

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Prof. Ing. Andrea Del Grosso	Ing. Piergiorgio GRASSO
		Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

OPERE D'ARTE VIABILITA'

IV01 - CAVALCAFERROVIA S.P. 116 (EX S.S. 265) AL KM 18+993 - RELAZIONE GEOTECNICA IV01 - CAVALCAFERROVIA S.P. 116 (EX S.S. 265) AL KM 18+993

APPALTATORE IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Dott. Ing. <i>Sabino Del Balzo</i> IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO 	SCALA: <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; text-align: center; margin-top: 10px;">-</div>
---	---

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	R	B	I	V	0	1	0	0	0	0	1	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	S. Cassarà	24/02/2020	A. Bado	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Prof. Ing. A Del Grosso
B	Emissione	P. Lovisolo 	23/06/2020	A. Bado 	23/06/2020	P. Grasso 	23/06/2020	 23/06/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.RB.IV.01.0.0.001.B.doc

n. Elab.: -

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RB</td> <td>IV0100 001</td> <td>A</td> <td>2 di 39</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	A	2 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	A	2 di 39								

Indice

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
2.3	BIBLIOGRAFIA	4
3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	4
3.1	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA	5
4	MATERIALI	8
4.1	CALCESTRUZZO	8
4.2	ACCIAIO	8
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE	8
5.1	APPROCCIO NORMATIVO	8
5.2	DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE	10
5.1	DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE	13
6	CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE DEI PALI DI FONDAZIONE	14
6.1	STRATIGRAFIA 1	16
6.2	STRATIGRAFIA 2	19
7	CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE DEI PALI DI FONDAZIONE	24
7.1	STRATIGRAFIA 1	26
7.2	STRATIGRAFIA 2	31
APPENDICE A: TABULATI DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE		

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RB</td> <td>IV0100 001</td> <td>A</td> <td>3 di 39</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	A	3 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	A	3 di 39								

1 PREMESSA

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento delle fondazioni del Cavalcaferrovia IV01 (km 18+994) nell'ambito del Progetto Esecutivo del raddoppio della tratta ferroviaria Canello-Benevento II Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano, sub lotto 1 dal km 16+500 al km 27+700.

In particolare verranno affrontati i seguenti aspetti:

- richiamo delle condizioni geotecniche;
- valutazione della capacità portante verticale dei pali di fondazione;
- verifica a carico limite orizzontale

2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento delle opere è stato condotto in accordo alle seguenti normative di riferimento:

- Ministero delle Infrastrutture, 2008, Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30 (denominate N.T.C. 2008 nel presente documento);
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Si è fatto riferimento inoltre alla seguente documentazione di progetto del PE.

- | | |
|---|----------------------------------|
| • Relazione geotecnica generale | IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.B |
| • Profilo geotecnico di linea - Tav. 1 di 8 | IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.001.A |
| • Profilo geotecnico di linea - Tav. 2 di 8 | IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.002.A |
| • Profilo geotecnico di linea - Tav. 3 di 8 | IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.003.A |
| • Profilo geotecnico di linea - Tav. 4 di 8 | IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.004.A |
| • Profilo geotecnico di linea - Tav. 5 di 8 | IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.005.A |
| • Profilo geotecnico di linea - Tav. 6 di 8 | IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.006.A |
| • Profilo geotecnico di linea - Tav. 7 di 8 | IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.007.A |
| • Profilo geotecnico di linea - Tav. 8 di 8 | IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.008.A |
| • Pianta fondazioni, pianta impalcato e prospetto longitudinale - Tav. 1 di 2 | IF26.1.2.E.ZZ.PZ.IV.01.0.0.004.B |
| • Pianta fondazioni, pianta impalcato e prospetto longitudinale - Tav. 2 di 2 | IF26.1.2.E.ZZ.PZ.IV.01.0.0.001.B |
| • Carpenteria spalla SPA | IF26.1.2.E.ZZ.BB.IV.01.0.4.002.B |

Relazione geotecnica IV01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	4 di 39

- Carpenteria spalla SPB IF26.1.2.E.ZZ.BB.IV.01.0.4.001.B
- Carpenteria pile P1-P2-P8 IF26.1.2.E.ZZ.BB.IV.01.0.5.001.B
- Carpenteria pile P3-P4-P5 IF26.1.2.E.ZZ.BB.IV.01.0.5.002.B
- Carpenteria pila P6 IF26.1.2.E.ZZ.BB.IV.01.0.5.003.B
- Carpenteria pila P7 IF26.1.2.E.ZZ.BB.IV.01.0.5.004.B

