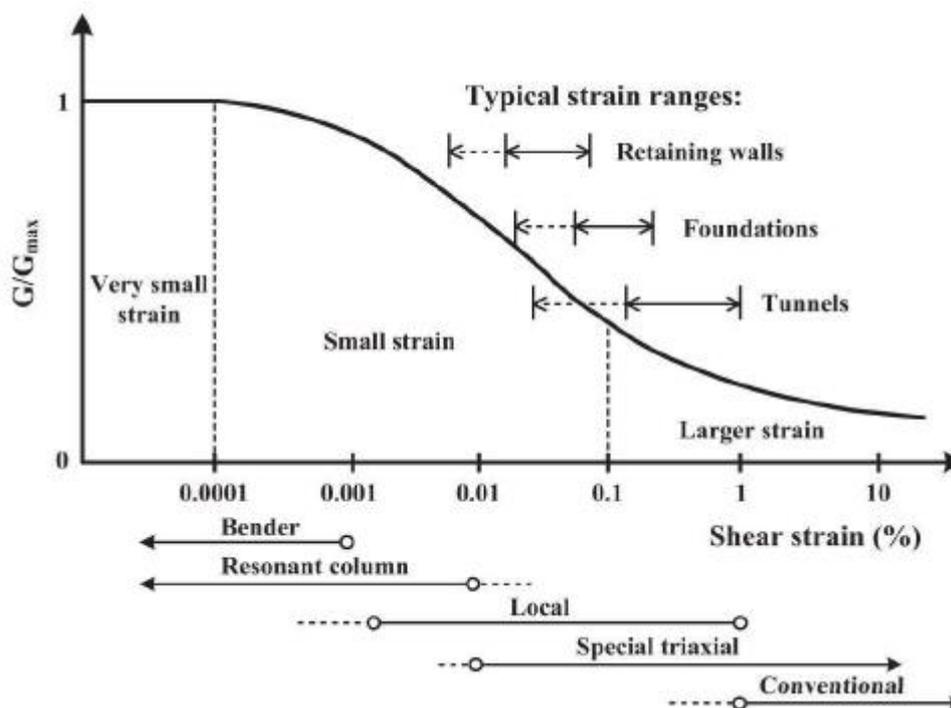


Figura 7: Livelli deformativi raggiunti dal terreno per diverse opere di ingegneria

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

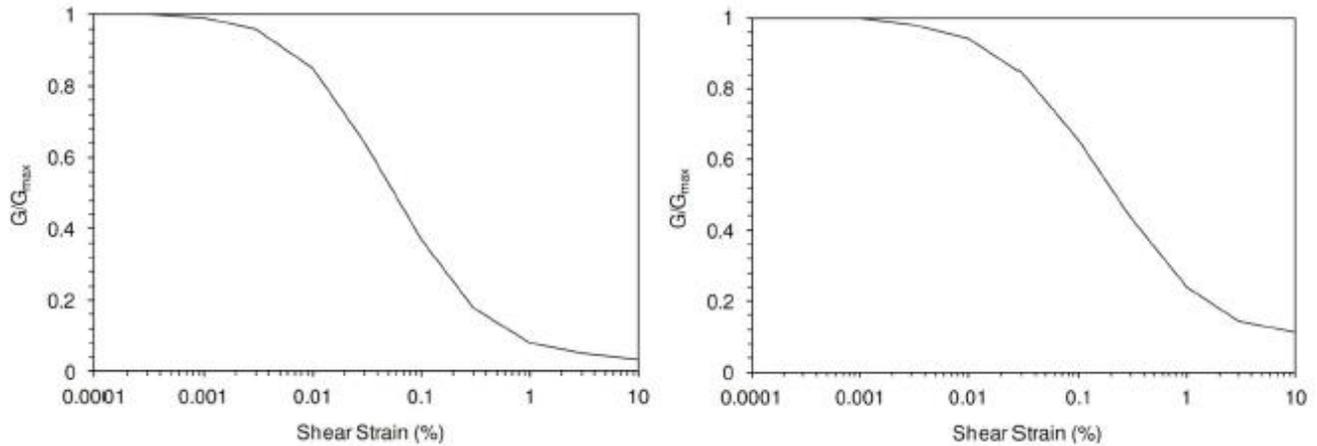


Figura 8: Curva di decadimento del modulo di taglio per depositi sabbiosi (a sinistra) e argillosi (a destra)

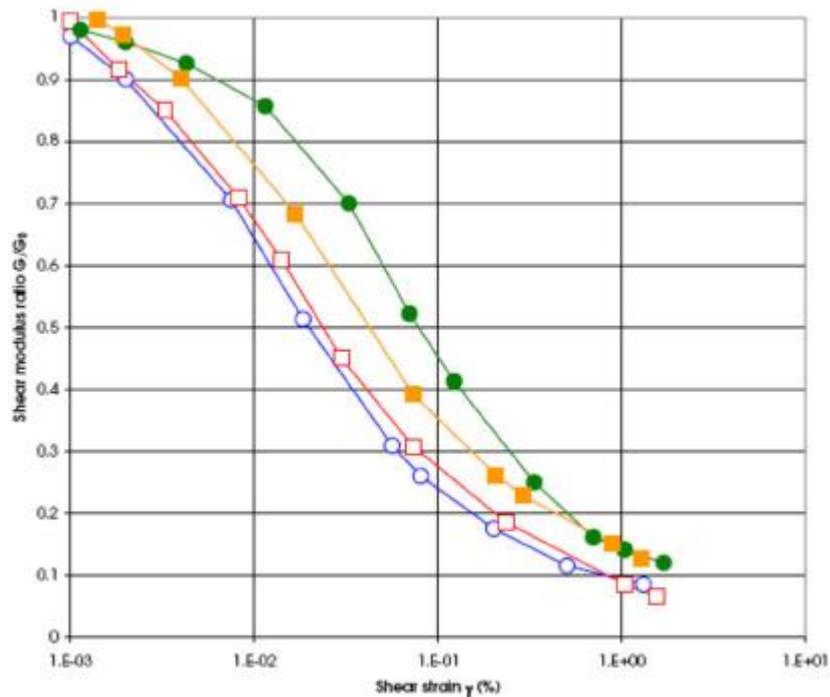


Figura 9: Altro esempio di curva di decadimento del modulo di taglio

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

4.6.2. Materiali a grana fine

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

Per quanto invece concerne la deformabilità viscosa, viene fornito, quando di possibile interesse, un valore di $c_{\alpha\varepsilon}$ (coefficiente di compressibilità secondaria), sempre nel piano ε_v -log σ'_v , generalmente dedotto, laddove disponibili, dalle prove edometriche. In alternativa, si è utilizzata la correlazione proposta da Mesri e Godlewski (1977, Doc. rif. [55]):

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

4.7. QUALITÀ DEI CAMPIONI

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

Con riferimento a queste prove, la qualità dei campioni indisturbati di materiali argillosi può essere valutata sulla base di criteri proposti in letteratura. Ad esempio Lunne et al. (1997, Doc. rif. [51]) e Terzaghi et al. (1996, Doc. rif. [65]), propongono una classificazione della qualità dei campioni basata sulla misura dell'entità di deformazione del campione all'applicazione della tensione verticale efficace di sito σ'_{vo} . Il principio alla base di tale criterio di valutazione è che maggiore è il valore della deformazione a tale livello tensionale, maggiore è il disturbo. In termini quantitativi, le tabelle che seguono mostrano la classificazione come riportata da De Groot e Sandven (2004) (Doc. rif. [42]).

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

Tabella 6: Grado di affidabilità dei campioni (SQD) Terzaghi et al. (1996)

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

Tabella 7: Grado di affidabilità dei campioni Lunne et al. (1997)

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DELLE PRINCIPALI FORMAZIONI DELL'AREA

Come anticipato nei paragrafi precedenti, lo studio geotecnico ha avuto come finalità la classificazione e caratterizzazione dei depositi investigati, coerentemente con le indicazioni emerse dallo studio geologico-geomorfologico della zona. Con riferimento a questo ultimo aspetto, il profilo stratigrafico riportato nella presente relazione, riporta in primo luogo i confini tra le varie unità stratigrafiche, definiti sulla base delle indagini geologiche.

Con questo supporto di base sono state poi definite le unità lito-stratigrafiche ritenute omogenee in termini di comportamento meccanico.

Definiti i profili stratigrafici, i parametri di progetto delle diverse unità sono stati dedotti, secondo gli esiti delle indagini geognostiche pregresse e delle prove di laboratorio sui campioni prelevati, secondo i criteri di cui al precedente capitolo.

In particolare, si è notato che da un punto di vista geotecnico i materiali presenti nel volume significativo dell'opera ed in particolare delle rispettive fondazioni possono essere suddivisi nelle seguenti macro-unità: la parte sommitale della stratigrafia è occupata da argille limose/limi argillosi debolmente sabbiosi sovraconsolidati, probabilmente per essiccamento in quanto prossime alla superficie, alternati più in profondità a sabbie limose sciolte e limi sabbiosi (unità 3a/b), per uno spessore di circa 6.5m. All'interno di questi ultimi strati si registrano resistenze penetrometriche anche < 1 MPa ed NSPT < 5 colpi/30 cm (nei livelli più sabbiosi, sciolti). Al di sotto della copertura superficiale si trovano ghiaie sabbiose mediamente addensate e con un contenuto di fini non superiore a 20% (unità 6); le prove penetrometriche SPT hanno fornito resistenze piuttosto elevate in corrispondenza di questo strato, con NSPT generalmente compresi tra 20 colpi/30 cm e 70 colpi/30 cm; al di sotto delle ghiaie si ritrova uno strato di sabbia limosa (unità 4) in stato di addensamento medio-alto e con percentuali di fini tra 10% e 20%. In tale unità si misurano resistenze alla penetrazione variabili e mediamente piuttosto alte, con NSPT tra 20 colpi/30 cm e fino a superare gli 80 colpi/30 cm. In corrispondenza di tale strato profondo si rileva la presenza di limi argilloso-sabbiosi compatti con plasticità medio-alta (unità 2) tra i 21.0m e i 24.0m circa.

Gli esiti dei sondaggi considerati per la caratterizzazione dei terreni di fondazione dell'opera in esame, e delle prove di laboratorio eseguite sui campioni rispettivi, risultano in linea con quanto riscontrato dalle indagini di riferimento per la tratta in cui ricade l'intervento. Dunque le condizioni specifiche locali confermano quelle generali inerenti la tratta in cui si inserisce l'opera.

La caratterizzazione geotecnica di dettaglio è fornito al capitolo 7.

Si faccia riferimento ai grafici di sintesi riportati nella 'Relazione Geotecnica Generale' (Doc. Rif. [1]) relativa alla tratta in cui ricade l'opera, per il dettaglio dei dati desunti, sulla base della metodologia cui rimanda il capitolo precedente, dagli esiti delle prove di laboratorio e di sito dei sondaggi di riferimento. In particolare tali grafici riportano:

- Sintesi delle analisi granulometriche;
- Limiti di Atterberg e carta di plasticità di Casagrande;
- Resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi;
- Pressione di preconsolidazione dei terreni coesivi;
- Esiti delle prove SPT;
- Densità relativa stimata da prove SPT;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

- Angolo di attrito stimato da prove SPT;
- Velocità delle onde di taglio;
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni, a partire dai valori stimati di VS.

Si presenta di seguito uno stralcio del profilo stratigrafico dei terreni in corrispondenza dell'area interessata dall'opera, elaborato sulla base delle indagini di riferimento.

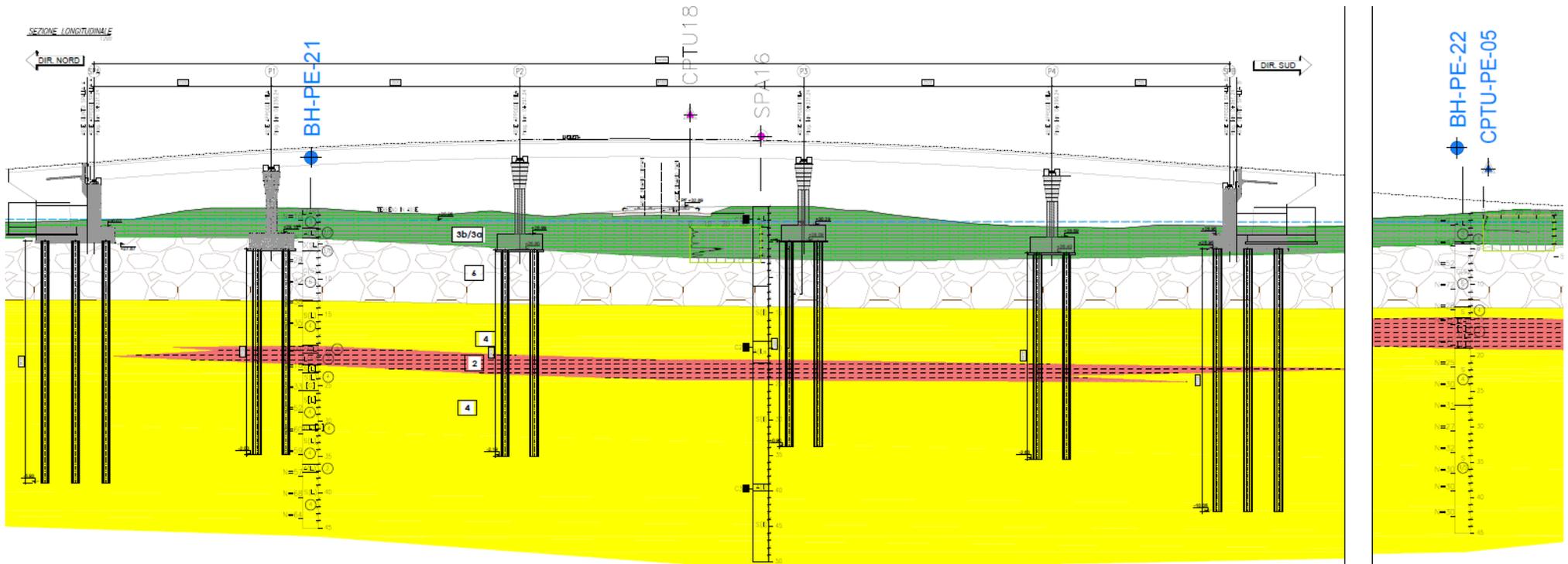
GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2RBIV020001	A



LEGENDA TERRENI

① Riporto

② Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati

3a Area con prevalenza di sabbie limose/con limo e limi sabbiosi/con sabbia, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati

3b Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente OC

④ Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati

⑥ Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

Figura 10: Profilo geotecnico in corrispondenza del cavalcaferrovia in esame

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIVO200001	A

6. DATI PIEZOMETRICI

Per quanto concerne la quota di falda registrata, si rimanda alla sintesi delle letture piezometriche eseguite in tutta l'area circostante l'opera nel periodo 2014–2020, riportata nel documento di progetto 'Relazione Geotecnica Generale' (Doc. Rif. [1]): le soggiacenze misurate nei piezometri lungo la tratta in cui ricade l'opera in esame riportano differenze di quota massima e minima generalmente inferiore ad 2 m.

Nel prospetto di seguito si fornisce la sintesi di quanto rilevato nel periodo di osservazione della falda 2014-2020, relativamente ai piezometri installati in prossimità dell'opera.

Pk	N°	SIGLA	NORD	EST	QUOTA (m slm)	Quota Ass. Max (m slm)	Quota Ass. Min (m slm)	Quota Max	Quota Min
10+550	14	SPA16	5029394.09	1667652.57	29.779	27.98	27.37	1.80	2.41

Non sono stati installati piezometri in corrispondenza dei sondaggi di nuova esecuzione (2020/2021).

Per le considerazioni sulla falda di progetto si rimanda al capitolo successivo.

Per quanto riguarda il livello della falda di costruzione, prima dell'esecuzione dello scavo per l'imposta delle fondazioni dell'opera in oggetto, è indispensabile verificare le quote della falda rilevate dai piezometri installati nelle vicinanze, o in alternativa eseguire un pozzetto di indagine, al fine di valutare la necessità di installazione di elementi atti a garantire l'esecuzione dello scavo in sicurezza (pozzi di emungimento, pompe ecc.).

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifia	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

7. SINTESI DEI PARAMETRI DI CALCOLO

7.1. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E CONDIZIONI DI FALDA

Si sintetizzano a seguire i valori caratteristici dei parametri geotecnici relativi ai terreni di fondazione delle aree in esame, desunti dagli esiti delle indagini secondo i criteri di cui al capitolo 4 e dalle indicazioni emerse dallo studio geologico-geomorfologico della tratta in cui l'opera ricade.

Le formazioni individuate sulla base delle analisi condotte e riportate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nel seguente elenco:

- Unità 2 – Limi argillosi da compatti a molto compatti;
- Unità 3a/b – Limi argillosi e argille limose debolmente sabbiose/Sabbie limose sciolte;
- Unità 4 – Sabbie debolmente limose/limose da mediamente addensate a molto addensate;
- Unità 6 – Ghiaie/ghiaie sabbiose con presenza locale di ciottoli.

Si riportano, inoltre, i dati relativi alla profondità di falda assunta a lungo termine e la quota testa palo rispetto al piano campagna considerate per le verifiche geotecniche dei pali di fondazione dell'opera in esame.

Il modello geotecnico di riferimento per la progettazione dei sistemi di fondazione delle spalle in esame, è ragionevolmente cautelativo, inviluppando le condizioni più critiche riscontrate lungo l'opera.

strato	Formazione		spessore strato	zbase strato	γ	$\phi'k$	c'k	cuk	G0	E'
			(m)	(m da pc)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)
1	UG	3a/b	6.5	6.5	17.5-19			25-80		4-15
2	UG	6	7.0	13.5	19-20	36-43	0.0		150-200	50-100
4	UG	4	7.5	21.0	19-20	34-36	0.0		200-300	100-240
5	UG	2	3.0	24.0	19-20			80-150		20-40
6	UG	4	26.0	50.0	19-20	36-40	0.0		200-300	100-240

LEGENDA

γ = peso di volume naturale;

$\phi'k$ = valore caratteristico dell'angolo di attrito;

c'k = valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni drenate;

cuk = valore caratteristico della coesione non drenata;

E' = valore del modulo elastico operativo

La quota assoluta di riferimento, a partire dalla quale è definita la successione stratigrafica di cui ai prospetti precedenti, coincidente con il p.c. locale sulla linea, è +32.75.

Relativamente alla profondità della falda e alla quota testa palo di tutte le fondazioni rispetto al p.c., si fa riferimento ai seguenti dati cautelativi:

zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00	m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.50	m

Come anticipato nella trattazione precedente, per quanto riguarda il livello della falda di costruzione, prima dell'esecuzione dello scavo per l'imposta delle fondazioni dell'opera in oggetto, è indispensabile verificare le quote

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

della falda rilevate dai piezometri installati nelle vicinanze, o in alternativa eseguire un pozzetto di indagine, al fine di valutare la necessità di installazione di elementi atti a garantire l'esecuzione dello scavo in sicurezza (pozzi di emungimento, pompe ecc.).

8. PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE

Nell'area dell'opera in oggetto, le indagini a disposizione confermano la presenza di situazioni potenzialmente critiche, relativamente alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni, per quanto riguarda lo strato superficiale eterogeneo (unità 3a/b). Si terrà conto del fenomeno nella definizione delle curve di portanza a compressione e trazione in sisma e nella valutazione della portanza orizzontale dei pali.

Si sintetizzano nelle Figure riportate a seguire gli esiti delle analisi di liquefazione condotte sulla base degli esiti dei sondaggi di riferimento per l'opera in esame.

Allo scopo di accertare la stabilità del sito di progetto nei confronti del fenomeno della liquefazione si è proceduto attraverso una valutazione di pericolosità condotta mediante l'applicazione di metodi empirici basati sui risultati delle prove penetrometriche in sito statiche di tipo CPT e dinamiche di tipo SPT.

A causa della breve durata del moto sismico, il terreno reagisce in condizioni sostanzialmente non drenate. In tali condizioni, il comportamento non lineare dei materiali sabbiosi e sabbioso/limosi sottoposti a carichi ciclici indotti dal terremoto porta alla generazione di sovrappressioni interstiziali con diminuzione anche significativa di rigidità e resistenza. Alla successiva dissipazione di tali sovrappressioni interstiziali corrisponde la generazione di deformazioni permanenti in grado di causare, nello specifico, problematiche di esercizio della linea post-sisma, stabilità dei rilevati e delle opere di attraversamento.

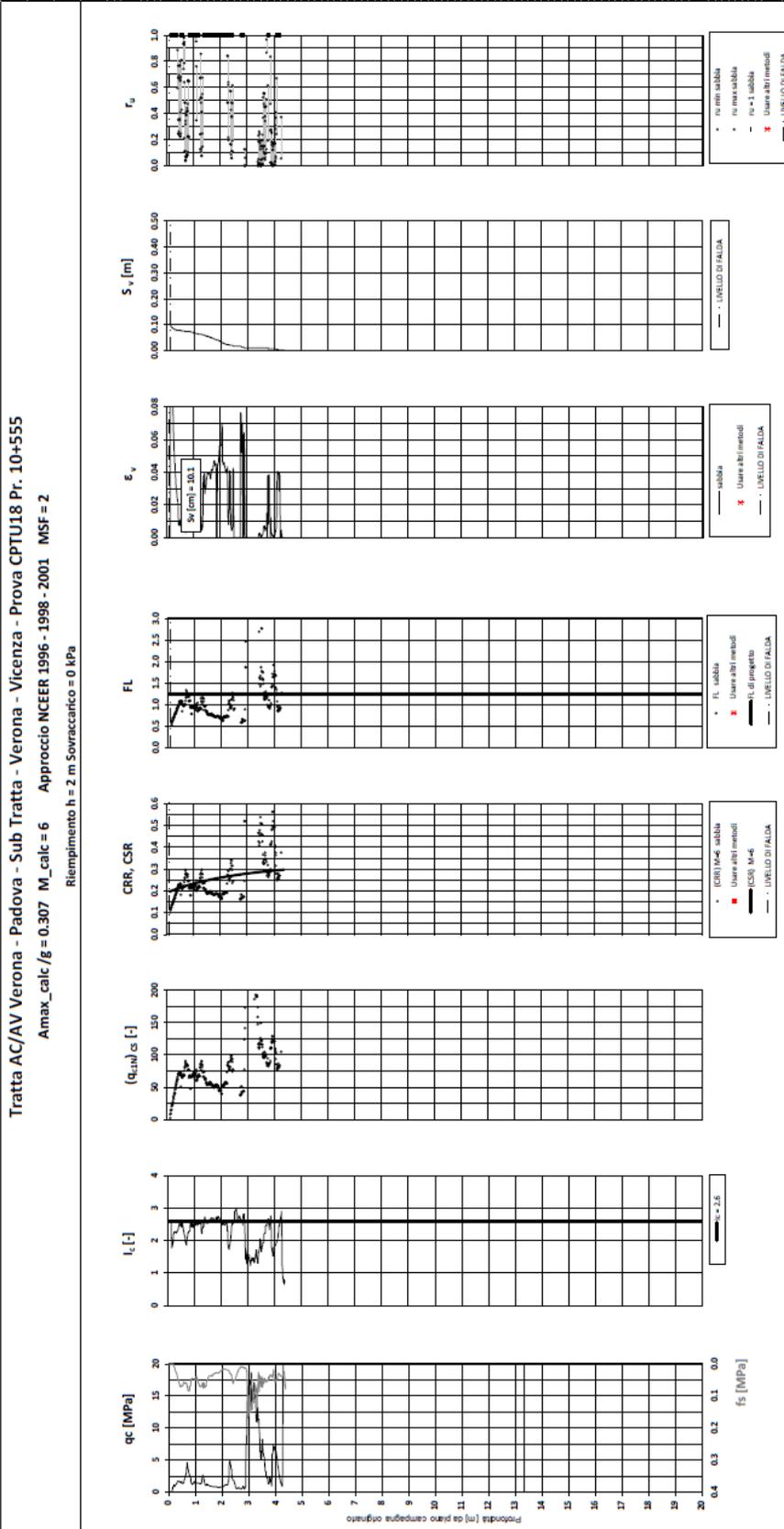
Il fenomeno della liquefazione è profondamente influenzato dal numero dei cicli equivalente N del terremoto, dalla densità relativa D_r e dalla granulometria del terreno. Un terreno incoerente, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere di N (cicli del terremoto).

In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è valutare la stabilità del sito di progetto rispetto al fenomeno della liquefazione quando il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

Le NTC2008 al paragrafo 7.11.3.4.2 prescrivono le condizioni di esclusione da verifica a liquefazione. Sulla base delle informazioni disponibili, nessuna delle suddette ragioni di esclusione è di principio applicabile e, pertanto, la verifica deve essere effettuata.

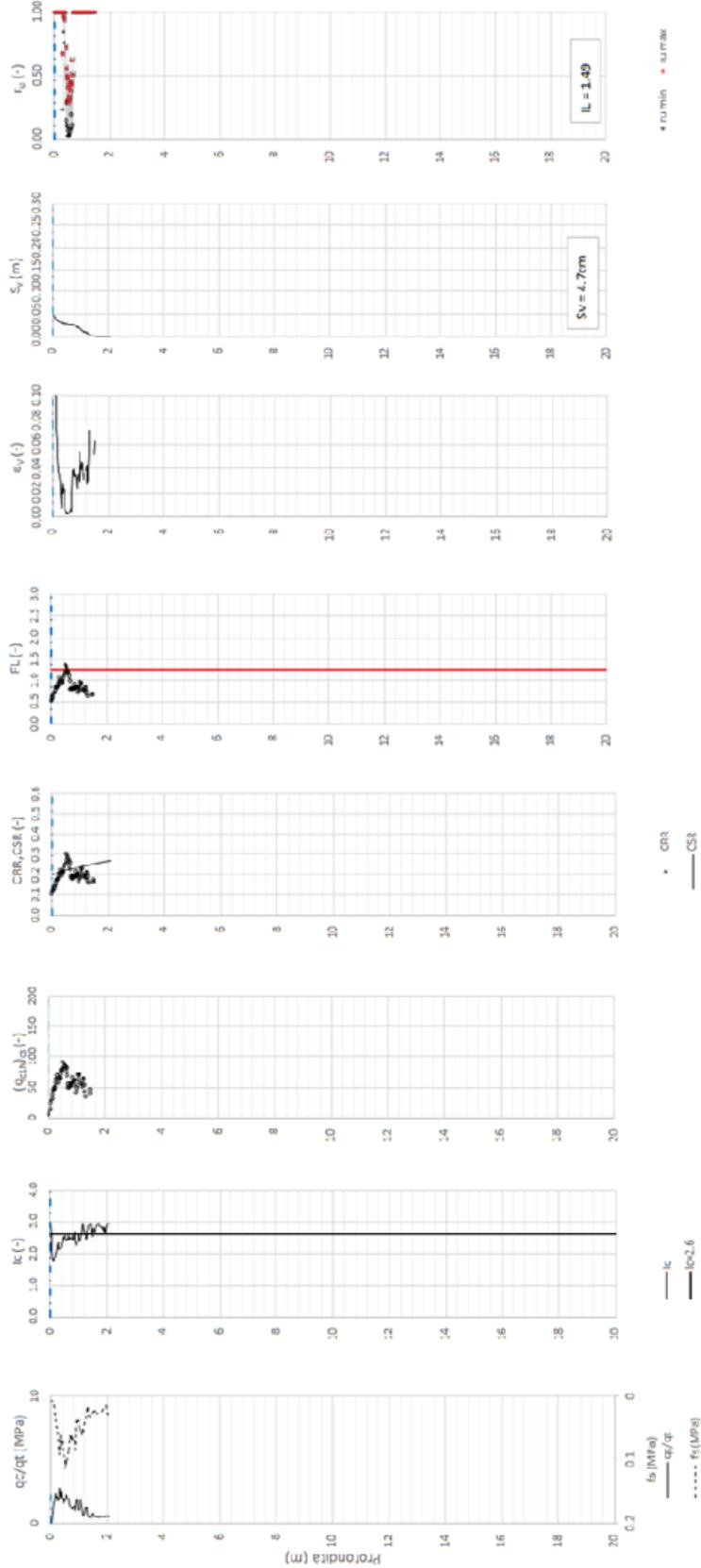
Per ulteriori dettagli si rimanda all'elaborato di progetto dedicato 'Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base' (Doc. Rif. [6]-[7]).

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A



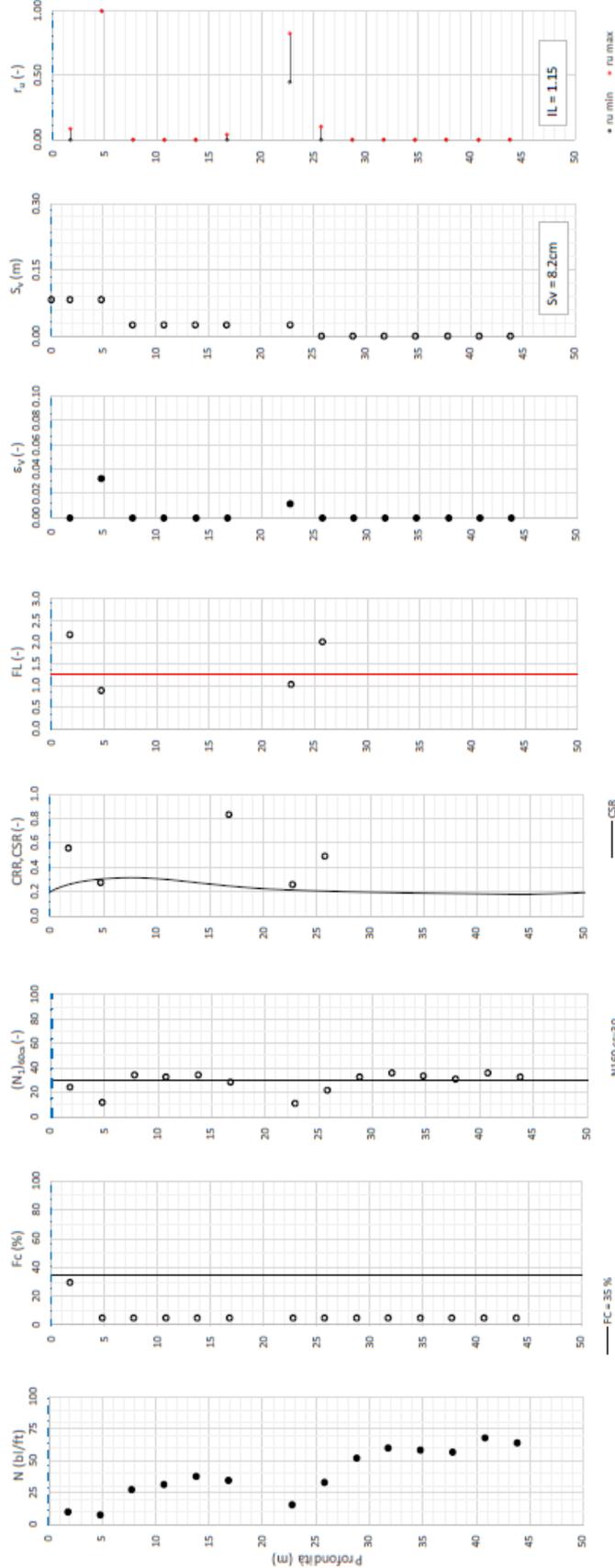
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CFTU-PE-05 Pr. 10-555
 $a_{max} = 0.307g$ $M_{calc} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEER 1994 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 2m



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1. - Prova BH-PE-21 Pr. 10+500
 $a_{s,max} = 0.307g$ $M_{calc} = 6$ MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 2m



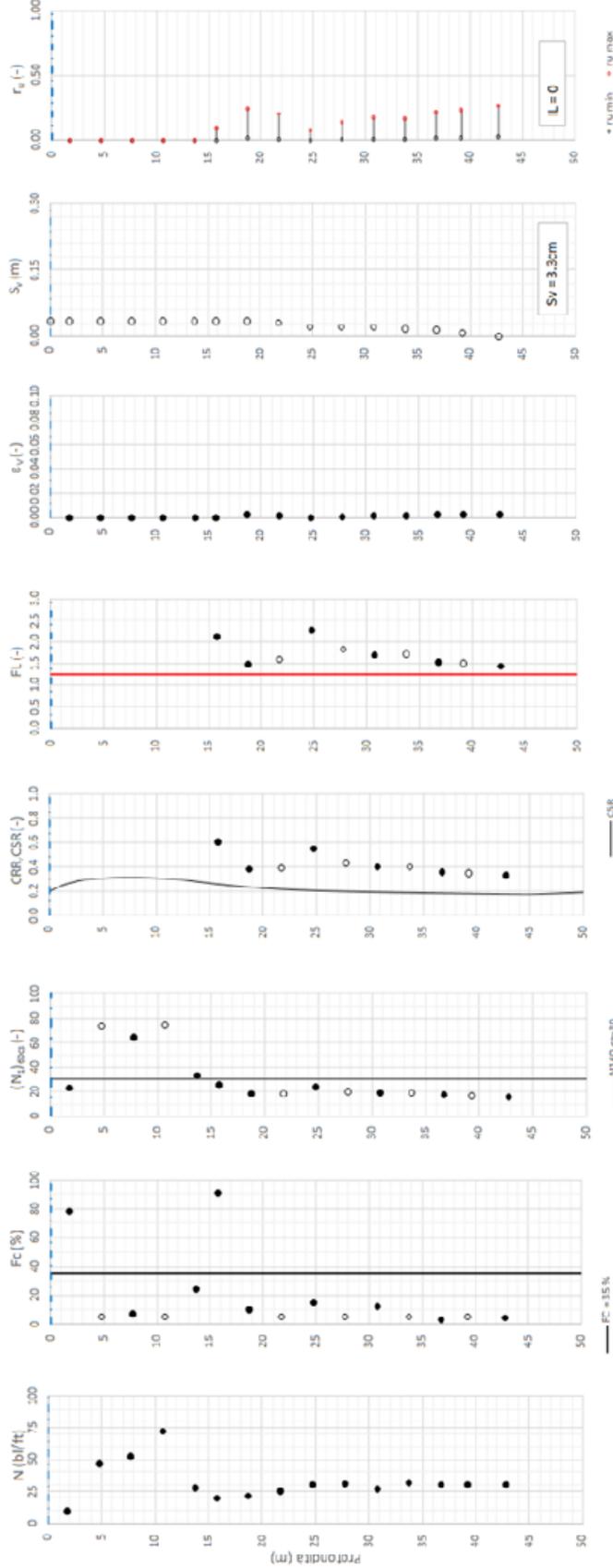
● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
 ○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

● nu min ● nu max

Figlio verifica e liquidazione Ingeg. 152

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Letto 1 - Prova BH-PE-22 Pr. 10+525
 $a_{max} = 0.397g$ $M_{crit} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 2m



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE

La zonazione del tracciato di progetto rispetto alla risposta sismica locale dei terreni presenti è stata svolta in accordo alle prescrizioni delle NTC2008, identificando la Categoria di Sottosuolo di appartenenza del sito sulla base dei dati delle indagini condotte. In particolare, l'associazione tra stratigrafia rilevata ai punti di interesse e relativa categoria di sottosuolo è stata condotta in funzione dei valori medi calcolati sui primi 30m di profondità della velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,30}$) definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$$

dove:

- h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, ricavata attraverso correlazioni.

A tale riguardo, i profili di V_s di riferimento per ogni tratto sono stati così determinati:

- per via diretta dai risultati delle prove geofisiche di tipo MASW, Downhole e Crosshole;
- per via indiretta, attraverso correlazioni di letteratura sui valori misurati nel corso delle prove penetrometriche dinamiche di tipo SPT. In particolare, per tenere conto dell'incertezza epistemica (legata nel caso specifico al database di rilievi alla base di ogni correlazione), l'analisi è stata condotta adottando diverse formulazioni, selezionate tra le più rappresentative per i terreni oggetto di analisi. Ai fini dell'analisi, per ogni punto SPT viene rappresentata la media ottenuta dalle correlazioni suddette;
- Per via indiretta, attraverso correlazioni di letteratura sui valori misurati nel corso delle prove penetrometriche statiche di tipo CPT. Come per le correlazioni sui valori SPT, per ogni verticale CPT viene rappresentato il profilo di V_s medio ottenuto dall'applicazione delle correlazioni suddette.

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento all'elaborato di progetto dedicato 'Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base' (Doc. Rif. [6]-[7]).

In particolare, si sintetizzano di seguito i risultati ottenuti per la tratta in cui ricade l'opera in esame:

- Lungo il tratto S4 (esteso dalla Prog. 7+555 alla 13+240) si osserva un ottimo accordo tra i risultati delle prove geofisiche MASW/downhole e i dati di correlazione su SPT e CPT. Il profilo di riferimento è crescente da 200 m/s vicino alla superficie, fino a 350 m/s a profondità maggiori. I primi 10 m della prova CH2 da Progetto Definitivo, rappresentano un outlier escluso dalle considerazioni qui esposte (V_s prossime a 800 m/s a profondità di 2-7.5 m sono del tutto non correlabili con la litologia in sito, e frutto ragionevolmente di difficoltà di acquisizione – rumore di fondo vicino alla superficie – o interpretazione).

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifia	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Tratto	Punto di interesse iniziale e finale (Tabella 1).	Prog.		WBS di riferimento	Vs,30 m/s
		da	a		
S4	P7-P13	7+555	13+240	TR06, VI01A, VI01B, VI01C, VI01D, RI12, RI13, RI14, RI15, VI02A, VI02B, RI16, RI17, VI03, RI18, RI19, RI20	318

In conclusione, sulla base delle informazioni disponibili, la tratta all'interno della quale ricade l'opera in esame può essere ragionevolmente classificata in **categoria C** ossia:

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)..”

L'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base può essere determinato secondo le NTC2008 attraverso l'impiego di un fattore di sito S funzione sia della categoria di sottosuolo (Ss) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica (ST):

$$S = S_s \cdot S_T$$

Il coefficiente Ss si ottiene per la Categoria C di sottosuolo attraverso la seguente espressione (vedi Tabella 3.2.V del par. 3.2.3 delle NTC2008):

$$S_s = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$$

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, considerato che il sito di interesse si trova su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1, ossia Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.IV al par.3.2.2. delle NTC2008), il fattore di amplificazione topografica è sempre $ST=1$.

Si faccia riferimento alle Relazioni di calcolo delle strutture afferenti l'opera in esame per l'individuazione dei valori assegnati ai parametri di definizione dell'azione sismica di progetto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

10. PALI DI FONDAZIONE

10.1. INTRODUZIONE

La progettazione dell'opera in esame prevede la necessità di adozione di fondazioni profonde, realizzate mediante l'utilizzo di pali trivellati di grande diametro. In particolare, si sfruttano per le fondazioni dell'opera in esame pali di diametro $\Phi 1200$.

Si riportano, nei paragrafi a seguire, le modalità e i criteri adottati per le verifiche geotecniche agli Stati Limite Ultimi SLU e agli Stati Limite di Esercizio SLE delle fondazioni su pali, conformemente con le prescrizioni riportate nella normativa di riferimento per il progetto – DM 14.1.2008.

10.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) DI TIPO GEOTECNICO

Conformemente con quanto prescritto nel par. 6.4.3.1 del DM 14.1.2008, le verifiche geotecniche devono essere effettuate con riferimento allo sviluppo di meccanismi di collasso per carico limite della palificata, ed in particolare devono essere indagati nel caso in esame:

SLU di tipo geotecnico (GEO):

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione.

Le verifiche sopra elencate sono state effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali precisati a seguire, seguendo l'**Approccio normativo 2 - Combinazione 1: A1+M1+R3**, in accordo con il DM 14.1.2008 (cfr. §6.4.3.1). I valori dei coefficienti parziali per le azioni A1 sono stati desunti, per l'opera in esame, dal par. 5.1.3.12 del DM 14.1.2008, relativo al capitolo sui 'Ponti stradali', quello dei coefficienti delle resistenze R3 fanno riferimento alla Tab. 6.4.II, per carichi assiali, e alla Tab. 6.4.VI del DM 14.1.2008, per carichi trasversali; i coefficienti per i materiali M1 sono unitari, in accordo alla Tab. 6.2.II del DM 14.1.2008. Nel caso sismico, si assumono i coefficienti delle azioni A1 unitari, come da §7.11.5.3- del DM 14.1.2008.

Il peso del palo, in accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3 del DM 14.1.2008, deve essere incluso tra le azioni permanenti.

Le Tabelle di riferimento per i coefficienti parziali delle azioni, dei materiali e delle resistenze caratteristiche, sono riportate nelle Figure seguenti.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 11: Valori dei coefficienti parziali per le azioni – Tabella 5.1.V del DM 14.1.2008

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

Figura 12: Valori dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno – Tabella 6.2.II del DM 14.1.2008

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

Figura 13: Valori dei coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche – Tabella 6.4.II del DM 14.1.2008

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,6$	$\gamma_r = 1,3$

Figura 14: Valori dei coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche di pali soggetti a carichi trasversali – Tabella 6.4.VI del DM 14.1.2008

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

10.2.1. Carico limite nei riguardi dei carichi assiali

Si riportano nel presente paragrafo i criteri di valutazione della capacità portante di progetto dei pali di fondazione nei confronti dei carichi assiali.

Metodi di valutazione delle portate di progetto del palo singolo

Si fa presente che, con riferimento alle procedure analitiche che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza a compressione del palo (o trazione) $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,cal}$ ($R_{t,cal}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella Tab. 6.4.IV del DM 14.1.2008, in funzione del numero n di verticali di indagine:

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

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

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

Figura 15: Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate – Tabella 6.4.IV del DM 14.1.2008

Nel caso dell'opera in esame, si sono considerate $n=3$ verticali di riferimento, trascurando cautelativamente le due indagini più distanti.

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" sottoposto a compressione è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{dc} = Q_{ll} / FSL + Q_{bl} / FSB - W_{p-s}$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite,

Q_{bl} = portata di base limite,

W_{p-s} = peso del palo al netto del peso del terreno asportato,

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale (= $\xi \cdot \gamma_s$).

FSB = fattore di sicurezza per la portata di base (= $\xi \cdot \gamma_b$).

La portata a trazione di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{dt} = Q_{ll} / FSL + W'_p$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite (da determinarsi in conformità a quanto già descritto nel precedente paragrafo),

W'_p = peso efficace del palo: alleggerito se sotto falda,

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale (= $\gamma_{st} \cdot \xi$).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

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

dove:

D = diametro palo,

τ_i = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

h_i = altezza dello strato i-esimo.

Depositi coesivi

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

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

dove c_{uk} indica la coesione non drenata caratteristica e α è il coefficiente empirico ricavato sulla base di quanto riportato nelle FHWA (2010):

$\alpha = 0$ between the ground surface and a depth of 5 ft or to the depth of seasonal moisture change, whichever is greater

$\alpha = 0.55$ along remaining portions of the shaft for $\frac{s_u}{p_a} \leq 1.5$

$\alpha = 0.55 - 0.1 \left(\frac{s_u}{p_a} - 1.5 \right)$ along remaining portions of the shaft for $1.5 \leq \frac{s_u}{p_a} \leq 2.5$

con $p_a = 100 \text{ kPa}$ (pressione atmosferica) e s_u , valore caratteristico della coesione non drenata.

La resistenza laterale così determinata per i terreni coesivi viene massimizzata con:

$$\tau_{us,max} = 100 \text{ kPa.}$$

Si precisa che i valori della tensione di adesione laterale, valutati per i depositi coesivi, con le formulazioni sopra riportate, non potranno comunque assumere valori inferiori a $0.23 \cdot \sigma'_{v0}$, dove σ'_{v0} indica la tensione verticale efficace alla quota di riferimento.

Depositi incoerenti

Per i terreni incoerenti la tensione di aderenza laterale limite è valutata con la seguente espressione:

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

dove σ'_{v0} indica la tensione verticale efficace alla quota di riferimento e β il coefficiente valutato con le formulazioni proposte da Reese e O'Neill, 1999:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

Sabbie

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

Sabbie ghiaiose

$$\beta = 2.0 - 0.147 \cdot z^{0.75} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.80)$$

La resistenza laterale così determinata per i terreni incoerenti viene massimizzata con:

$$\tau_{us,max} = 150 \text{ kPa.}$$

Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite vengono utilizzate le seguenti relazioni:

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

dove:

A_p = area della base del palo,

q_{bl} = portata limite specifica di base.

Depositi coesivi

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

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

dove:

c_{uk} = resistenza a taglio non drenata caratteristica.

Depositi incoerenti

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

$$q_{b,ult} \text{ (kPa)} = N_q \cdot \sigma'_{v0} \leq q_{bcr, 0.1}$$

dove σ'_{v0} indica la tensione verticale efficace alla quota di riferimento e il coefficiente N_q è valutato in accordo alle formulazioni di Berezantzev (1965), in funzione del valore dell'angolo di attrito dello strato di riferimento, ridotto di 3° : $\phi_d = \phi - 3^\circ$.

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

Generalmente sono disponibili dati SPT, quindi si possono utilizzare le indicazioni di Reese e O'Neill, 1988, Fioravante et al., 1995:

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

Quando sono disponibili dati penetrometrici, si è considerata la seguente espressione (Fioravante et al., 1995 e Ghionna et al., 1994, Lancellotta et al., 2011):

$$q_{bcr 0.1} \cong 0.15 \div 0.18 q_c$$

Terreni stratificati

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite rimangono analoghi a quelli descritti precedentemente. In accordo a quanto discusso in Meyerhof (1976) la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi andrà abbattuta rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo, in accordo a quanto rappresentato nella figura seguente. In pratica nel caso di terreno stratificato, la mobilitazione dell'intera resistenza di base disponibile è subordinato alla condizione che il palo penetri nello strato portante per almeno 3 diametri; viceversa man mano che la base del palo si avvicina ad uno strato inferiore di minore resistenza, la resistenza comincia a diminuire fino ad uguagliare al confine il valore che compete alla rottura dello strato più debole.

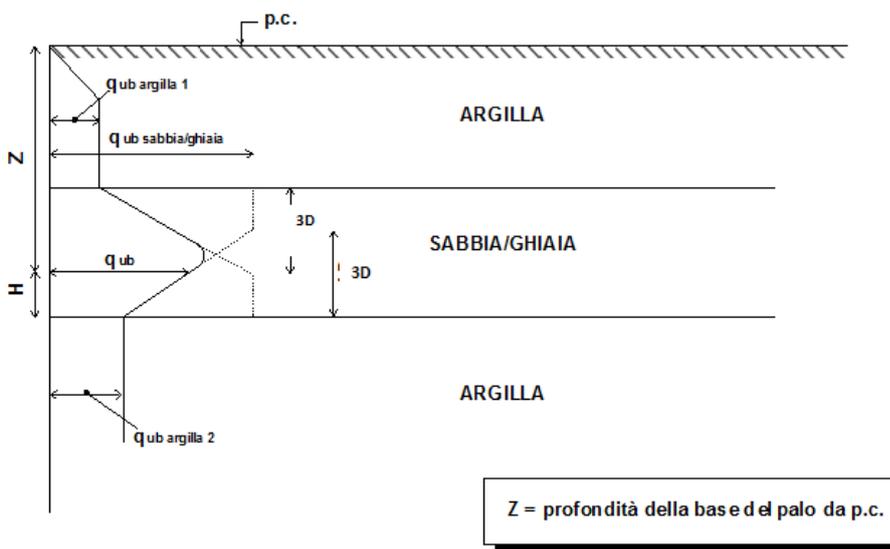


Figura 16: Criterio di valutazione della pressione ultima di base (q_{ub}) in terreni stratificati

Presenza di strati liquefacibili

Nella valutazione della capacità portante verticale del palo singolo, si è tenuto conto degli strati potenzialmente liquefacibili, annullando le due aliquote di resistenza per attrito laterale e di base, in corrispondenza dei tratti interessati. Il fenomeno della liquefazione è stato considerato esclusivamente nella valutazione delle resistenze a compressione e trazione in sisma.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

Curve di portanza del palo singolo

Si riportano a seguire le curve di portanza di progetto ricavate secondo i criteri e le formulazioni riportate nei paragrafi precedenti, per pali $\Phi 1200$, soggetti a compressione e trazione, in condizioni statiche e sismiche.

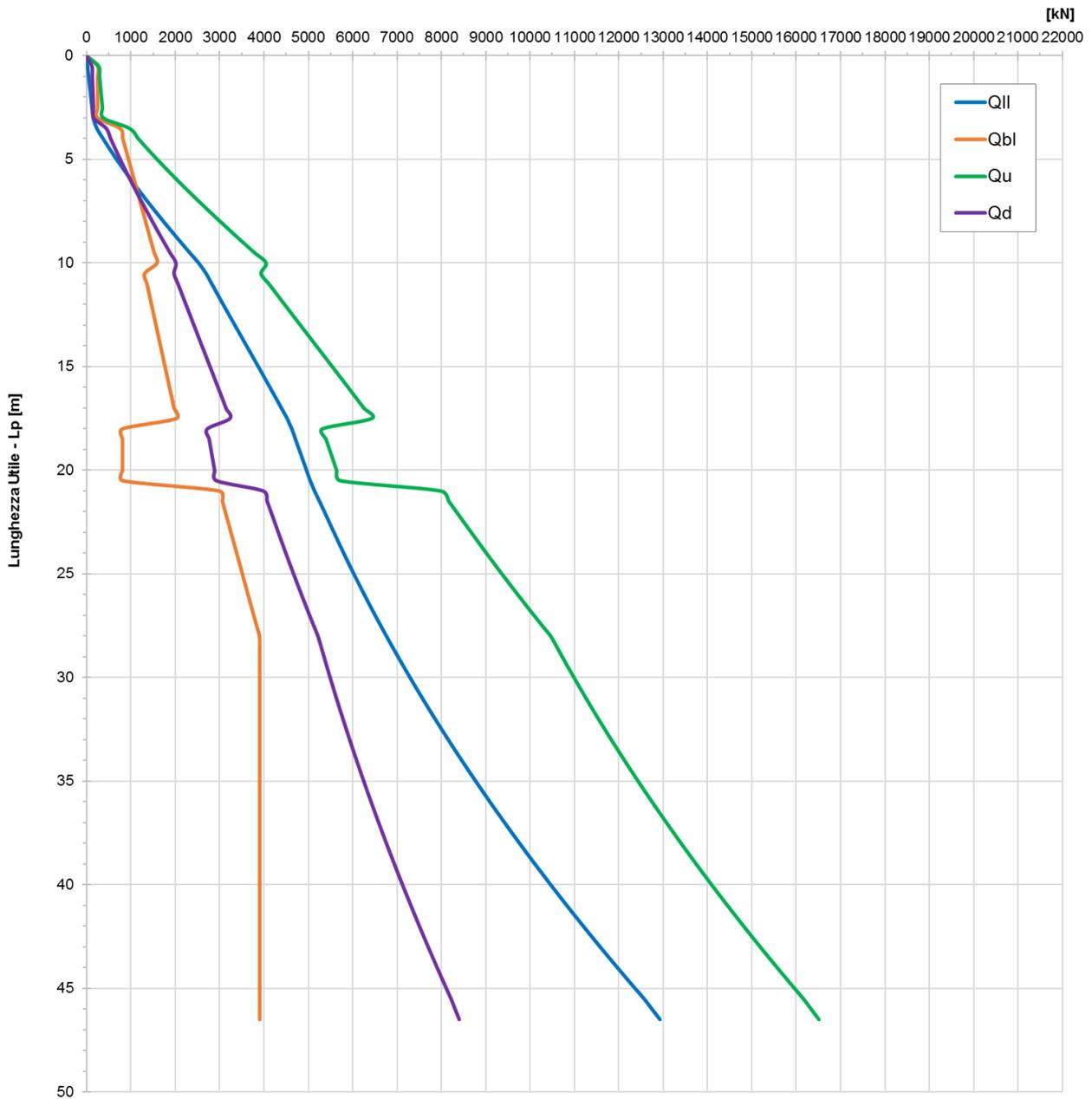
Si precisa che, in accordo con quanto riportato nelle formulazioni esplicitate nei paragrafi precedenti, le curve individuate tengono conto anche del peso del palo, secondo le modalità indicate. Nella condizione di palo soggetto a compressione è stato assunto come carico permanente sfavorevole, mentre nella condizione di calcolo di palo sottoposto a trazione è stato assunto come azione permanente favorevole.

I termini indicati nei grafici fanno riferimento alle seguenti grandezze relative al singolo palo:

- Q_l: Resistenza laterale di calcolo (kN)
- Q_{bl}: Resistenza di base di calcolo (kN)
- Q_u: Resistenza ultima a compressione/trazione (kN)
- Q_d: Resistenza di progetto a compressione/trazione (kN)

	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A

**IV02 - pk 10536.9 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 1.2m -
Compressione**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifia

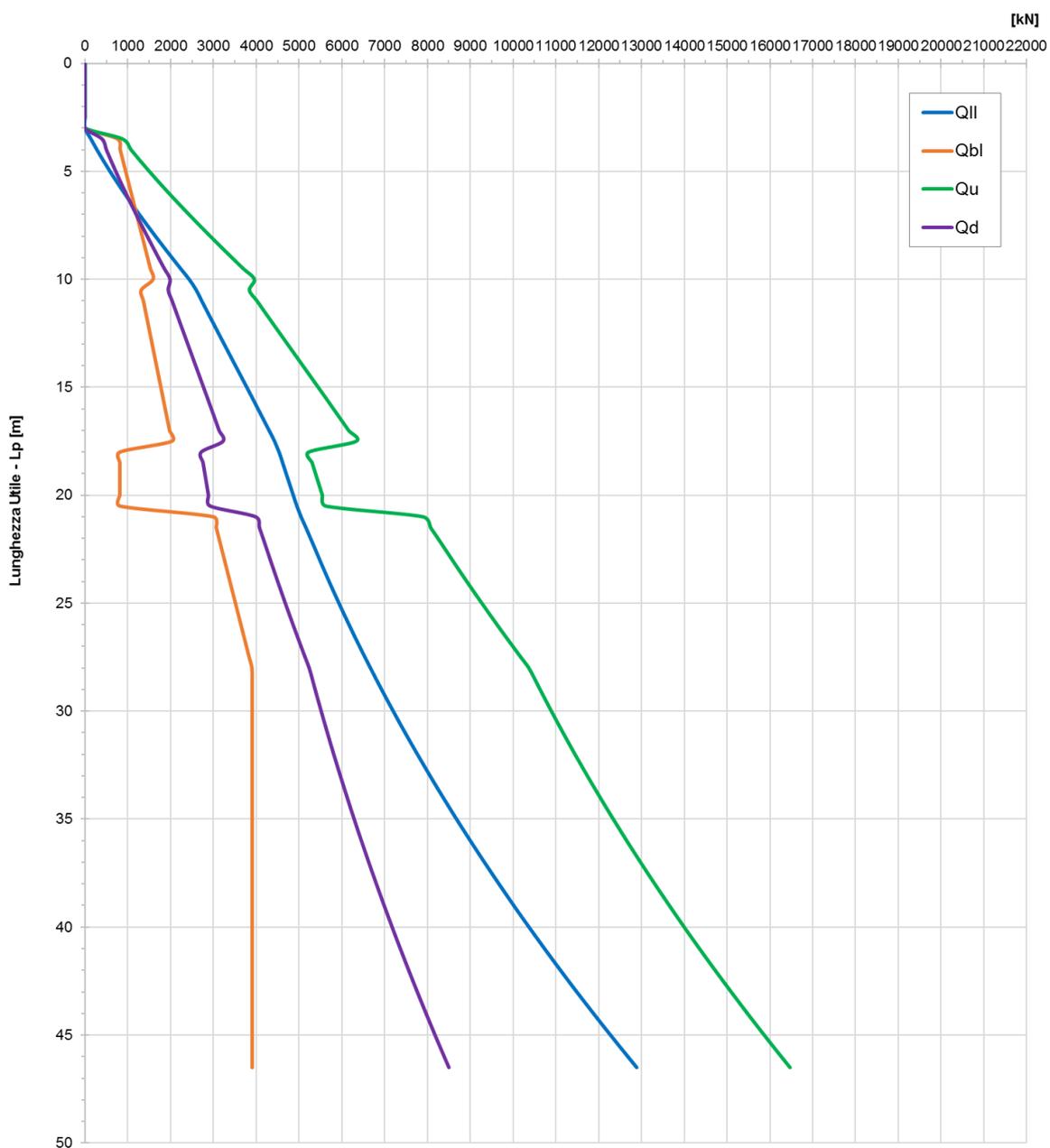
IN17

12

EI2RBIV0200001

A

**IV02 - pk 10536.9 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 1.2m -
Compressione in sisma**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