2.3 BIBLIOGRAFIA

-
- Berezantzev, V.G., Khrisofov, & Golubkov, V.N. , 1961 Load bearing capacity and deformation of piled foundations, Proc. 5th Int. Conf Soil Mech., Paris, 2, pp. 11-15;
- Bishop A.W., 1955, The use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes, Géotechnique, Volume 5, Issue 1, 01 March 1955 , pages 7 –17;
- Brinch Hansen, J.B., 1970, A revised and extended formula for bearing capacity, Danish Geotechnical Institute Bul. No 28, Copenhagen;
- Coulomb, C.A., 1776, Essai sur une application des regles de Maximis a quelques problemes de statique, relatives a l'architecture, Mem. Roy. De Sciences, Parigi, Vol. 3
- De Simone P., 2012, Head embedment in Broms pile lateral capacity theory for cohesionless soils, Computers and Geotechnics 43 (2012) 51–60;
- Lancellotta R., 2004, Geotecnica, Zanichelli, Bologna;
- Mononobe N., 1929, Earthquake-proof construction of masonry dams, Proc. of World Engineering Conference, vol.9, p.275;
- Okabe S., 1926, General theory of earth pressure, Journal of Japanese Society of Civil Engineering, Vol 12 No.1;
- Poulos, H.G., 1975 Design of Pile Foundation. Research Report No 271. The University of Sydney School of Civil Engineering, Sydney;
- Rankine W.J.M., 1857, On the stability of loose earth, Philosophical transactions, Royal Society, Londra;
- Reese – Wright, 1977, "Drilled shaft manual" - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Washington D.C., vol.1;
- Vesic, A.S., 1975 Principles of pile foundation design. Soil Mechanics Series No 38, Duke University;

3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dal punto di vista geotecnico, per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica e stratigrafica si rimanda all'elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.A-Relazione geotecnica generale. In particolare, con riferimento all'elaborato citato, considerato che il cavalcavia IV01 oggetto di studio ricade all'interno della Tratta 1, valida da Pk 16+600 a Pk 20+474, si riporta di seguito uno stralcio dei parametri geotecnici considerati nella caratterizzazione geotecnica generale di progetto per tale tratta. Si riassumono di seguito, in particolare, i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate dalle fondazioni del cavalcavia.

Tabella 1: Sintesi parametri geotecnici

Unità	Descrizione	γ	N_{spt}	D_r	ϕ'	c'		c_u		V_s	E_0	E'
		[kN/m ³]	[-]	[%]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[m/s]	[Mpa]	[Mpa]
		PE	PE	PE	PE	PD	PE	PD	PE	PE	PE	PE
ba1	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni attuali e recenti)	20-24 (21)	13-R	38-81	38 - 42	0	0			220-400	230-770	50-150
ba2	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)	17-21 (19)	4-36	22-65	31-37	0				150-220	110-235	25-55
ba3	Argille limose (Alluvioni attuali e recenti)	19-20 (19,5)				0-5		50-215		100-250	50-300	10-60
MDL1	Ghiaia sabbiosa (Unità di Maddaloni)	18-22 (20)	24-R	45-80	38-42	0	0			325-650	525-2100	105-420
MDL2	Sabbia, sabbia limosa (Unità di Maddaloni)	18,5-20,5 (20)	15-50	32-70	31-37	0				250 - 470	300-1100	60 - 220
MDL3	Argille limose (Unità di Maddaloni)	18-21 (20)	20-R		19-27	10-20	23-42	75-460	160 - 220 (93,5 ² 0,24)	240 - 450	295 - 1035	60 - 206
E0 = Modulo elastico a piccole deformazioni												
E' = Modulo elastico operativo												

3.1 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

Per quanto riguarda la caratterizzazione stratigrafica, si fa riferimento ai contenuti del Profilo geotecnico di linea Tavola 2 (Doc. IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.004.A), di cui si riporta di seguito uno stralcio. Congiuntamente si fa riferimento ai 3 sondaggi disponibili nell'area, denominati IF15V03, S-PE29, IF15V04 e disposti proprio in prossimità delle pile P3, P4/P5 e P7 del cavalcaviaferrovia. Si riporta di seguito uno stralcio della pianta sondaggi con l'identificazione dei sondaggi considerati. Si nota che le indagini VB_PT04 e VB_PT05 sono pozzetti superficiali, poco rilevanti per la caratterizzazione dei terreni ininteressati da fondazioni su pali.