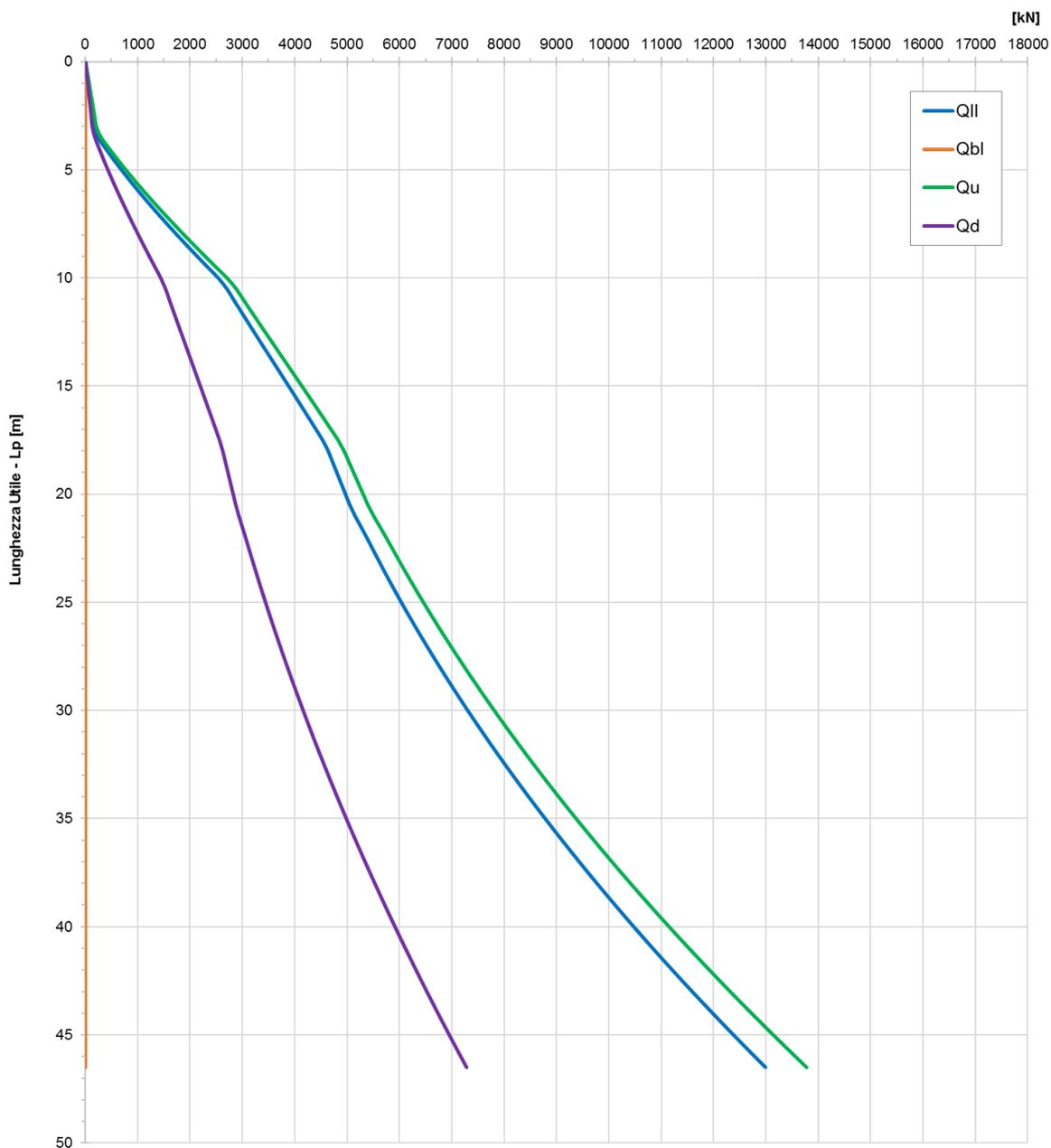
12

Codifica

EI2RBIV0200001

A

IV02 - pk 10536.9 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 1.2m - Trazione



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

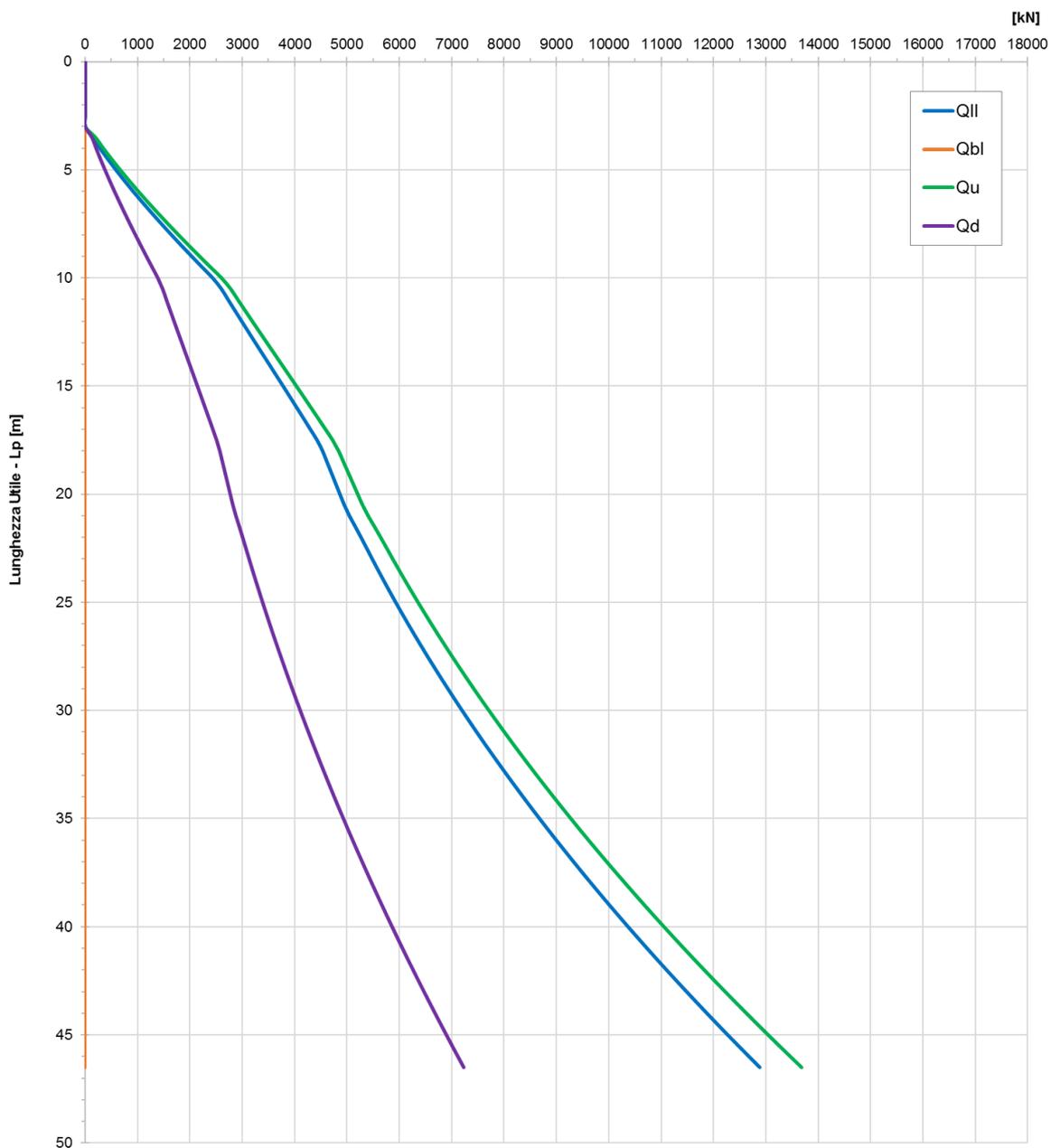
IN17

12

EI2RBIV0200001

A

IV02 - pk 10536.9 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 1.2m - Trazione in sisma



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Tabella 8 – Carico limite palo $\Phi 1200$ IV02 Approccio 2 – Compressione

WBS	Opera	IV02
D	Diametro palo	1.20 m
Ap	Area base palo	1.13 mq
s	Superficie laterale del palo	3.77 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	1.84
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3-gb)	2.16

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	Qll	Qll/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	Wp	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	0.00	0.0	0.00	0.0	-	0.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5	-	0.00	8.8	5.00	3.8	-	0.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	17.5	10.00	7.5	-	0.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.5	-	0.00	26.3	15.00	11.3	-	0.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.0	-	0.00	35.0	20.00	15.0	-	0.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	-	0.00	43.8	25.00	18.8	-	0.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.0	-	0.00	52.5	30.00	22.5	-	0.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	0.0	0.00	61.3	35.00	26.3	0.0	0.0	100	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
4.0	0.5	0.00	70.0	40.00	30.0	13.8	13.8	100	26	14	-	-	225	254	118	4	276	126
4.5	1.0	0.00	78.8	45.00	33.8	13.8	13.8	100	52	28	-	-	225	254	118	8	298	134
5.0	1.5	0.00	87.5	50.00	37.5	13.8	13.8	100	78	42	-	-	225	254	118	13	319	143
5.5	2.0	0.00	96.3	55.00	41.3	13.8	13.8	100	104	56	-	-	225	254	118	17	341	151
6.0	2.5	0.00	105.0	60.00	45.0	13.8	13.8	100	130	70	-	-	225	254	118	21	363	160
6.5	3.0	0.00	113.8	65.00	48.8	13.8	13.8	100	155	84	-	-	225	254	118	25	384	168
7.0	3.5	1.37	123.3	70.00	53.3	72.8	43.3	150	237	129	13	2475	670	757	351	24	970	447
7.5	4.0	1.33	132.8	75.00	57.8	77.0	74.9	150	378	206	13	2475	726	821	380	27	1172	549
8.0	4.5	1.30	142.3	80.00	62.3	81.0	79.0	150	527	286	13	2475	783	885	410	31	1382	655
8.5	5.0	1.27	151.8	85.00	66.8	84.7	82.8	150	683	371	13	2475	840	949	439	34	1598	765
9.0	5.5	1.24	161.3	90.00	71.3	88.1	86.4	150	846	460	13	2475	896	1013	469	37	1821	878
9.5	6.0	1.20	170.8	95.00	75.8	91.2	89.7	150	1015	551	13	2475	953	1077	499	41	2051	995
10.0	6.5	1.17	180.3	100.00	80.3	94.2	92.7	150	1189	646	13	2475	1009	1141	528	44	2286	1115
10.5	7.0	1.14	189.8	105.00	84.8	96.8	95.5	150	1369	744	13	2475	1066	1205	558	47	2527	1238
11.0	7.5	1.11	199.3	110.00	89.3	99.3	98.0	150	1554	845	13	2475	1123	1269	588	51	2772	1363
11.5	8.0	1.08	208.8	115.00	93.8	101.4	100.3	150	1743	947	13	2475	1179	1333	617	54	3022	1491
12.0	8.5	1.05	218.3	120.00	98.3	103.4	102.4	150	1936	1052	13	2475	1236	1397	647	58	3275	1621
12.5	9.0	1.02	227.8	125.00	102.8	105.1	104.2	150	2132	1159	13	2475	1292	1461	676	61	3532	1753
13.0	9.5	0.99	237.3	130.00	107.3	106.6	105.8	150	2332	1267	13	2475	1349	1525	706	64	3792	1886

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA								
																		
										Progetto		Lotto		Codifica				
										IN17		12		EI2RBIV0200001				A

13.5	10.0	0.96	246.8	135.00	111.8	107.8	107.2	150	2534	1377	13	2475	1406	1589	736	68	4055	2021
14.0	10.5	0.58	256.3	140.00	116.3	67.8	87.8	150	2699	1467	10	2700	1161	1312	608	71	3940	1978
14.5	11.0	0.57	265.8	145.00	120.8	68.5	68.1	150	2827	1537	10	2700	1206	1363	631	75	4116	2067
15.0	11.5	0.55	275.3	150.00	125.3	69.0	68.8	150	2957	1607	10	2700	1251	1414	655	78	4293	2156
15.5	12.0	0.54	284.8	155.00	129.8	69.5	69.3	150	3087	1678	10	2700	1296	1465	678	81	4471	2246
16.0	12.5	0.52	294.3	160.00	134.3	69.8	69.6	150	3219	1749	10	2700	1341	1515	702	85	4649	2336
16.5	13.0	0.50	303.8	165.00	138.8	70.0	69.9	150	3350	1821	10	2700	1386	1566	725	88	4828	2427
17.0	13.5	0.49	313.3	170.00	143.3	70.2	70.1	150	3482	1893	10	2700	1431	1617	749	92	5008	2518
17.5	14.0	0.48	322.8	175.00	147.8	70.2	70.2	150	3615	1964	10	2700	1475	1668	772	95	5188	2608
18.0	14.5	0.46	332.3	180.00	152.3	70.1	70.2	150	3747	2036	10	2700	1520	1719	796	98	5367	2699
18.5	15.0	0.45	341.8	185.00	156.8	69.9	70.0	150	3879	2108	10	2700	1565	1769	819	102	5546	2790
19.0	15.5	0.43	351.3	190.00	161.3	69.7	69.8	150	4010	2179	10	2700	1610	1820	843	105	5725	2880
19.5	16.0	0.42	360.8	195.00	165.8	69.3	69.5	150	4141	2251	10	2700	1655	1871	866	109	5904	2970
20.0	16.5	0.40	370.3	200.00	170.3	68.8	69.1	150	4271	2321	10	2700	1700	1922	890	112	6081	3060
20.5	17.0	0.39	379.8	205.00	174.8	68.3	68.6	150	4400	2392	10	2700	1745	1973	913	115	6258	3149
21.0	17.5	0.38	389.3	210.00	179.3	67.6	68.0	150	4528	2461	10	2700	1790	2023	937	119	6433	3238
21.5	18.0	0.00	398.8	215.00	183.8	44.0	55.8	100	4634	2518	-		720	814	377	122	5325	2730
22.0	18.5	0.00	408.3	220.00	188.3	44.0	44.0	100	4717	2563	-		720	814	377	125	5405	2771
22.5	19.0	0.00	417.8	225.00	192.8	44.0	44.0	100	4799	2608	-		720	814	377	129	5484	2811
23.0	19.5	0.00	427.3	230.00	197.3	44.0	44.0	100	4882	2653	-		720	814	377	132	5564	2852
23.5	20.0	0.00	436.8	235.00	201.8	44.0	44.0	100	4965	2698	-		720	814	377	136	5643	2892
24.0	20.5	0.00	446.3	240.00	206.3	44.0	44.0	100	5048	2744	-		720	814	377	139	5723	2933
24.5	21.0	0.29	455.8	245.00	210.8	60.6	52.3	150	5147	2797	13	3450	2651	2997	1387	142	8001	3992
25.0	21.5	0.28	465.3	250.00	215.3	59.2	59.9	150	5259	2858	13	3450	2708	3061	1417	146	8174	4078
25.5	22.0	0.26	474.8	255.00	219.8	57.8	58.5	150	5370	2918	13	3450	2764	3125	1447	149	8345	4163
26.0	22.5	0.25	484.3	260.00	224.3	56.2	57.0	150	5477	2977	13	3450	2821	3189	1476	153	8513	4247
26.5	23.0	0.25	493.8	265.00	228.8	57.2	56.7	150	5584	3035	13	3450	2877	3253	1506	156	8680	4330
27.0	23.5	0.25	503.3	270.00	233.3	58.3	57.8	150	5693	3094	13	3450	2934	3317	1535	159	8850	4414
27.5	24.0	0.25	512.8	275.00	237.8	59.4	58.9	150	5803	3154	13	3450	2991	3381	1565	163	9021	4499
28.0	24.5	0.25	522.3	280.00	242.3	60.6	60.0	150	5917	3215	13	3450	3047	3445	1595	166	9195	4586
28.5	25.0	0.25	531.8	285.00	246.8	61.7	61	150	6032	3278	13	3450	3104	3509	1624	170	9371	4674
29.0	25.5	0.25	541.3	290.00	251.3	62.8	62	150	6149	3342	13	3450	3160	3573	1654	173	9549	4762
29.5	26.0	0.25	550.8	295.00	255.8	63.9	63	150	6268	3407	13	3450	3217	3637	1684	176	9729	4852
30.0	26.5	0.25	560.3	300.00	260.3	65.1	65	150	6390	3473	13	3450	3274	3701	1713	180	9911	4943
30.5	27.0	0.25	569.8	305.00	264.8	66.2	66	150	6514	3540	13	3450	3330	3765	1743	183	10095	5036
31.0	27.5	0.25	579.3	310.00	269.3	67.3	67	150	6639	3608	13	3450	3387	3828	1772	187	10281	5129
31.5	28.0	0.25	588.8	315.00	273.8	68.4	68	150	6767	3678	13	3450	3443	3892	1802	190	10470	5223
32.0	28.5	0.25	598.3	320.00	278.3	69.6	69	150	6897	3748	13	3450	3450	3900	1806	193	10604	5293
32.5	29.0	0.25	607.8	325.00	282.8	70.7	70	150	7029	3820	13	3450	3450	3900	1806	197	10732	5360
33.0	29.5	0.25	617.3	330.00	287.3	71.8	71	150	7163	3893	13	3450	3450	3900	1806	200	10863	5429
33.5	30.0	0.25	626.8	335.00	291.8	72.9	72	150	7300	3967	13	3450	3450	3900	1806	203	10996	5498

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A

34.0	30.5	0.25	636.3	340.00	296.3	74.1	74	150	7438	4043	13	3450	3450	3900	1806	207	11131	5569
34.5	31.0	0.25	645.8	345.00	300.8	75.2	75	150	7579	4119	13	3450	3450	3900	1806	210	11269	5641
35.0	31.5	0.25	655.3	350.00	305.3	76.3	76	150	7722	4197	13	3450	3450	3900	1806	214	11408	5714
35.5	32.0	0.25	664.8	355.00	309.8	77.4	77	150	7866	4275	13	3450	3450	3900	1806	217	11549	5788
36.0	32.5	0.25	674.3	360.00	314.3	78.6	78	150	8013	4355	13	3450	3450	3900	1806	220	11693	5863
36.5	33.0	0.25	683.8	365.00	318.8	79.7	79	150	8162	4436	13	3450	3450	3900	1806	224	11839	5939
37.0	33.5	0.25	693.3	370.00	323.3	80.8	80	150	8314	4518	13	3450	3450	3900	1806	227	11986	6017
37.5	34.0	0.25	702.8	375.00	327.8	81.9	81	150	8467	4602	13	3450	3450	3900	1806	231	12136	6096
38.0	34.5	0.25	712.3	380.00	332.3	83.1	83	150	8622	4686	13	3450	3450	3900	1806	234	12288	6176
38.5	35.0	0.25	721.8	385.00	336.8	84.2	84	150	8780	4772	13	3450	3450	3900	1806	237	12442	6257
39.0	35.5	0.25	731.3	390.00	341.3	85.3	85	150	8940	4858	13	3450	3450	3900	1806	241	12599	6339
39.5	36.0	0.25	740.8	395.00	345.8	86.4	86	150	9101	4946	13	3450	3450	3900	1806	244	12757	6422
40.0	36.5	0.25	750.3	400.00	350.3	87.6	87	150	9265	5036	13	3450	3450	3900	1806	248	12918	6507
40.5	37.0	0.25	759.8	405.00	354.8	88.7	88	150	9431	5126	13	3450	3450	3900	1806	251	13080	6592
41.0	37.5	0.25	769.3	410.00	359.3	89.8	89	150	9600	5217	13	3450	3450	3900	1806	254	13245	6679
41.5	38.0	0.25	778.8	415.00	363.8	90.9	90	150	9770	5310	13	3450	3450	3900	1806	258	13412	6767
42.0	38.5	0.25	788.3	420.00	368.3	92.1	92	150	9942	5403	13	3450	3450	3900	1806	261	13581	6856
42.5	39.0	0.25	797.8	425.00	372.8	93.2	93	150	10117	5498	13	3450	3450	3900	1806	265	13752	6947
43.0	39.5	0.25	807.3	430.00	377.3	94.3	94	150	10293	5594	13	3450	3450	3900	1806	268	13925	7038
43.5	40.0	0.25	816.8	435.00	381.8	95.4	95	150	10472	5691	13	3450	3450	3900	1806	271	14101	7131
44.0	40.5	0.25	826.3	440.00	386.3	96.6	96	150	10653	5790	13	3450	3450	3900	1806	275	14278	7224
44.5	41.0	0.25	835.8	445.00	390.8	97.7	97	150	10836	5889	13	3450	3450	3900	1806	278	14458	7319
45.0	41.5	0.25	845.3	450.00	395.3	98.8	98	150	11021	5990	13	3450	3450	3900	1806	281	14639	7415
45.5	42.0	0.25	854.8	455.00	399.8	99.9	99	150	11208	6091	13	3450	3450	3900	1806	285	14823	7512
46.0	42.5	0.25	864.3	460.00	404.3	101.1	101	150	11398	6194	13	3450	3450	3900	1806	288	15009	7611
46.5	43.0	0.25	873.8	465.00	408.8	102.2	102	150	11589	6298	13	3450	3450	3900	1806	292	15197	7710
47.0	43.5	0.25	883.3	470.00	413.3	103.3	103	150	11783	6404	13	3450	3450	3900	1806	295	15387	7811
47.5	44.0	0.25	892.8	475.00	417.8	104.4	104	150	11978	6510	13	3450	3450	3900	1806	298	15580	7913
48.0	44.5	0.25	902.3	480.00	422.3	105.6	105	150	12176	6617	13	3450	3450	3900	1806	302	15774	8015
48.5	45.0	0.25	911.8	485.00	426.8	106.7	106	150	12376	6726	13	3450	3450	3900	1806	305	15971	8120
49.0	45.5	0.25	921.3	490.00	431.3	107.8	107	150	12578	6836	13	3450	3450	3900	1806	309	16169	8225
49.5	46.0	0.25	930.8	495.00	435.8	108.9	108	150	12756	6933	13	3450	3450	3900	1806	312	16344	8317
50.0	46.5	0.25	940.3	500.00	440.3	110.1	110	150	12937	7031	13	3450	3450	3900	1806	315	16521	8411

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Tabella 9 – Carico limite palo $\Phi 1200$ IV02 Approccio 2 – Compressione in sisma

WBS	Opera	IV02
D	Diametro palo	1.20 m
Ap	Area base palo	1.13 mq
s	Superficie laterale del palo	3.77 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	1.84
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3-gb)	2.16

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	QII	QII/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	Wp	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	1.20	0.0	0.00	0.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
0.5	-	1.20	8.8	5.00	3.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.0	-	1.20	17.5	10.00	7.5	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.5	-	1.20	26.3	15.00	11.3	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.0	-	1.15	35.0	20.00	15.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.5	-	1.11	43.8	25.00	18.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
3.0	-	1.08	52.5	30.00	22.5	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
3.5	0.0	1.04	61.3	35.00	26.3	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0.5	1.01	70.0	40.00	30.0	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	4	0	0
4.5	1.0	0.98	78.8	45.00	33.8	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	8	0	0
5.0	1.5	0.95	87.5	50.00	37.5	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	13	0	0
5.5	2.0	0.93	96.3	55.00	41.3	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	17	0	0
6.0	2.5	0.90	105.0	60.00	45.0	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	21	0	0
6.5	3.0	0.88	113.8	65.00	48.8	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	25	0	0
7.0	3.5	1.37	123.3	70.00	53.3	72.8	72.8	150	137	75	13	2475	670	757	351	24	871	401
7.5	4.0	1.33	132.8	75.00	57.8	77.0	74.9	150	278	151	13	2475	726	821	380	27	1072	504
8.0	4.5	1.30	142.3	80.00	62.3	81.0	79.0	150	427	232	13	2475	783	885	410	31	1282	611
8.5	5.0	1.27	151.8	85.00	66.8	84.7	82.8	150	583	317	13	2475	840	949	439	34	1498	722
9.0	5.5	1.24	161.3	90.00	71.3	88.1	86.4	150	746	405	13	2475	896	1013	469	37	1722	837
9.5	6.0	1.20	170.8	95.00	75.8	91.2	89.7	150	915	497	13	2475	953	1077	499	41	1951	955
10.0	6.5	1.17	180.3	100.00	80.3	94.2	92.7	150	1089	592	13	2475	1009	1141	528	44	2186	1076
10.5	7.0	1.14	189.8	105.00	84.8	96.8	95.5	150	1269	690	13	2475	1066	1205	558	47	2427	1200
11.0	7.5	1.11	199.3	110.00	89.3	99.3	98.0	150	1454	790	13	2475	1123	1269	588	51	2672	1327
11.5	8.0	1.08	208.8	115.00	93.8	101.4	100.3	150	1643	893	13	2475	1179	1333	617	54	2922	1456
12.0	8.5	1.05	218.3	120.00	98.3	103.4	102.4	150	1836	998	13	2475	1236	1397	647	58	3175	1587
12.5	9.0	1.02	227.8	125.00	102.8	105.1	104.2	150	2032	1105	13	2475	1292	1461	676	61	3432	1720
13.0	9.5	0.99	237.3	130.00	107.3	106.6	105.8	150	2232	1213	13	2475	1349	1525	706	64	3692	1855

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA								
																		
										Progetto		Lotto		Codifia				
										IN17		12		EI2RBIV0200001				A

13.5	10.0	0.96	246.8	135.00	111.8	107.8	107.2	150	2434	1323	13	2475	1406	1589	736	68	3955	1991
14.0	10.5	0.58	256.3	140.00	116.3	67.8	87.8	150	2599	1413	10	2700	1161	1312	608	71	3840	1949
14.5	11.0	0.57	265.8	145.00	120.8	68.5	68.1	150	2728	1482	10	2700	1206	1363	631	75	4016	2039
15.0	11.5	0.55	275.3	150.00	125.3	69.0	68.8	150	2857	1553	10	2700	1251	1414	655	78	4193	2129
15.5	12.0	0.54	284.8	155.00	129.8	69.5	69.3	150	2988	1624	10	2700	1296	1465	678	81	4371	2220
16.0	12.5	0.52	294.3	160.00	134.3	69.8	69.6	150	3119	1695	10	2700	1341	1515	702	85	4549	2312
16.5	13.0	0.50	303.8	165.00	138.8	70.0	69.9	150	3251	1767	10	2700	1386	1566	725	88	4729	2404
17.0	13.5	0.49	313.3	170.00	143.3	70.2	70.1	150	3383	1838	10	2700	1431	1617	749	92	4908	2495
17.5	14.0	0.48	322.8	175.00	147.8	70.2	70.2	150	3515	1910	10	2700	1475	1668	772	95	5088	2587
18.0	14.5	0.46	332.3	180.00	152.3	70.1	70.2	150	3647	1982	10	2700	1520	1719	796	98	5267	2679
18.5	15.0	0.45	341.8	185.00	156.8	69.9	70.0	150	3779	2054	10	2700	1565	1769	819	102	5447	2771
19.0	15.5	0.43	351.3	190.00	161.3	69.7	69.8	150	3910	2125	10	2700	1610	1820	843	105	5626	2863
19.5	16.0	0.42	360.8	195.00	165.8	69.3	69.5	150	4041	2196	10	2700	1655	1871	866	109	5804	2954
20.0	16.5	0.40	370.3	200.00	170.3	68.8	69.1	150	4171	2267	10	2700	1700	1922	890	112	5981	3045
20.5	17.0	0.39	379.8	205.00	174.8	68.3	68.6	150	4301	2337	10	2700	1745	1973	913	115	6158	3135
21.0	17.5	0.38	389.3	210.00	179.3	67.6	68.0	150	4429	2407	10	2700	1790	2023	937	119	6333	3225
21.5	18.0	0.00	398.8	215.00	183.8	44.0	55.8	100	4534	2464	-		720	814	377	122	5226	2719
22.0	18.5	0.00	408.3	220.00	188.3	44.0	44.0	100	4617	2509	-		720	814	377	125	5305	2760
22.5	19.0	0.00	417.8	225.00	192.8	44.0	44.0	100	4700	2554	-		720	814	377	129	5385	2802
23.0	19.5	0.00	427.3	230.00	197.3	44.0	44.0	100	4783	2599	-		720	814	377	132	5464	2844
23.5	20.0	0.00	436.8	235.00	201.8	44.0	44.0	100	4865	2644	-		720	814	377	136	5544	2885
24.0	20.5	0.00	446.3	240.00	206.3	44.0	44.0	100	4948	2689	-		720	814	377	139	5623	2927
24.5	21.0	0.29	455.8	245.00	210.8	60.6	52.3	150	5047	2743	13	3450	2651	2997	1387	142	7901	3988
25.0	21.5	0.28	465.3	250.00	215.3	59.2	59.9	150	5160	2804	13	3450	2708	3061	1417	146	8074	4075
25.5	22.0	0.26	474.8	255.00	219.8	57.8	58.5	150	5270	2864	13	3450	2764	3125	1447	149	8245	4161
26.0	22.5	0.25	484.3	260.00	224.3	56.2	57.0	150	5377	2922	13	3450	2821	3189	1476	153	8413	4246
26.5	23.0	0.25	493.8	265.00	228.8	57.2	56.7	150	5484	2980	13	3450	2877	3253	1506	156	8581	4330
27.0	23.5	0.25	503.3	270.00	233.3	58.3	57.8	150	5593	3040	13	3450	2934	3317	1535	159	8750	4416
27.5	24.0	0.25	512.8	275.00	237.8	59.4	58.9	150	5704	3100	13	3450	2991	3381	1565	163	8922	4502
28.0	24.5	0.25	522.3	280.00	242.3	60.6	60.0	150	5817	3161	13	3450	3047	3445	1595	166	9095	4590
28.5	25.0	0.25	531.8	285.00	246.8	61.7	61	150	5932	3224	13	3450	3104	3509	1624	170	9271	4679
29.0	25.5	0.25	541.3	290.00	251.3	62.8	62	150	6049	3288	13	3450	3160	3573	1654	173	9449	4769
29.5	26.0	0.25	550.8	295.00	255.8	63.9	63	150	6169	3352	13	3450	3217	3637	1684	176	9629	4860
30.0	26.5	0.25	560.3	300.00	260.3	65.1	65	150	6290	3419	13	3450	3274	3701	1713	180	9811	4952
30.5	27.0	0.25	569.8	305.00	264.8	66.2	66	150	6414	3486	13	3450	3330	3765	1743	183	9995	5045
31.0	27.5	0.25	579.3	310.00	269.3	67.3	67	150	6539	3554	13	3450	3387	3828	1772	187	10181	5140
31.5	28.0	0.25	588.8	315.00	273.8	68.4	68	150	6667	3624	13	3450	3443	3892	1802	190	10370	5236
32.0	28.5	0.25	598.3	320.00	278.3	69.6	69	150	6797	3694	13	3450	3450	3900	1806	193	10504	5306
32.5	29.0	0.25	607.8	325.00	282.8	70.7	70	150	6929	3766	13	3450	3450	3900	1806	197	10633	5375
33.0	29.5	0.25	617.3	330.00	287.3	71.8	71	150	7064	3839	13	3450	3450	3900	1806	200	10763	5444
33.5	30.0	0.25	626.8	335.00	291.8	72.9	72	150	7200	3913	13	3450	3450	3900	1806	203	10896	5515

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA									
																			
										Progetto		Lotto		Codifica					
										IN17		12		EI2RBIV0200001				A	

34.0	30.5	0.25	636.3	340.00	296.3	74.1	74	150	7339	3988	13	3450	3450	3900	1806	207	11032	5587
34.5	31.0	0.25	645.8	345.00	300.8	75.2	75	150	7479	4065	13	3450	3450	3900	1806	210	11169	5660
35.0	31.5	0.25	655.3	350.00	305.3	76.3	76	150	7622	4142	13	3450	3450	3900	1806	214	11308	5734
35.5	32.0	0.25	664.8	355.00	309.8	77.4	77	150	7767	4221	13	3450	3450	3900	1806	217	11450	5809
36.0	32.5	0.25	674.3	360.00	314.3	78.6	78	150	7914	4301	13	3450	3450	3900	1806	220	11593	5886
36.5	33.0	0.25	683.8	365.00	318.8	79.7	79	150	8063	4382	13	3450	3450	3900	1806	224	11739	5964
37.0	33.5	0.25	693.3	370.00	323.3	80.8	80	150	8214	4464	13	3450	3450	3900	1806	227	11887	6042
37.5	34.0	0.25	702.8	375.00	327.8	81.9	81	150	8367	4547	13	3450	3450	3900	1806	231	12036	6122
38.0	34.5	0.25	712.3	380.00	332.3	83.1	83	150	8523	4632	13	3450	3450	3900	1806	234	12189	6203
38.5	35.0	0.25	721.8	385.00	336.8	84.2	84	150	8680	4717	13	3450	3450	3900	1806	237	12343	6286
39.0	35.5	0.25	731.3	390.00	341.3	85.3	85	150	8840	4804	13	3450	3450	3900	1806	241	12499	6369
39.5	36.0	0.25	740.8	395.00	345.8	86.4	86	150	9002	4892	13	3450	3450	3900	1806	244	12657	6454
40.0	36.5	0.25	750.3	400.00	350.3	87.6	87	150	9166	4981	13	3450	3450	3900	1806	248	12818	6539
40.5	37.0	0.25	759.8	405.00	354.8	88.7	88	150	9332	5072	13	3450	3450	3900	1806	251	12980	6626
41.0	37.5	0.25	769.3	410.00	359.3	89.8	89	150	9500	5163	13	3450	3450	3900	1806	254	13145	6714
41.5	38.0	0.25	778.8	415.00	363.8	90.9	90	150	9670	5255	13	3450	3450	3900	1806	258	13312	6803
42.0	38.5	0.25	788.3	420.00	368.3	92.1	92	150	9842	5349	13	3450	3450	3900	1806	261	13481	6893
42.5	39.0	0.25	797.8	425.00	372.8	93.2	93	150	10017	5444	13	3450	3450	3900	1806	265	13652	6985
43.0	39.5	0.25	807.3	430.00	377.3	94.3	94	150	10193	5540	13	3450	3450	3900	1806	268	13825	7078
43.5	40.0	0.25	816.8	435.00	381.8	95.4	95	150	10372	5637	13	3450	3450	3900	1806	271	14001	7171
44.0	40.5	0.25	826.3	440.00	386.3	96.6	96	150	10553	5735	13	3450	3450	3900	1806	275	14178	7266
44.5	41.0	0.25	835.8	445.00	390.8	97.7	97	150	10736	5835	13	3450	3450	3900	1806	278	14358	7362
45.0	41.5	0.25	845.3	450.00	395.3	98.8	98	150	10921	5935	13	3450	3450	3900	1806	281	14540	7459
45.5	42.0	0.25	854.8	455.00	399.8	99.9	99	150	11108	6037	13	3450	3450	3900	1806	285	14723	7558
46.0	42.5	0.25	864.3	460.00	404.3	101.1	101	150	11298	6140	13	3450	3450	3900	1806	288	14909	7657
46.5	43.0	0.25	873.8	465.00	408.8	102.2	102	150	11489	6244	13	3450	3450	3900	1806	292	15097	7758
47.0	43.5	0.25	883.3	470.00	413.3	103.3	103	150	11683	6349	13	3450	3450	3900	1806	295	15288	7860
47.5	44.0	0.25	892.8	475.00	417.8	104.4	104	150	11878	6456	13	3450	3450	3900	1806	298	15480	7963
48.0	44.5	0.25	902.3	480.00	422.3	105.6	105	150	12076	6563	13	3450	3450	3900	1806	302	15674	8067
48.5	45.0	0.25	911.8	485.00	426.8	106.7	106	150	12276	6672	13	3450	3450	3900	1806	305	15871	8172
49.0	45.5	0.25	921.3	490.00	431.3	107.8	107	150	12478	6782	13	3450	3450	3900	1806	309	16070	8279
49.5	46.0	0.25	930.8	495.00	435.8	108.9	108	150	12682	6893	13	3450	3450	3900	1806	312	16270	8386
50.0	46.5	0.25	940.3	500.00	440.3	110.1	110	150	12889	7005	13	3450	3450	3900	1806	315	16473	8495

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Tabella 10 – Carico limite palo $\Phi 1200$ IV02 Approccio 2 – Trazione

WBS	Opera	IV02
D	Diametro palo	1.20 m
Ap	Area base palo	1.13 mq
s	Superficie laterale del palo	3.77 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	2.00