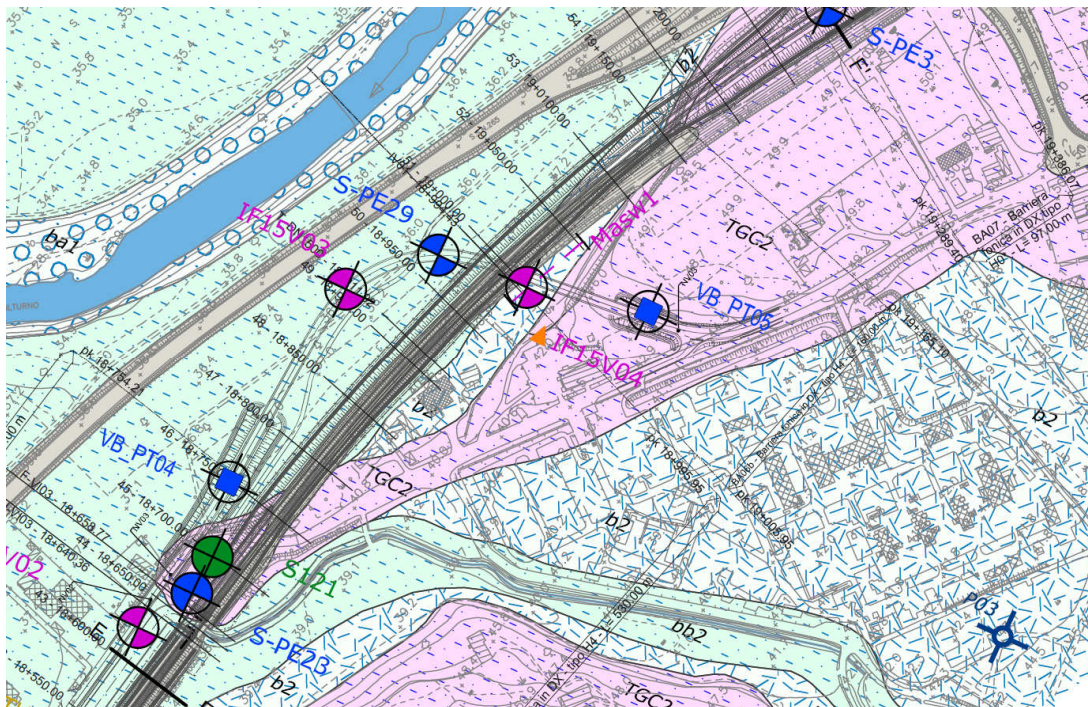


Figura 1: Stralcio planimetria indagini presso Cavalcaferrovia IV01

I 3 sondaggi evidenziano un graduale passaggio stratigrafico tra una colonna stratigrafica tipicamente granulare, evidenziata dal sondaggio IF15V03, a una colonna stratigrafica dalle caratteristiche più fini nella porzione di terreno più superficiale, evidenziata dal sondaggio IF15V04. Il sondaggio S-PE29, posto tra le pile P4 e P5, evidenzia una alternanza tra strati grossolani e fini, con una prevalenza di terreni granulari. Per questa ragione in fase di calcolo è stato fatto riferimento a due differenti colonne stratigrafiche, corrispondenti alle colonne dei sondaggi IF15V03 (denominata Stratigrafia 1), e IF15V04 (denominata Stratigrafia 2). La stratigrafia 1 è applicata per le fondazioni

comprese tra la Spalla A e la Pila P4, la stratigrafia 2 è applicata per le fondazioni comprese tra la Pila P5 e la Spalla B. Nelle seguenti tabelle si riportano le stratigrafie adottate relativamente ai pali dell'opera in esame

Tabella 2: Stratigrafia 1 dal km 18+800 al km 18+950

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	ϕ' [°]
da 0.0 a 6.0	ba2	19.0	-	31
da 6.0 a 14.0	ba1	21.0	-	38
da 14.0 a 19.5	MDL1	20.0	-	39
Da 19.5 a 40.0	MDL2	20.0	-	32

Tabella 3: Stratigrafia 2 dal km 18+950 al km 19+050

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	ϕ' [°]
da 0.0 a 11.0	ba3	19.0	50-130	-
da 11.0 a 21.0	MDL1	20.0	-	38
Da 21.0 a 40.0	MDL2	20.0	-	32

Si nota che tutte le fondazioni hanno altezza 2 m e sono interrato per una altezza minima di 50 cm. Per questa ragione, nelle verifiche delle fondazioni su pali, le colonne stratigrafiche sono state considerate trascurando i primi 2.5 m di colonna stratigrafica.