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	Qll	Qll/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	W'p	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	0.00	0.0	0.00	0.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
0.5	-	0.00	8.8	5.00	3.8	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	17.5	10.00	7.5	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	-	0.00	26.3	15.00	11.3	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.0	-	0.00	35.0	20.00	15.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.5	-	0.00	43.8	25.00	18.8	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
3.0	-	0.00	52.5	30.00	22.5	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
3.5	0.0	0.00	61.3	35.00	26.3	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
4.0	0.5	0.00	70.0	40.00	30.0	13.8	13.8	100	26	13	-		0	0	0	8	34	21
4.5	1.0	0.00	78.8	45.00	33.8	13.8	13.8	100	52	26	-		0	0	0	17	69	43
5.0	1.5	0.00	87.5	50.00	37.5	13.8	13.8	100	78	39	-		0	0	0	25	103	64
5.5	2.0	0.00	96.3	55.00	41.3	13.8	13.8	100	104	52	-		0	0	0	34	138	86
6.0	2.5	0.00	105.0	60.00	45.0	13.8	13.8	100	130	65	-		0	0	0	42	172	107
6.5	3.0	0.00	113.8	65.00	48.8	13.8	13.8	100	155	78	-		0	0	0	51	206	129
7.0	3.5	1.37	123.3	70.00	53.3	72.8	43.3	150	237	118	13	2475	0	0	0	59	296	178
7.5	4.0	1.33	132.8	75.00	57.8	77.0	74.9	150	378	189	13	2475	0	0	0	68	446	257
8.0	4.5	1.30	142.3	80.00	62.3	81.0	79.0	150	527	263	13	2475	0	0	0	76	603	340
8.5	5.0	1.27	151.8	85.00	66.8	84.7	82.8	150	683	341	13	2475	0	0	0	85	768	426
9.0	5.5	1.24	161.3	90.00	71.3	88.1	86.4	150	846	423	13	2475	0	0	0	93	939	516
9.5	6.0	1.20	170.8	95.00	75.8	91.2	89.7	150	1015	507	13	2475	0	0	0	102	1116	609
10.0	6.5	1.17	180.3	100.00	80.3	94.2	92.7	150	1189	595	13	2475	0	0	0	110	1299	705
10.5	7.0	1.14	189.8	105.00	84.8	96.8	95.5	150	1369	685	13	2475	0	0	0	119	1488	803
11.0	7.5	1.11	199.3	110.00	89.3	99.3	98.0	150	1554	777	13	2475	0	0	0	127	1681	904
11.5	8.0	1.08	208.8	115.00	93.8	101.4	100.3	150	1743	871	13	2475	0	0	0	136	1879	1007
12.0	8.5	1.05	218.3	120.00	98.3	103.4	102.4	150	1936	968	13	2475	0	0	0	144	2080	1112
12.5	9.0	1.02	227.8	125.00	102.8	105.1	104.2	150	2132	1066	13	2475	0	0	0	153	2285	1219
13.0	9.5	0.99	237.3	130.00	107.3	106.6	105.8	150	2332	1166	13	2475	0	0	0	161	2493	1327
13.5	10.0	0.96	246.8	135.00	111.8	107.8	107.2	150	2534	1267	13	2475	0	0	0	170	2703	1436
14.0	10.5	0.58	256.3	140.00	116.3	67.8	87.8	150	2699	1349	10	2700	0	0	0	178	2877	1528

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA								
																		
										Progetto		Lotto		Codifica				
										IN17		12		E12RBIV0200001				A

14.5	11.0	0.57	265.8	145.00	120.8	68.5	68.1	150	2827	1414	10	2700	0	0	0	187	3014	1600
15.0	11.5	0.55	275.3	150.00	125.3	69.0	68.8	150	2957	1478	10	2700	0	0	0	195	3152	1673
15.5	12.0	0.54	284.8	155.00	129.8	69.5	69.3	150	3087	1544	10	2700	0	0	0	203	3291	1747
16.0	12.5	0.52	294.3	160.00	134.3	69.8	69.6	150	3219	1609	10	2700	0	0	0	212	3431	1821
16.5	13.0	0.50	303.8	165.00	138.8	70.0	69.9	150	3350	1675	10	2700	0	0	0	220	3571	1896
17.0	13.5	0.49	313.3	170.00	143.3	70.2	70.1	150	3482	1741	10	2700	0	0	0	229	3711	1970
17.5	14.0	0.48	322.8	175.00	147.8	70.2	70.2	150	3615	1807	10	2700	0	0	0	237	3852	2045
18.0	14.5	0.46	332.3	180.00	152.3	70.1	70.2	150	3747	1873	10	2700	0	0	0	246	3993	2119
18.5	15.0	0.45	341.8	185.00	156.8	69.9	70.0	150	3879	1939	10	2700	0	0	0	254	4133	2194
19.0	15.5	0.43	351.3	190.00	161.3	69.7	69.8	150	4010	2005	10	2700	0	0	0	263	4273	2268
19.5	16.0	0.42	360.8	195.00	165.8	69.3	69.5	150	4141	2071	10	2700	0	0	0	271	4412	2342
20.0	16.5	0.40	370.3	200.00	170.3	68.8	69.1	150	4271	2136	10	2700	0	0	0	280	4551	2415
20.5	17.0	0.39	379.8	205.00	174.8	68.3	68.6	150	4400	2200	10	2700	0	0	0	288	4689	2488
21.0	17.5	0.38	389.3	210.00	179.3	67.6	68.0	150	4528	2264	10	2700	0	0	0	297	4825	2561
21.5	18.0	0.00	398.8	215.00	183.8	44.0	55.8	100	4634	2317	-		0	0	0	305	4939	2622
22.0	18.5	0.00	408.3	220.00	188.3	44.0	44.0	100	4717	2358	-		0	0	0	314	5030	2672
22.5	19.0	0.00	417.8	225.00	192.8	44.0	44.0	100	4799	2400	-		0	0	0	322	5122	2722
23.0	19.5	0.00	427.3	230.00	197.3	44.0	44.0	100	4882	2441	-		0	0	0	331	5213	2772
23.5	20.0	0.00	436.8	235.00	201.8	44.0	44.0	100	4965	2483	-		0	0	0	339	5304	2822
24.0	20.5	0.00	446.3	240.00	206.3	44.0	44.0	100	5048	2524	-		0	0	0	348	5396	2872
24.5	21.0	0.29	455.8	245.00	210.8	60.6	52.3	150	5147	2573	13	3450	0	0	0	356	5503	2929
25.0	21.5	0.28	465.3	250.00	215.3	59.2	59.9	150	5259	2630	13	3450	0	0	0	365	5624	2994
25.5	22.0	0.26	474.8	255.00	219.8	57.8	58.5	150	5370	2685	13	3450	0	0	0	373	5743	3058
26.0	22.5	0.25	484.3	260.00	224.3	56.2	57.0	150	5477	2738	13	3450	0	0	0	382	5858	3120
26.5	23.0	0.25	493.8	265.00	228.8	57.2	56.7	150	5584	2792	13	3450	0	0	0	390	5974	3182
27.0	23.5	0.25	503.3	270.00	233.3	58.3	57.8	150	5693	2846	13	3450	0	0	0	398	6091	3245
27.5	24.0	0.25	512.8	275.00	237.8	59.4	58.9	150	5803	2902	13	3450	0	0	0	407	6210	3309
28.0	24.5	0.25	522.3	280.00	242.3	60.6	60.0	150	5917	2958	13	3450	0	0	0	415	6332	3374
28.5	25.0	0.25	531.8	285.00	246.8	61.7	61	150	6032	3016	13	3450	0	0	0	424	6456	3440
29.0	25.5	0.25	541.3	290.00	251.3	62.8	62	150	6149	3074	13	3450	0	0	0	432	6581	3507
29.5	26.0	0.25	550.8	295.00	255.8	63.9	63	150	6268	3134	13	3450	0	0	0	441	6709	3575
30.0	26.5	0.25	560.3	300.00	260.3	65.1	65	150	6390	3195	13	3450	0	0	0	449	6839	3644
30.5	27.0	0.25	569.8	305.00	264.8	66.2	66	150	6514	3257	13	3450	0	0	0	458	6971	3715
31.0	27.5	0.25	579.3	310.00	269.3	67.3	67	150	6639	3320	13	3450	0	0	0	466	7106	3786
31.5	28.0	0.25	588.8	315.00	273.8	68.4	68	150	6767	3384	13	3450	0	0	0	475	7242	3858
32.0	28.5	0.25	598.3	320.00	278.3	69.6	69	150	6897	3449	13	3450	0	0	0	483	7380	3932
32.5	29.0	0.25	607.8	325.00	282.8	70.7	70	150	7029	3515	13	3450	0	0	0	492	7521	4006
33.0	29.5	0.25	617.3	330.00	287.3	71.8	71	150	7163	3582	13	3450	0	0	0	500	7664	4082
33.5	30.0	0.25	626.8	335.00	291.8	72.9	72	150	7300	3650	13	3450	0	0	0	509	7809	4159
34.0	30.5	0.25	636.3	340.00	296.3	74.1	74	150	7438	3719	13	3450	0	0	0	517	7955	4236
34.5	31.0	0.25	645.8	345.00	300.8	75.2	75	150	7579	3789	13	3450	0	0	0	526	8105	4315

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A

35.0	31.5	0.25	655.3	350.00	305.3	76.3	76	150	7722	3861	13	3450	0	0	0	534	8256	4395
35.5	32.0	0.25	664.8	355.00	309.8	77.4	77	150	7866	3933	13	3450	0	0	0	543	8409	4476
36.0	32.5	0.25	674.3	360.00	314.3	78.6	78	150	8013	4007	13	3450	0	0	0	551	8564	4558
36.5	33.0	0.25	683.8	365.00	318.8	79.7	79	150	8162	4081	13	3450	0	0	0	560	8722	4641
37.0	33.5	0.25	693.3	370.00	323.3	80.8	80	150	8314	4157	13	3450	0	0	0	568	8882	4725
37.5	34.0	0.25	702.8	375.00	327.8	81.9	81	150	8467	4233	13	3450	0	0	0	577	9043	4810
38.0	34.5	0.25	712.3	380.00	332.3	83.1	83	150	8622	4311	13	3450	0	0	0	585	9207	4896
38.5	35.0	0.25	721.8	385.00	336.8	84.2	84	150	8780	4390	13	3450	0	0	0	593	9373	4983
39.0	35.5	0.25	731.3	390.00	341.3	85.3	85	150	8940	4470	13	3450	0	0	0	602	9542	5072
39.5	36.0	0.25	740.8	395.00	345.8	86.4	86	150	9101	4551	13	3450	0	0	0	610	9712	5161
40.0	36.5	0.25	750.3	400.00	350.3	87.6	87	150	9265	4633	13	3450	0	0	0	619	9884	5252
40.5	37.0	0.25	759.8	405.00	354.8	88.7	88	150	9431	4716	13	3450	0	0	0	627	10059	5343
41.0	37.5	0.25	769.3	410.00	359.3	89.8	89	150	9600	4800	13	3450	0	0	0	636	10235	5436
41.5	38.0	0.25	778.8	415.00	363.8	90.9	90	150	9770	4885	13	3450	0	0	0	644	10414	5529
42.0	38.5	0.25	788.3	420.00	368.3	92.1	92	150	9942	4971	13	3450	0	0	0	653	10595	5624
42.5	39.0	0.25	797.8	425.00	372.8	93.2	93	150	10117	5058	13	3450	0	0	0	661	10778	5720
43.0	39.5	0.25	807.3	430.00	377.3	94.3	94	150	10293	5147	13	3450	0	0	0	670	10963	5816
43.5	40.0	0.25	816.8	435.00	381.8	95.4	95	150	10472	5236	13	3450	0	0	0	678	11150	5914
44.0	40.5	0.25	826.3	440.00	386.3	96.6	96	150	10653	5326	13	3450	0	0	0	687	11340	6013
44.5	41.0	0.25	835.8	445.00	390.8	97.7	97	150	10836	5418	13	3450	0	0	0	695	11531	6113
45.0	41.5	0.25	845.3	450.00	395.3	98.8	98	150	11021	5510	13	3450	0	0	0	704	11725	6214
45.5	42.0	0.25	854.8	455.00	399.8	99.9	99	150	11208	5604	13	3450	0	0	0	712	11920	6316
46.0	42.5	0.25	864.3	460.00	404.3	101.1	101	150	11398	5699	13	3450	0	0	0	721	12118	6419
46.5	43.0	0.25	873.8	465.00	408.8	102.2	102	150	11589	5795	13	3450	0	0	0	729	12318	6524
47.0	43.5	0.25	883.3	470.00	413.3	103.3	103	150	11783	5891	13	3450	0	0	0	738	12520	6629
47.5	44.0	0.25	892.8	475.00	417.8	104.4	104	150	11978	5989	13	3450	0	0	0	746	12724	6735
48.0	44.5	0.25	902.3	480.00	422.3	105.6	105	150	12176	6088	13	3450	0	0	0	755	12931	6843
48.5	45.0	0.25	911.8	485.00	426.8	106.7	106	150	12376	6188	13	3450	0	0	0	763	13139	6951
49.0	45.5	0.25	921.3	490.00	431.3	107.8	107	150	12578	6289	13	3450	0	0	0	771	13350	7061
49.5	46.0	0.25	930.8	495.00	435.8	108.9	108	150	12782	6391	13	3450	0	0	0	780	13562	7171
50.0	46.5	0.25	940.3	500.00	440.3	110.1	110	150	12989	6494	13	3450	0	0	0	788	13777	7283

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Tabella 11 – Carico limite palo $\Phi 1200$ IV02 Approccio 2 – Trazione in sisma

WBS	Opera	IV02
D	Diametro palo	1.20 m
Ap	Area base palo	1.13 mq
s	Superficie laterale del palo	3.77 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3·gs)	2.00

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	QII	QII/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	W'p	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	1.20	0.0	0.00	0.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
0.5	-	1.20	8.8	5.00	3.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.0	-	1.20	17.5	10.00	7.5	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.5	-	1.20	26.3	15.00	11.3	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.0	-	1.15	35.0	20.00	15.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.5	-	1.11	43.8	25.00	18.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
3.0	-	1.08	52.5	30.00	22.5	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
3.5	0.0	1.04	61.3	35.00	26.3	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0.5	1.01	70.0	40.00	30.0	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	8	0	0
4.5	1.0	0.98	78.8	45.00	33.8	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	17	0	0
5.0	1.5	0.95	87.5	50.00	37.5	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	25	0	0
5.5	2.0	0.93	96.3	55.00	41.3	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	34	0	0
6.0	2.5	0.90	105.0	60.00	45.0	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	42	0	0
6.5	3.0	0.88	113.8	65.00	48.8	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	51	0	0
7.0	3.5	1.37	123.3	70.00	53.3	72.8	72.8	150	137	69	13	2475	0	0	0	59	197	128
7.5	4.0	1.33	132.8	75.00	57.8	77.0	74.9	150	278	139	13	2475	0	0	0	68	346	207
8.0	4.5	1.30	142.3	80.00	62.3	81.0	79.0	150	427	214	13	2475	0	0	0	76	503	290
8.5	5.0	1.27	151.8	85.00	66.8	84.7	82.8	150	583	292	13	2475	0	0	0	85	668	376
9.0	5.5	1.24	161.3	90.00	71.3	88.1	86.4	150	746	373	13	2475	0	0	0	93	839	466
9.5	6.0	1.20	170.8	95.00	75.8	91.2	89.7	150	915	457	13	2475	0	0	0	102	1017	559
10.0	6.5	1.17	180.3	100.00	80.3	94.2	92.7	150	1089	545	13	2475	0	0	0	110	1200	655
10.5	7.0	1.14	189.8	105.00	84.8	96.8	95.5	150	1269	635	13	2475	0	0	0	119	1388	753
11.0	7.5	1.11	199.3	110.00	89.3	99.3	98.0	150	1454	727	13	2475	0	0	0	127	1581	854
11.5	8.0	1.08	208.8	115.00	93.8	101.4	100.3	150	1643	822	13	2475	0	0	0	136	1779	957
12.0	8.5	1.05	218.3	120.00	98.3	103.4	102.4	150	1836	918	13	2475	0	0	0	144	1980	1062
12.5	9.0	1.02	227.8	125.00	102.8	105.1	104.2	150	2032	1016	13	2475	0	0	0	153	2185	1169
13.0	9.5	0.99	237.3	130.00	107.3	106.6	105.8	150	2232	1116	13	2475	0	0	0	161	2393	1277
13.5	10.0	0.96	246.8	135.00	111.8	107.8	107.2	150	2434	1217	13	2475	0	0	0	170	2603	1386
14.0	10.5	0.58	256.3	140.00	116.3	67.8	87.8	150	2599	1300	10	2700	0	0	0	178	2777	1478