Per quanto riguarda la falda, sono stati considerati sia i dati rinvenuti durante le indagini sia i dati ottenuti dal monitoraggio piezometrico, con riferimento ai dati descritti in dettaglio nell'elaborato Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica, a cui si rimanda per maggiori dettagli. Il monitoraggio piezometrico ha evidenziato profondità di falda comprese tra 7 m e 8 m da piano campagna. Considerato l'interramento delle fondazioni, è stata pertanto considerata una profondità cautelativa di 3.5 m dalla quota di testa dei pali per la stratigrafia 1 e di 4.0 m dalla quota di testa dei pali per la stratigrafia 2. Si riporta di seguito, per completezza, lo stralcio dei valori ottenuti dal monitoraggio piezometrico, con riferimento alle indagini IF15V03, S-PE29, IF15V04, rilevanti per la progettazione del Cavalcaferrovia IV01.

CODICE/DATA	28/03/2017	22/04/2017	20/05/2017	27/06/2017	29/07/2017	29/08/2017	29/09/2017	26/11/2017	28/01/2018	28/01/2019	28/02/2019
IF15V01	2.83	3.05	3.21	3.21			5.42			2.90	2.75
IF15R51						11.88	11.94	11.86	11.09	10.57	10.22
S-PE22 PZ											
S-PE1 PZ											
S-PE2						8.67	8.58	8.45	6.90	7.74	6.55
IF15R52											
IF15V02	9.28	9.56	9.76	10.13	10.18	10.30	10.23	10.04	8.67	9.00	8.02
S-PE23											
IF15V03	7.51	7.70	7.85	8.05	8.02	8.04	8.01	7.93	7.36	7.30	6.76
S-PE29											
IF15V04	9.13	9.31		9.66		9.87		9.60	8.95	non trovato	non trovato
S-PE3											
IF15P05	14.42	14.53	14.63	14.90	15.04	15.16	15.22	14.80	14.32	13.93	13.81
IF15V06	10.48	10.58	10.60	11.12	11.31	11.43		11.00	10.22	10.30	10.14
S-PE4											
SL-PE1											
IF15V07	7.42	7.50	7.56	7.75	7.85	7.92	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
S-PE5											
S-PE6											
S-PE7											
S-PE7bis											
S-PE8											
S-PE9											
PNIF32V02	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
S-PE10											
S-PE11											
S-PE12											
S-PE13											
S-PE14											
IF15R54						5.30	5.43	5.16	4.68	4.79	4.25

Figura 2: Stralcio risultati monitoraggio piezometrico

Si riporta a seguire un estratto del profilo stratigrafico interessato dall'opera in progetto.

Relazione geotecnica IV01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	7 di 39

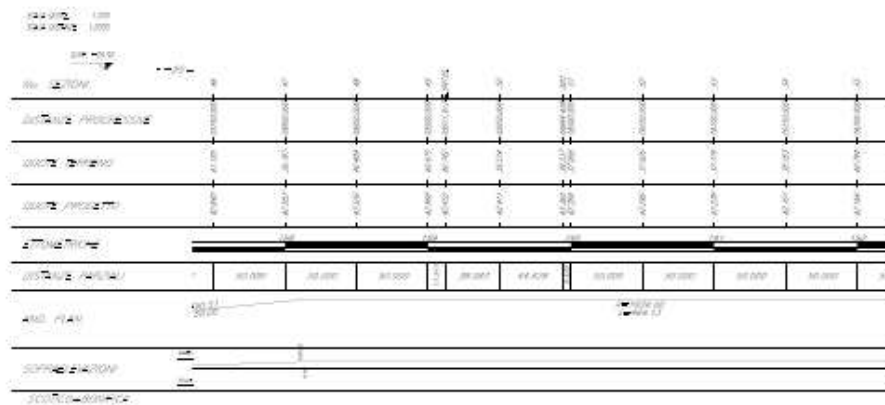
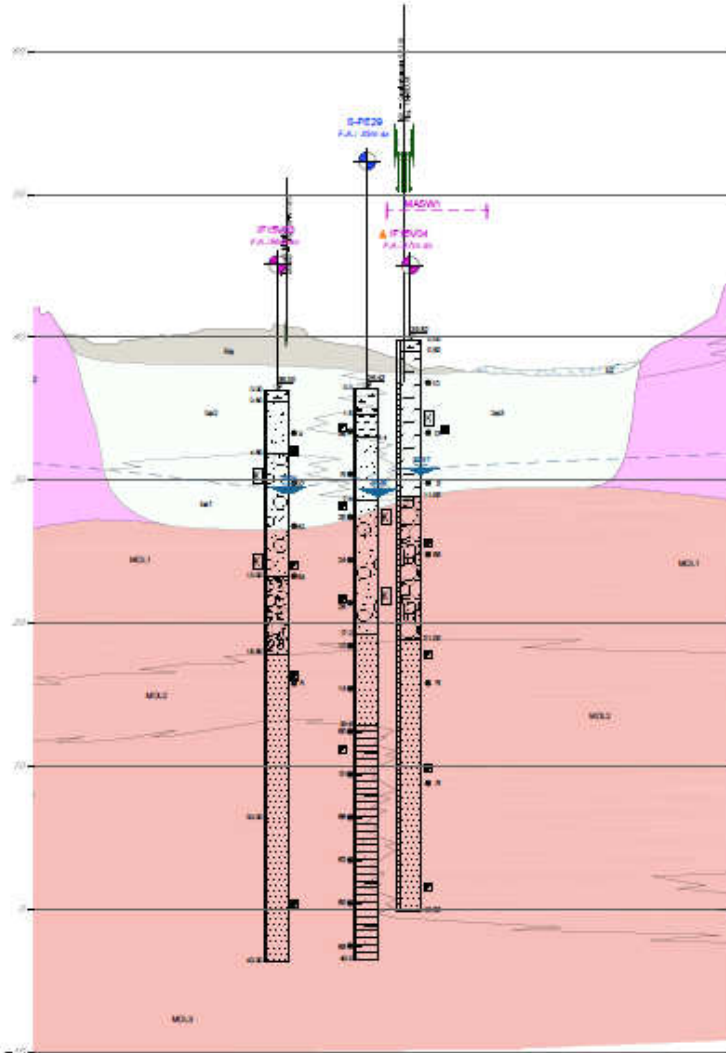


Figura 3: Stralcio profilo stratigrafico tratto compreso tra pk 16+500 m e pk 18+300 m

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RB</td> <td>IV0100 001</td> <td>B</td> <td>8 di 39</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	8 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	8 di 39								

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

Secondo EN206 - CNR UNI 11104

PALI:

- | | |
|--------------------------------|-------------|
| • Classe di resistenza minima | C25/30 MPa |
| • Tipo cemento | Cem III ÷ V |
| • Classe di esposizione | XC2 |
| • Classe minima di consistenza | S4 |
| • Copriferro minimo | 60 mm |
| • Diametro massimo inerti | 32 mm |

4.2 ACCIAIO

Secondo NTC 2008

Tipo B450C:

- | | |
|--|----------------------------|
| • Tensione di snervamento caratteristica | $f_{yk} > 450 \text{ MPa}$ |
| • Tensione caratteristica a rottura | $f_{tk} > 540 \text{ MPa}$ |

5 CRITERI DI PROGETTAZIONE

5.1 APPROCCIO NORMATIVO

Le verifiche geotecniche delle opere previste dal progetto dell'intervento VS12 hanno riguardato le fondazioni delle spalle e delle pile del viadotto 1. Le verifiche sono state eseguite in accordo ai contenuti delle N.T.C. 2008.

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, quando pertinenti:

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;
- stabilità globale;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza dei pali;
- raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali,

accertando che il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni E_d sia inferiore al valore di progetto delle resistenze R_d per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II NTC 2008 per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali. Nel caso in esame take verifica non risulta rilevante.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">IV0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">9 di 39</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	9 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	9 di 39								

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.II NTC 2008, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

- (A1+M1+R3).

Nel caso in esame è stato fatto riferimento per le verifiche geotecniche all'Approccio 2 Combinazione A+M1+R3, in analogia con i criteri adottati per il calcolo delle sollecitazioni agenti sulle fondazioni.

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto. Nel progetto viene impiegato l'Approccio 2.

Si riportano di seguito le tabelle di normativa considerate per il calcolo delle opere geotecniche.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

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

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Figura 5-1. Coefficienti parziali per le azioni

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale q_{uk} deve essere applicato un coefficiente parziale $\gamma_{qu}=1,6$.