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	12	EI2RBIV0200001	A

14.5	11.0	0.57	265.8	145.00	120.8	68.5	68.1	150	2728	1364	10	2700	0	0	0	187	2914	1550
15.0	11.5	0.55	275.3	150.00	125.3	69.0	68.8	150	2857	1429	10	2700	0	0	0	195	3052	1624
15.5	12.0	0.54	284.8	155.00	129.8	69.5	69.3	150	2988	1494	10	2700	0	0	0	203	3191	1697
16.0	12.5	0.52	294.3	160.00	134.3	69.8	69.6	150	3119	1559	10	2700	0	0	0	212	3331	1771
16.5	13.0	0.50	303.8	165.00	138.8	70.0	69.9	150	3251	1625	10	2700	0	0	0	220	3471	1846
17.0	13.5	0.49	313.3	170.00	143.3	70.2	70.1	150	3383	1691	10	2700	0	0	0	229	3612	1920
17.5	14.0	0.48	322.8	175.00	147.8	70.2	70.2	150	3515	1757	10	2700	0	0	0	237	3752	1995
18.0	14.5	0.46	332.3	180.00	152.3	70.1	70.2	150	3647	1823	10	2700	0	0	0	246	3893	2069
18.5	15.0	0.45	341.8	185.00	156.8	69.9	70.0	150	3779	1889	10	2700	0	0	0	254	4033	2144
19.0	15.5	0.43	351.3	190.00	161.3	69.7	69.8	150	3910	1955	10	2700	0	0	0	263	4173	2218
19.5	16.0	0.42	360.8	195.00	165.8	69.3	69.5	150	4041	2021	10	2700	0	0	0	271	4313	2292
20.0	16.5	0.40	370.3	200.00	170.3	68.8	69.1	150	4171	2086	10	2700	0	0	0	280	4451	2366
20.5	17.0	0.39	379.8	205.00	174.8	68.3	68.6	150	4301	2150	10	2700	0	0	0	288	4589	2439
21.0	17.5	0.38	389.3	210.00	179.3	67.6	68.0	150	4429	2214	10	2700	0	0	0	297	4725	2511
21.5	18.0	0.00	398.8	215.00	183.8	44.0	55.8	100	4534	2267	-		0	0	0	305	4839	2572
22.0	18.5	0.00	408.3	220.00	188.3	44.0	44.0	100	4617	2308	-		0	0	0	314	4930	2622
22.5	19.0	0.00	417.8	225.00	192.8	44.0	44.0	100	4700	2350	-		0	0	0	322	5022	2672
23.0	19.5	0.00	427.3	230.00	197.3	44.0	44.0	100	4783	2391	-		0	0	0	331	5113	2722
23.5	20.0	0.00	436.8	235.00	201.8	44.0	44.0	100	4865	2433	-		0	0	0	339	5205	2772
24.0	20.5	0.00	446.3	240.00	206.3	44.0	44.0	100	4948	2474	-		0	0	0	348	5296	2822
24.5	21.0	0.29	455.8	245.00	210.8	60.6	52.3	150	5047	2523	13	3450	0	0	0	356	5403	2879
25.0	21.5	0.28	465.3	250.00	215.3	59.2	59.9	150	5160	2580	13	3450	0	0	0	365	5524	2944
25.5	22.0	0.26	474.8	255.00	219.8	57.8	58.5	150	5270	2635	13	3450	0	0	0	373	5643	3008
26.0	22.5	0.25	484.3	260.00	224.3	56.2	57.0	150	5377	2689	13	3450	0	0	0	382	5759	3070
26.5	23.0	0.25	493.8	265.00	228.8	57.2	56.7	150	5484	2742	13	3450	0	0	0	390	5874	3132
27.0	23.5	0.25	503.3	270.00	233.3	58.3	57.8	150	5593	2796	13	3450	0	0	0	398	5991	3195
27.5	24.0	0.25	512.8	275.00	237.8	59.4	58.9	150	5704	2852	13	3450	0	0	0	407	6111	3259
28.0	24.5	0.25	522.3	280.00	242.3	60.6	60.0	150	5817	2908	13	3450	0	0	0	415	6232	3324
28.5	25.0	0.25	531.8	285.00	246.8	61.7	61	150	5932	2966	13	3450	0	0	0	424	6356	3390
29.0	25.5	0.25	541.3	290.00	251.3	62.8	62	150	6049	3025	13	3450	0	0	0	432	6482	3457
29.5	26.0	0.25	550.8	295.00	255.8	63.9	63	150	6169	3084	13	3450	0	0	0	441	6609	3525
30.0	26.5	0.25	560.3	300.00	260.3	65.1	65	150	6290	3145	13	3450	0	0	0	449	6739	3594
30.5	27.0	0.25	569.8	305.00	264.8	66.2	66	150	6414	3207	13	3450	0	0	0	458	6872	3665
31.0	27.5	0.25	579.3	310.00	269.3	67.3	67	150	6539	3270	13	3450	0	0	0	466	7006	3736
31.5	28.0	0.25	588.8	315.00	273.8	68.4	68	150	6667	3334	13	3450	0	0	0	475	7142	3808
32.0	28.5	0.25	598.3	320.00	278.3	69.6	69	150	6797	3399	13	3450	0	0	0	483	7281	3882
32.5	29.0	0.25	607.8	325.00	282.8	70.7	70	150	6929	3465	13	3450	0	0	0	492	7421	3956
33.0	29.5	0.25	617.3	330.00	287.3	71.8	71	150	7064	3532	13	3450	0	0	0	500	7564	4032
33.5	30.0	0.25	626.8	335.00	291.8	72.9	72	150	7200	3600	13	3450	0	0	0	509	7709	4109
34.0	30.5	0.25	636.3	340.00	296.3	74.1	74	150	7339	3669	13	3450	0	0	0	517	7856	4186
34.5	31.0	0.25	645.8	345.00	300.8	75.2	75	150	7479	3740	13	3450	0	0	0	526	8005	4265

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA									
																			
										Progetto		Lotto		Codifica					
										IN17		12		EI2RBIV0200001				A	

35.0	31.5	0.25	655.3	350.00	305.3	76.3	76	150	7622	3811	13	3450	0	0	0	534	8156	4345
35.5	32.0	0.25	664.8	355.00	309.8	77.4	77	150	7767	3883	13	3450	0	0	0	543	8309	4426
36.0	32.5	0.25	674.3	360.00	314.3	78.6	78	150	7914	3957	13	3450	0	0	0	551	8465	4508
36.5	33.0	0.25	683.8	365.00	318.8	79.7	79	150	8063	4031	13	3450	0	0	0	560	8622	4591
37.0	33.5	0.25	693.3	370.00	323.3	80.8	80	150	8214	4107	13	3450	0	0	0	568	8782	4675
37.5	34.0	0.25	702.8	375.00	327.8	81.9	81	150	8367	4184	13	3450	0	0	0	577	8944	4760
38.0	34.5	0.25	712.3	380.00	332.3	83.1	83	150	8523	4261	13	3450	0	0	0	585	9108	4846
38.5	35.0	0.25	721.8	385.00	336.8	84.2	84	150	8680	4340	13	3450	0	0	0	593	9274	4934
39.0	35.5	0.25	731.3	390.00	341.3	85.3	85	150	8840	4420	13	3450	0	0	0	602	9442	5022
39.5	36.0	0.25	740.8	395.00	345.8	86.4	86	150	9002	4501	13	3450	0	0	0	610	9612	5111
40.0	36.5	0.25	750.3	400.00	350.3	87.6	87	150	9166	4583	13	3450	0	0	0	619	9784	5202
40.5	37.0	0.25	759.8	405.00	354.8	88.7	88	150	9332	4666	13	3450	0	0	0	627	9959	5293
41.0	37.5	0.25	769.3	410.00	359.3	89.8	89	150	9500	4750	13	3450	0	0	0	636	10136	5386
41.5	38.0	0.25	778.8	415.00	363.8	90.9	90	150	9670	4835	13	3450	0	0	0	644	10314	5479
42.0	38.5	0.25	788.3	420.00	368.3	92.1	92	150	9842	4921	13	3450	0	0	0	653	10495	5574
42.5	39.0	0.25	797.8	425.00	372.8	93.2	93	150	10017	5008	13	3450	0	0	0	661	10678	5670
43.0	39.5	0.25	807.3	430.00	377.3	94.3	94	150	10193	5097	13	3450	0	0	0	670	10863	5767
43.5	40.0	0.25	816.8	435.00	381.8	95.4	95	150	10372	5186	13	3450	0	0	0	678	11050	5864
44.0	40.5	0.25	826.3	440.00	386.3	96.6	96	150	10553	5277	13	3450	0	0	0	687	11240	5963
44.5	41.0	0.25	835.8	445.00	390.8	97.7	97	150	10736	5368	13	3450	0	0	0	695	11431	6063
45.0	41.5	0.25	845.3	450.00	395.3	98.8	98	150	10921	5461	13	3450	0	0	0	704	11625	6164
45.5	42.0	0.25	854.8	455.00	399.8	99.9	99	150	11108	5554	13	3450	0	0	0	712	11821	6266
46.0	42.5	0.25	864.3	460.00	404.3	101.1	101	150	11298	5649	13	3450	0	0	0	721	12018	6370
46.5	43.0	0.25	873.8	465.00	408.8	102.2	102	150	11489	5745	13	3450	0	0	0	729	12218	6474
47.0	43.5	0.25	883.3	470.00	413.3	103.3	103	150	11683	5841	13	3450	0	0	0	738	12420	6579
47.5	44.0	0.25	892.8	475.00	417.8	104.4	104	150	11878	5939	13	3450	0	0	0	746	12625	6685
48.0	44.5	0.25	902.3	480.00	422.3	105.6	105	150	12076	6038	13	3450	0	0	0	755	12831	6793
48.5	45.0	0.25	911.8	485.00	426.8	106.7	106	150	12276	6138	13	3450	0	0	0	763	13039	6901
49.0	45.5	0.25	921.3	490.00	431.3	107.8	107	150	12478	6239	13	3450	0	0	0	771	13250	7011
49.5	46.0	0.25	930.8	495.00	435.8	108.9	108	150	12682	6341	13	3450	0	0	0	780	13462	7121
50.0	46.5	0.25	940.3	500.00	440.3	110.1	110	150	12889	6444	13	3450	0	0	0	788	13677	7233

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

10.2.2. Carico limite nei riguardi dei carichi trasversali

Per quanto riguarda la verifica a carico limite orizzontale, questa è stata condotta tramite il metodo di Broms, 1964, secondo il quale, per pali lunghi (ipotesi che si configura per tutti i pali in esame), in terreni incoerenti sotto falda, non liberi di ruotare in testa, vale la seguente formulazione:

$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$$

Per terreni coesivi e per le ulteriori ipotesi di cui sopra, si considera invece la seguente formulazione:

$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

In cui:

H = carico limite orizzontale del palo

K_p = coefficiente di spinta passiva

d = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione del palo

c_u = coesione non drenata

Il valore di H, ridotto per i coefficienti di normativa come riportato di seguito, dovrà essere confrontato con il valore del taglio massimo agente in testa palo, dedotto dalle combinazioni SLU-SLV (V_{pd}):

$$H \lim = \frac{H}{\xi \cdot \gamma_T} \geq V_{pd}$$

Con ξ funzione del numero di verticali indagate per l'opera in esame e γ_T secondo l'approccio considerato. Considerando l'Approccio 2, il coefficiente γ_T sarà pari a 1.3 (Tab.6.4.VI – DM 14.1.2008).

Verrà tenuta in conto, ove previsto, la possibilità di liquefazione in condizioni sismiche. Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione situati nelle zone dove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, la teoria di Broms resta applicabile, ma non sono più utilizzabili le soluzioni semplificate, disponibili in forma chiusa e/o con abachi adimensionali. Per tale ragione è stato studiato un modello di calcolo, che pur basandosi sulla teoria di Broms, tenga conto delle peculiarità del caso in esame. Nella fattispecie, si trascura totalmente il contributo della spinta passiva all'interno dello strato liquefacibile.

A vantaggio di sicurezza si trascura anche il contributo della resistenza offerta dal terreno intorno al plinto.

L'approccio riportato risulta pertanto cautelativo.

La seguente Figura mostra lo schema di calcolo considerato.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifia</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

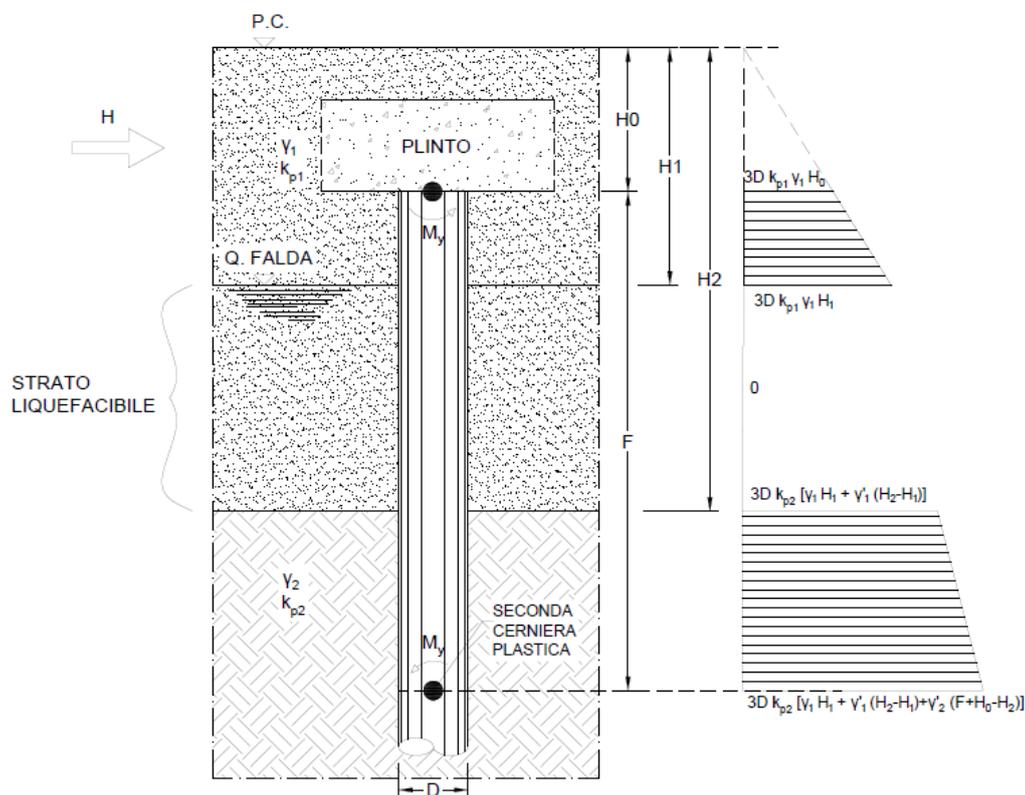


Figura 17: Modello di calcolo per la portanza orizzontale di pali in terreni con livelli potenzialmente liquefacibili

Considerando che si crei una prima cerniera plastica in testa al palo ed una seconda alla profondità F (palo lungo non libero di ruotare in testa), si scrivono le equazioni di equilibrio alla traslazione e di equilibrio alla rotazione intorno alla testa del palo. In tal modo si ricavano le due incognite F ed H , ovvero la profondità della seconda cerniera plastica e la forza massima orizzontale del sistema palo-terreno.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

10.3. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) DI TIPO GEOTECNICO

Conformemente con quanto prescritto nel par. 6.4.3.2 del DM 14.1.2008, devono essere presi in considerazione per i pali di fondazione dell'opera in esame, i seguenti stati limite di servizio:

- eccessivi cedimenti;
- eccessivi spostamenti trasversali.

Specificamente, si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione.

Per la determinazione dei cedimenti verticali e degli spostamenti trasversali dei pali di fondazione dell'opera in esame, è stato utilizzato il programma di calcolo PIGLET v.5 (Randolph, 2019) il quale permette di modellare il terreno come un continuo analizzandone l'interazione con un gruppo di pali anche di diversa geometria sotto condizioni di carico generalizzate.

L'analisi d'interazione è stata condotta adottando un modulo di rigidezza tangenziale operativo G del terreno con andamento costante con la profondità e valutato come media pesata dei diversi strati a partire dalle correlazioni riportate a seguire.

In particolare, lo studio dell'interazione palo-terreno sotto carichi orizzontali è stata condotta in accordo all'approccio proposto da Matlock e Reese (1960), basato sul modello di Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione del terreno E_s . Il modulo E_s non può essere direttamente correlato con il modulo di Young, dato che è un parametro di interazione terreno-struttura.

In particolare, per le analisi sono stati adottate le seguenti formulazioni (Elson, 1984):

Terreni a grana fine

$$E_h = 400 \cdot c_u \quad (\text{FL}^{-2})$$

c_u = coesione non drenata

Terreni a grana grossa (materiale di riempimento)

$$E_h = k_h \cdot z \quad (\text{FL}^{-2})$$

dove:

E_h = modulo di reazione orizzontale del terreno a specifiche profondità;

z = profondità da piano finito;

k_h = incremento del modulo di reazione orizzontale con la profondità come riportato nella Tabella al paragrafo 8.1.

La rigidezza del palo è stata tenuta in conto considerando un modulo del calcestruzzo del palo pari a 31 GPa.

Nelle analisi la connessione della testa palo alla fondazione è stata considerata a "testa incastrata".

Si riportano di seguito i criteri seguiti dal software di calcolo per la valutazione degli spostamenti trasversali dei pali e dei cedimenti verticali.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIV0200001	A

Risposta dei pali sotto azioni orizzontali

La soluzione adottata nel programma di calcolo PIGLET è quella sviluppata da Randolph (1981) attraverso la costruzione di una curva derivante dai risultati di analisi agli elementi finiti di pali carichi lateralmente immersi in un terreno elastico. E' stato scoperto che, per pali che presentano un comportamento flessibile sotto azioni laterali, possono essere sviluppate leggi di potenza attraverso cui determinare la deflessione laterale, u , e la rotazione, θ , del palo rispetto alla superficie del terreno, in funzione della rigidità del palo e delle proprietà del suolo. Le relazioni sono simili nella forma a quelle che derivano dal considerare il suolo con un modello alla Winkler caratterizzato da un coefficiente di reazione di sottofondo (ad esempio Reese e Matlock, 1956; Matlock e Reese, 1960). Come in quest'ultimo tipo di analisi, viene utilizzato il concetto di lunghezza "critica" del palo, essendo questa profondità la profondità alla quale il palo si deforma apprezzabilmente. Il termine "flessibile" si riferisce a pali in cui le caratteristiche di tenso-deformative non verrebbero alterate aumentando la lunghezza del palo.

Poiché la soluzione è, per sua natura, approssimativa, è stata introdotta un'ulteriore semplificazione riguardo alle proprietà del suolo: il modulo di taglio, G , e il rapporto di Poisson, ν . Randolph (1977) ha mostrato che l'effetto del coefficiente di Poisson potrebbe essere considerato con sufficiente accuratezza considerando una singola proprietà elastica data da

$$G^* = G(1 + 3\nu/4) \quad (7)$$

La soluzione descritta di seguito dipende dal singolo parametro G^* piuttosto che dai parametri elastici G e ν . La lunghezza critica del palo è data dalla relazione

$$L_c = d \left(E_p / G_c \right)^{2/7} \quad (8)$$

Dove E_p è il modulo di Young equivalente del palo, dato da

$$E_p = (EI)_p / (\pi d^4 / 64) \quad (9)$$

$(EI)_p$ è la rigidità flessionale del palo. La quantità G_c nell'equazione (8) è il valore di G^* alla profondità pari alla metà della lunghezza critica del palo. Per un terreno idealizzato come materiale elastico, con una rigidità variabile linearmente con la profondità come

$$G = G_0 + mz \quad (10)$$

il parametro G_c è dato da

$$G_c = G_0^* + 0.5m^*L_c = (1 + 3/4\nu)(G_0 + 0.5mL_c) \quad (11)$$

La valutazione della lunghezza critica dalle equazioni (8) e (9) richiede alcune iterazioni tranne in i casi estremi di un terreno omogeneo (dove $G_c = G_0^*$) o di un terreno dove il modulo è proporzionale alla profondità ($G_0^* = 0$, quindi $L_c = d (2E_p / m^*d)^{2/9}$).

Per i pali che presentano una lunghezza maggiore della loro lunghezza critica, la deflessione laterale, u , e la rotazione θ , in corrispondenza della testa del palo possono essere valutate come

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{(E_p / G_c)^{1/7}}{\rho_c G_c} \left[0.27 \frac{H}{(L_c / 2)} + 0.30 \frac{M}{(L_c / 2)^2} \right] \\
 \theta &= \frac{(E_p / G_c)^{1/7}}{\rho_c G_c} \left[0.30 \frac{H}{(L_c / 2)^2} + 0.80 \sqrt{\rho_c} \frac{M}{(L_c / 2)^3} \right]
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

dove H e M sono, rispettivamente, il carico laterale e il momento flettente agenti sulla superficie del terreno. Il fattore ρ_c fornisce il grado di omogeneità del terreno in modo simile al fattore ρ nell'analisi di pali caricati assialmente. È convenientemente definito come il rapporto tra il valore di G^* ad una profondità pari ad $L_c/4$ e il valore di G^* ad una profondità pari a $L_c/2$ (vedi Figura successiva). La relazione di ρ_c è la seguente:

$$\rho_c = \frac{G_o^* + m^* L_c / 4}{G_o^* + m^* L_c / 2} = \frac{G_o^* + m^* L_c / 4}{G_c}
 \tag{13}$$

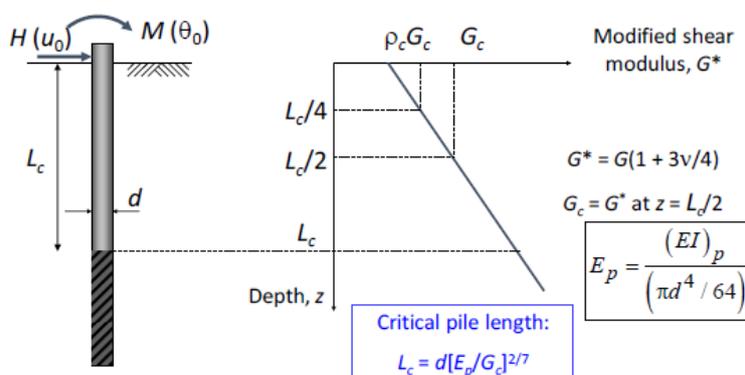


Figura 18: Notazione per analisi di pali sotto azioni laterali

Comportamento dei pali in gruppo – Effetti in direzione verticale e orizzontale

Il programma permette di valutare la risposta dei pali considerando gli effetti di gruppo. In particolare, tali effetti cambiano a seconda delle condizioni di carico applicate.