Figura 5-2. Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RB</td> <td>IV0100 001</td> <td>B</td> <td>10 di 39</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	10 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	10 di 39								

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

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

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

Figura 5-3. Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei pali

Tabella 6.4.VI - Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

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

Figura 5-4. Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei pali soggetti a carichi trasversali

I valori di capacità portante vengono ulteriormente ridotti del fattore di correlazione ξ_3 pari a 1.6, con riferimento ai parametri geotecnici medi, ξ_4 pari a 1.48, con riferimento ai parametri geotecnici minimi, considerando un numero di verticali indagate pari a 3.

5.2 DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE

La portata limite verticale Q_{lim} di un palo trivellato di medio e grande diametro viene calcolata con riferimento all'equazione:

$$Q_{lim} = Q_{B,lim} + Q_{L,lim} - W = q_b \cdot A_b + \sum \pi \cdot D_i \cdot \Delta H_i \cdot T_{lim,i} - W \quad \text{compressione}$$

$$Q_{lim} = W + Q_{L,lim} = \gamma' (\sum \Delta H_i) \cdot A_b + \sum \pi \cdot D_i \cdot \Delta H_i \cdot T_{lim,i} \quad \text{trazione}$$

Dove:

$Q_{B,lim}$ = portata limite di base;

$Q_{L,lim}$ = portata limite laterale;

W = peso proprio del palo;

q_b = portata unitaria di base;

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RB</td> <td>IV0100 001</td> <td>B</td> <td>11 di 39</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	11 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	11 di 39								

γ' = peso di volume sommerso del palo;

A_b = area di base;

D_i = diametro del concio i-esimo di palo;

ΔH_i = altezza del concio i-esimo di palo;

$\tau_{lim,i}$ = attrito laterale unitario limite del concio i-esimo di palo.

I valori di q_b sono interamente mobilizzati ad una profondità critica z_c (Meyerhof, Sastry [1978]), secondo l'espressione $z_c = m \cdot D$ con D pari al diametro del palo e m variabile tra 4 e 8. Per i pali in oggetto le lunghezze sono sempre sufficienti a garantire la mobilitazione della portata di punta.

In terreni incoerenti la portata di punta è calcolata in accordo alla teoria di Berezantzev:

$$Q_{punta} = \sigma' \times N_q \times A_p$$

essendo

N_q = calcolato con φ^* secondo Kishida per i pali di medio diametro:

$$\varphi^* = \varphi' - 3^\circ \text{ per pali trivellati.}$$

Per pali di grande diametro si considera la figura di seguito riportata per la determinazione di N_q , funzione dell'angolo di attrito e del rapporto L/D (Berezantzev, 1965).

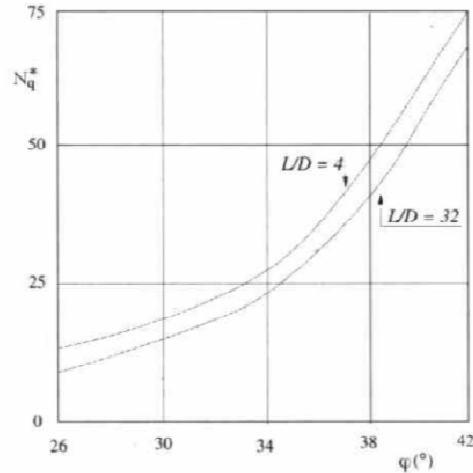


Figura 5-5. Coefficienti N_q di Berezantzev per Pali di Grande Diametro

I valori dell'attrito laterale limite in terreni granulari sono valutati mediante l'espressione:

$$\tau_{lim} = K * \sigma'v * \tan(\delta)$$

dove:

K = rapporto tra pressione orizzontale e pressione verticale efficace in prossimità del palo;

$\sigma'v$ = pressione geostatica verticale efficace;

$\delta = \varphi'$ per pali trivellati e per pali battuti in sabbie poco addensate

Per pali battuti si adotta (Broms, 1966):

$$K \tan \delta = 1 \text{ per pali in c.a. in sabbie poco addensate.}$$

Per pali trivellati si adotta (Reese – Wright, 1977):

$$K = 0.5 \text{ in compressione, } K = 0.5 \text{ in trazione e } \tan \delta = \tan \varphi'.$$

Per i terreni coesivi la portata unitaria di base è calcolata come:

$$q_b = 9c_u + \sigma_v$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geotecnica IV01	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO IV0100 001	REV. B	FOGLIO 13 di 39

dove:

c_u = coesione non drenata (kPa);

σ_v = tensione geostatica verticale (kPa);

Per la valutazione dell'attrito laterale per i terreni coesivi, si utilizza l'equazione:

$$\tau_{lim} = \alpha * c_u \leq 150 \text{ kPa (compressione) ; } 100 \text{ (trazione)}$$

Dove:

α = coefficiente riduttivo:

= 0.9 per $c_u \leq 25$ kPa; 0.8 per $25 < c_u \leq 50$ kPa; 0.6 per $50 < c_u \leq 75$ kPa; 0.4 per $c_u > 75$ kPa; AGI [1984]);

c_u = coesione non drenata (kPa).

Considerato l'interasse tra tutti i pali, che risulta in tutte le strutture di fondazione pari a 3D, essendo D il diametro del palo, non è stato considerato effetto di gruppo.

In aggiunta alle verifiche previste dalle NTC 2008, così come richiesto dal Manuale di Progettazione RFI, verrà controllato di avere in esercizio un adeguato margine di sicurezza rispetto alla portanza laterale, con riferimento ovvero alla seguente verifica:

$$R_{c,cal,lat} / 1.25 > N_{SLE}$$

dove $R_{c,cal,lat}$ è la resistenza laterale di calcolo e N_{SLE} il carico agente determinato per la combinazione caratteristica, cosiddetta rara, SLE-rara.

5.1 DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE

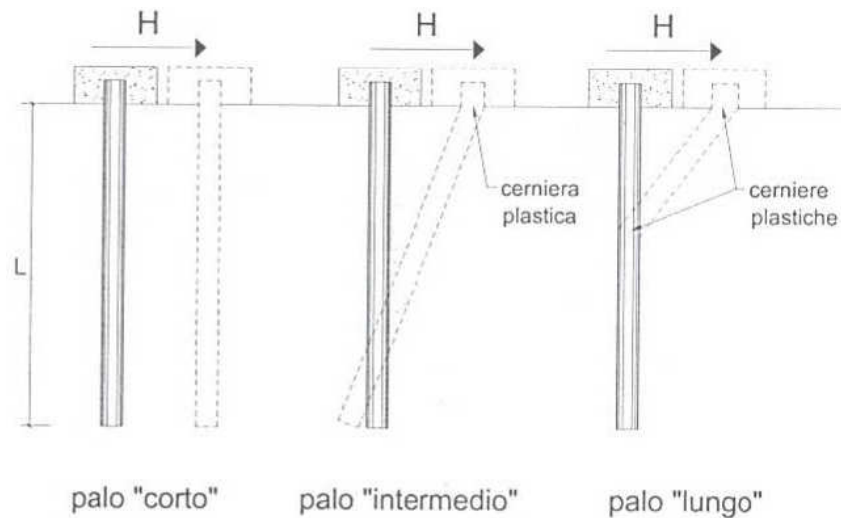
La capacità portante limite orizzontale viene determinata con il metodo di Broms (1964) nelle seguenti ipotesi:

- palo incastrato in testa;
- comportamento flessionale del palo rigido perfettamente plastico dopo il raggiungimento del valore del momento di plasticizzazione;
- pressione di interazione palo-terreno dipendente solo dal tipo di terreno e dal diametro del palo;
- terreno a comportamento rigido-plastico, con mobilitazione completa della resistenza.

La resistenza trasversale del palo viene calcolata come valore minimo corrispondente ai possibili meccanismi di rottura di palo lungo, palo medio e palo corto:

$$R_h = \min (R_{h,corto}; R_{h,medio}; R_{h,lungo})$$

Il comportamento dei 3 meccanismi viene illustrato nella figura seguente.



Le formulazioni tengono conto delle caratteristiche dei terreni attraversati e del momenti di plasticizzazione dei pali, calcolato in funzione delle caratteristiche geometriche e di armatura del palo.

Per quanto riguarda gli effetti di gruppo, si nota che l'interasse tra i pali delle strutture di fondazione è in tutti i casi pari o superiore a 3 volte il diametro. Si considera tuttavia, con approccio cautelativo, l'adozione di un fattore di efficienza del gruppo di pali pari a 0.8.

6 CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE DEI PALI DI FONDAZIONE

Si riportano di seguito le verifiche di capacità portante verticale dei pali in accordo alle due stratigrafie descritte nel precedente capitolo 3.1. Per ciascuna unità si fa riferimento a parametri di progetto medi e minimi, che vengono di seguito riepilogati.