Per un gruppo di pali soggetto a carichi assiali viene utilizzato il coefficiente di interazione proposto da Mylonakis e Gazetas (1998) i quali hanno dimostrato che il fattore di interazione, α , (come definito da Poulos, 1968) deve riflettere non solo il decadimento logaritmico degli spostamenti, ma anche l'effetto benefico dei pali vicini. Ciò porta ad una riduzione dello spostamento della testa del palo inferiore a quella calcolata dal solo decadimento logaritmico. Per pali della stessa lunghezza e diametro, il fattore di interazione per un dato interasse, s , può quindi essere espresso come il prodotto di due termini che rappresentano il decadimento logaritmico e un "fattore di diffrazione", ξ (Mylonakis & Gazetas, 1998), dato da:

$$\alpha = \left(\frac{\ln(r_m / s)}{\ln(2r_m / d)} \right) \xi$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0200001	A

$$\xi = \frac{2\mu L + \sinh(2\mu L) + \Omega^2 [\sinh(2\mu L) - 2\mu L] + 2\Omega [\cosh(2\mu L) - 1]}{2 \sinh(2\mu L) + 2\Omega^2 \sinh(2\mu L) + 4\Omega \cosh(2\mu L)}$$

dove:

$$\Omega = \frac{P_b}{w_b (EA)_p \mu} \quad \text{and} \quad \mu L = \sqrt{\frac{k}{(EA)_p}} L \quad (19)$$

con P_b e w_b rispettivamente corrispondenti al carico e allo spostamento alla base del palo e $(EA)_p$ alla rigidezza trasversale del palo.

La complessità del campo di spostamento attorno ad un palo caricato lateralmente non permette una trattazione dell'interazione per pali caricati assialmente. Tuttavia, per pali caricati lateralmente vincolati alla testa, Randolph (1981) ha dimostrato che i fattori di interazione, α_f , possono essere stimati con sufficiente accuratezza attraverso l'espressione:

$$\alpha_f = 0.3\rho_c (E_p / G_c)^{1/7} (1 + \cos^2 \beta) \frac{d}{s}$$

dove s è l'interasse tra i pali e β è l'angolo formato tra la direzione del carico ed una linea passante per gli assi dei pali (vedi Figura successiva).

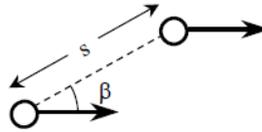


Figura 19: Vista sul piano di due pali soggetti a carichi laterali

Il fattore di interazione α_{uH} , che determina la deflessione per i pali a liberi di ruotare alla testa sottoposti a carico laterale H , può essere determinato dalla seguente relazione:

$$\alpha = 0.2\rho_c (E_p / G_c)^{1/7} (1 + \cos^2 \beta) \frac{d}{s} \quad (15)$$

Dove:

$$\begin{aligned} \alpha_{uH} &= \alpha & \alpha &\leq 0.333 \\ \alpha_{uH} &= 1 - \frac{2}{\sqrt{27\alpha}} & \alpha &> 0.333 \end{aligned}$$

Gli altri fattori di interazione, α_{uM} (deflessione dovuta al momento flettente), $\alpha_{\theta H}$ (rotazione dovuta alla al carico laterale) e $\alpha_{\theta M}$ (rotazione dovuta al momento flettente) possono essere stimati con sufficiente precisione da:

$$\begin{aligned} \alpha_{uM} &= \alpha_{\theta H} \approx \alpha_{uH}^2 \\ \alpha_{\theta M} &\approx \alpha_{uH}^3 \end{aligned} \quad (16)$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifia EI2RBIV0200001	A

Curva carico-cedimento

La curva carico cedimento è stata determinata a partire da un'analisi di tipo non lineare sotto azioni assiali.

Per la risposta assiale, la rigidezza iniziale della testa del palo $k_{v,0}$ viene modificata utilizzando un'espressione iperbolica generalizzata che mette in relazione la rigidezza secante corrente k_v al carico assiale P normalizzato rispetto alla capacità portante assiale limite imposta P_{lim} :

$$\frac{k_v}{k_{v,0}} = 1 - f \left(\frac{P}{P_{lim}} \right)^g$$

I due parametri f e g consentono di rappresentare un'ampia gamma di forme non lineari, con la riduzione della rigidezza secante data da $1 - f$ e dal parametro g cambiando la curvatura.

~

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dal programma di calcolo PIGLET, in termini di spostamenti dei pali di fondazione $\Phi 1200$ delle spalle e della pila più sollecitata dell'opera in esame.

In particolare, si riportano i risultati ritenuti più significativi:

- grafico dello spostamento orizzontale per le combinazioni SLE, SLU e SLV relative al palo più sollecitato;
- curva carico cedimento allo SLE del palo singolo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

Per i pali $\Phi 1200$ delle spalle si ottengono i seguenti risultati:

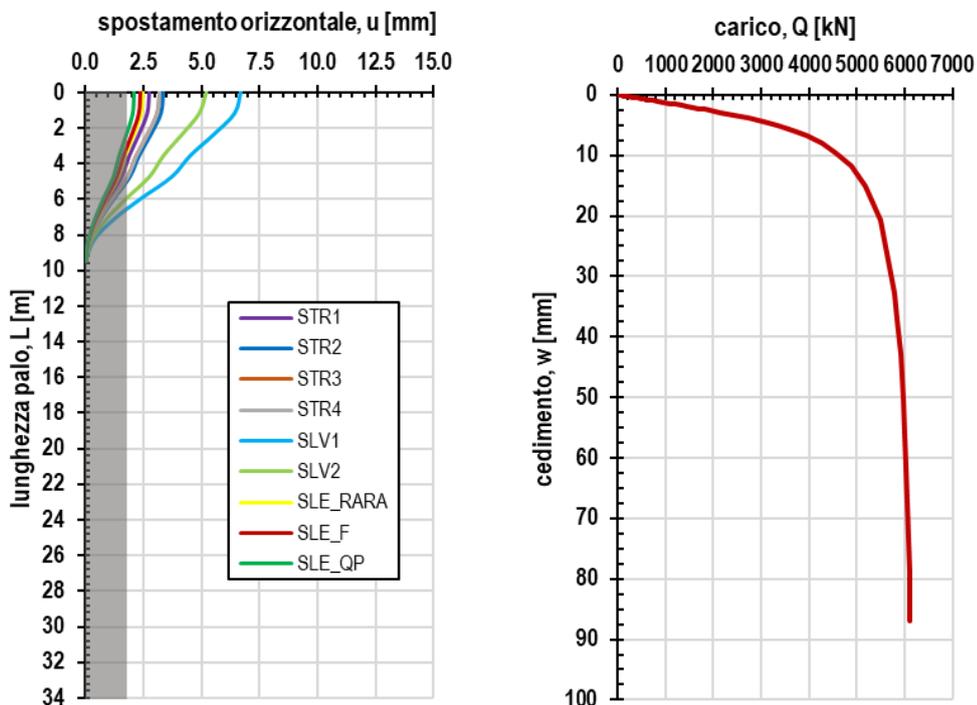


Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione Spalla A

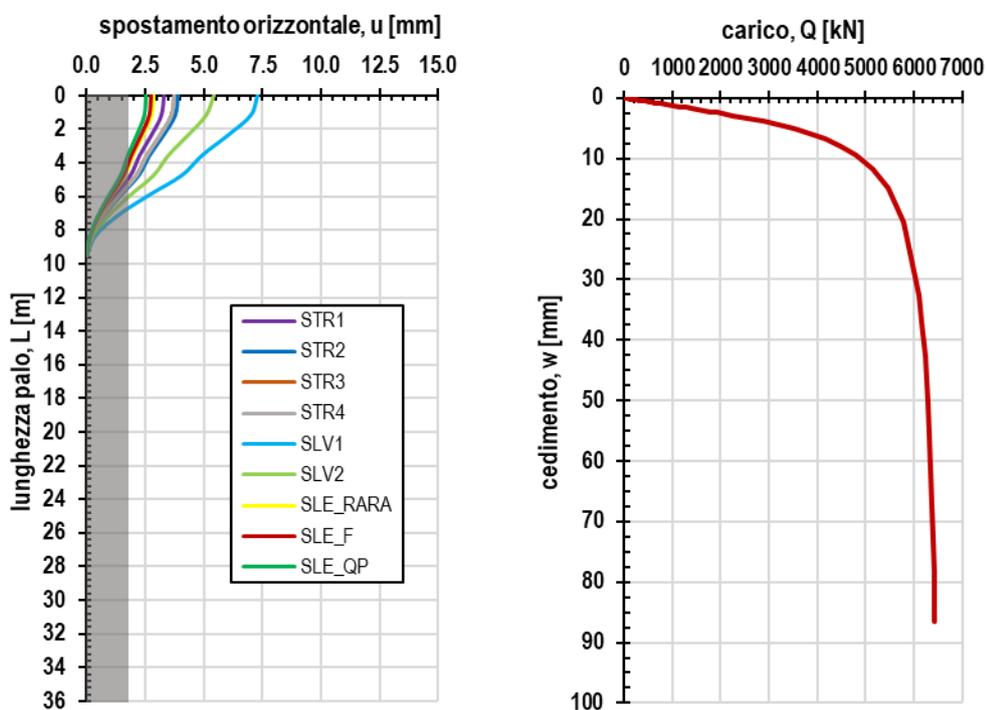


Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione Spalla B

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

I valori relativi agli spostamenti orizzontali ottenuti lungo lo sviluppo del palo, sopra graficizzati, si riportano di seguito in forma tabellare, per le combinazioni di carico dimensionanti. Si faccia riferimento alla Relazione di calcolo della spalla, per il dettaglio delle combinazioni adottate.

Tabella 12 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 1200$ – Fondazione Spalla A

	z[m]	0	1	2	4	5	6	7	8	9
STR1	u [mm]	3.2	3.1	2.7	2.2	1.8	1.2	0.6	0.2	0.0
STR2	u [mm]	3.3	3.2	2.8	2.3	1.9	1.2	0.6	0.2	0.0
STR3	u [mm]	3.2	3.1	2.7	2.2	1.8	1.2	0.6	0.2	0.0
STR4	u [mm]	3.2	3.1	2.7	2.2	1.8	1.2	0.6	0.2	0.0
SLV1	u [mm]	6.7	6.4	5.5	4.5	3.7	2.4	1.2	0.3	0.0
SLV2	u [mm]	5.2	4.9	4.1	3.3	2.7	1.8	0.9	0.2	0.0
SLE_RARA	u [mm]	2.5	2.4	2.1	1.7	1.4	0.9	0.5	0.1	0.0
SLE_F	u [mm]	2.4	2.3	2.0	1.6	1.3	0.9	0.4	0.1	0.0
SLE_QP	u [mm]	2.1	2.1	1.8	1.5	1.2	0.8	0.4	0.1	0.0

Tabella 13 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 1200$ – Fondazione Spalla B

	z[m]	0	1	2	4	5	6	7	8	10
STR1	u [mm]	3.8	3.6	3.1	2.6	2.1	1.4	0.7	0.2	0.0
STR2	u [mm]	3.9	3.8	3.3	2.7	2.2	1.4	0.7	0.2	0.0
STR3	u [mm]	3.8	3.6	3.1	2.6	2.1	1.4	0.7	0.2	0.0
STR4	u [mm]	3.7	3.6	3.1	2.6	2.1	1.4	0.7	0.2	0.0
SLV1	u [mm]	7.3	7.0	6.0	4.9	4.0	2.6	1.3	0.4	0.0
SLV2	u [mm]	5.4	5.1	4.3	3.5	2.8	1.8	0.9	0.3	0.0
SLE_RARA	u [mm]	2.9	2.8	2.4	2.0	1.6	1.1	0.5	0.2	0.0
SLE_F	u [mm]	2.8	2.7	2.3	1.9	1.6	1.0	0.5	0.1	0.0
SLE_QP	u [mm]	2.5	2.4	2.1	1.7	1.4	0.9	0.5	0.1	0.0

I valori relativi alla curva carico-cedimento, sopra riportata, sono esplicitati nel prospetto di seguito.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifia</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

Tabella 14 – Carico SLE-cedimento palo singolo Φ 1200 – Fondazione Spalla A

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
61	0.1
122	0.2
183	0.2
244	0.3
305	0.4
366	0.5
427	0.6
488	0.6
549	0.7
610	0.8
732	0.9
853	1.1
975	1.3
1097	1.4
1219	1.6
1341	1.8
1463	1.9
1585	2.1
1707	2.3
1829	2.4
2134	2.9
2438	3.4
2743	3.9
3048	4.4
3353	5.1
3658	5.9
3962	6.8
4267	8.0
4572	9.5
4877	11.7
5182	15.0
5486	20.7
5791	32.8
5852	37.2
5913	42.9
5974	50.6
6035	61.7
6096	79.0
6096	86.9

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

Tabella 15 – Carico SLE-cedimento palo singolo $\Phi 1200$ – Fondazione Spalla B

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
64	0.1
128	0.2
193	0.2
257	0.3
321	0.4
385	0.5
450	0.6
514	0.6
578	0.7
642	0.8
771	0.9
899	1.1
1028	1.3
1156	1.4
1284	1.6
1413	1.7
1541	1.9
1670	2.1
1798	2.2
1927	2.4
2248	2.9
2569	3.3
2890	3.9
3211	4.4
3532	5.1
3853	5.9
4174	6.8
4495	8.0
4817	9.5
5138	11.7
5459	15.0
5780	20.6
6101	32.7
6165	37.1
6229	42.7
6294	50.4
6358	61.5
6422	78.7
6422	86.6

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0200001	A

Per i pali $\Phi 1200$ delle pile si ottengono i seguenti risultati:

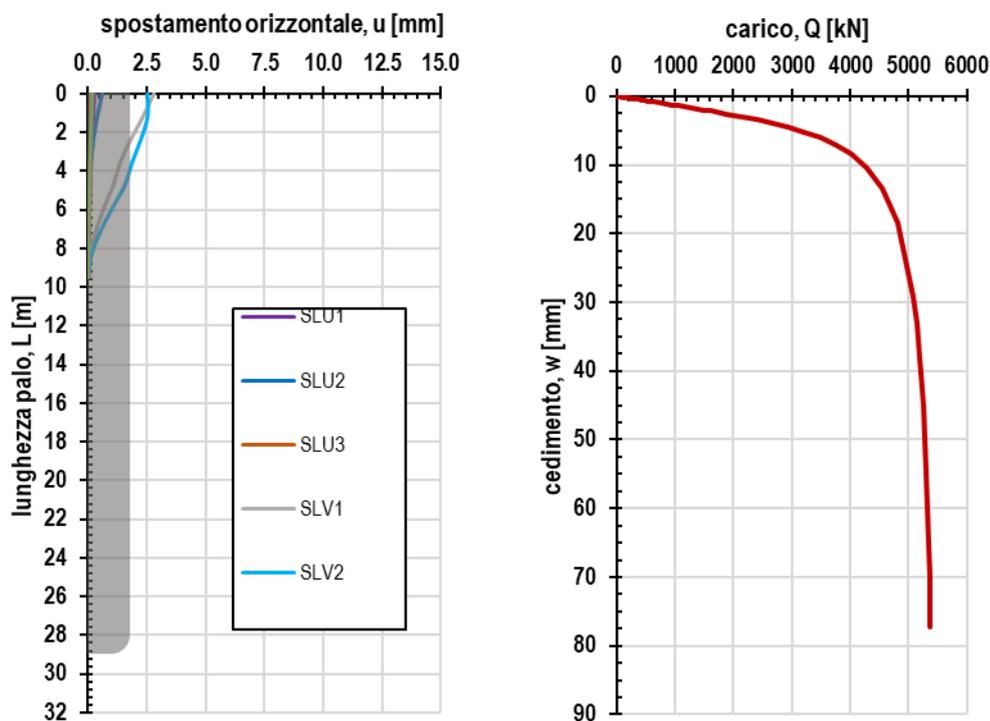


Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione pile

I valori relativi agli spostamenti orizzontali ottenuti lungo lo sviluppo del palo, sopra graficizzati, si riportano di seguito in forma tabellare, per le combinazioni di carico dimensionanti. Si faccia riferimento alla Relazione di calcolo della spalla, per il dettaglio delle combinazioni adottate.

Tabella 16 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 1200$ – Fondazione Pile

	z[m]	0	1	2	4	5	6	7	8	10
SLU1	u [mm]	0.11	0.12	0.11	0.10	0.08	0.05	0.03	0.01	0.00
SLU2	u [mm]	0.60	0.38	0.22	0.11	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00
SLU3	u [mm]	0.11	0.12	0.11	0.10	0.08	0.05	0.03	0.01	0.00
SLV1	u [mm]	2.81	2.35	1.82	1.37	1.07	0.66	0.32	0.09	0.00
SLV2	u [mm]	2.52	2.54	2.25	1.87	1.56	1.02	0.52	0.15	0.00
SLE_RARA	u [mm]	0.19	0.15	0.12	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00

I valori relativi alla curva carico-cedimento, sopra riportata, sono esplicitati nel prospetto di seguito.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifia</p> <p>EI2RBIV0200001</p>	<p>A</p>

Tabella 17 – Carico SLE-cedimento palo singolo $\Phi 1200$ – Fondazione Pile

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
54	0.1
107	0.1
161	0.2
214	0.3
268	0.4
322	0.4
375	0.5
429	0.6
482	0.6
536	0.7
643	0.8
750	1.0
858	1.1
965	1.3
1072	1.4
1179	1.6
1286	1.7
1394	1.9
1501	2.0
1608	2.2
1876	2.6
2144	3.0
2412	3.4
2680	4.0
2948	4.5
3216	5.2
3484	6.1
3752	7.1
4020	8.5
4288	10.4
4556	13.3
4824	18.4
5092	29.2
5146	33.1
5199	38.1
5253	45.0
5306	54.9
5360	70.2
5360	77.2