Tabella 4: Riepilogo parametri geotecnici – Stratigrafia 1 – Parametri medi

Unità geotecnica	Profondità inizio strato	Diametro	Peso specifico terreno (γ')	Angolo di attrito (ϕ)	c'	α riduttivo C_u	C_u	k_{comp}	k_{traz}
-	m	m	kN/m ³	°	kPa	-	kPa		
ba2	0.00	1.20	19.0	34.0	0.0	0.0	0	0.5	0.5
ba1	3.50	1.20	9.0	40.0	0.0	0	0	0.5	0.5
MDL1	11.50	1.20	10.0	40.0	0.0	0	0	0.5	0.5
MDL2	17.00	1.20	10.0	33.0	0.0	0	0	0.5	0.5

Tabella 5: Riepilogo parametri geotecnici – Stratigrafia 1 – Parametri minimi

Unità geotecnica	Profondità inizio strato	Diametro	Peso specifico terreno (γ')	Angolo di attrito (ϕ)	c'	α riduttivo Cu	Cu	kcomp	ktraz
-	m	m	kN/m ³	°	kPa	-	kPa		
ba2	0.00	1.20	19.0	33.0	0.0	0.0	0	0.5	0.5
ba1	3.50	1.20	9.0	38.0	0.0	0	0	0.5	0.5
MDL1	11.50	1.20	10.0	39.0	0.0	0	0	0.5	0.5
MDL2	17.00	1.20	10.0	32.0	0.0	0	0	0.5	0.5

Tabella 6: Riepilogo parametri geotecnici – Stratigrafia 2 – Condizioni drenate – Parametri medi

Unità geotecnica	Profondità inizio strato	Diametro	Peso specifico terreno (γ')	Angolo di attrito (ϕ)	c'	α riduttivo Cu	Cu	kcomp	ktraz
-	m	m	kN/m ³	°	kPa	-	kPa	-	-
ba3	0.00	1.20	19.0	25.5	0.0	0.0	0	0.5	0.5
ba3a	4.00	1.20	9.0	25.5	0.0	0.0	0	0.5	0.5
MDL1	8.50	1.20	10.0	40.0	0.0	0	0	0.5	0.5
MDL2	18.50	1.20	10.0	33.0	0.0	0	0	0.5	0.5

Tabella 7: Riepilogo parametri geotecnici – Stratigrafia 2 – Condizioni drenate – Parametri minimi

Unità geotecnica	Profondità inizio strato	Diametro	Peso specifico terreno (γ')	Angolo di attrito (ϕ)	c'	α riduttivo Cu	Cu	kcomp	ktraz
-	m	m	kN/m ³	°	kPa	-	kPa		
ba3	0.00	1.20	19.0	24.0	0.0	0.0	0	0.5	0.5
ba3a	4.00	1.20	9.0	24.0	0.0	0.0	0	0.5	0.5
MDL1	8.50	1.20	10.0	39.0	0.0	0	0	0.5	0.5
MDL2	18.50	1.20	10.0	32.0	0.0	0	0	0.5	0.5

Tabella 8: Riepilogo parametri geotecnici – Stratigrafia 2 – Condizioni non drenate – Parametri medi

Unità geotecnica	Profondità inizio strato	Diametro	Peso specifico terreno (γ')	Angolo di attrito (ϕ)	c'	α riduttivo Cu	Cu	kcomp	ktraz
-	m	m	kN/m ³	°	kPa	-	kPa		
ba3	0.00	1.20	19.0	0.0	0.0	0.4	120	0.5	0.5
ba3a	4.00	1.20	9.0	0.0	0.0	0.4	120	0.5	0.5
MDL1	8.50	1.20	10.0	40.0	0.0	0	0	0.5	0.5
MDL2	18.50	1.20	10.0	33.0	0.0	0	0	0.5	0.5

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">IV0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">16 di 39</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	16 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	16 di 39								

Tabella 9: Riepilogo parametri geotecnici – Stratigrafia 2 – Condizioni non drenate – Parametri minimi

Unità geotecnica	Profondità inizio strato	Diametro	Peso specifico terreno (γ')	Angolo di attrito (ϕ)	c'	α riduttivo C_u	C_u	k_{comp}	k_{traz}
-	m	m	kN/m ³	°	kPa	-	kPa		
ba3	0.00	1.20	19.0	0.0	0.0	0.6	50	0.5	0.5
ba3a	4.00	1.20	9.0	0.0	0.0	0.6	50	0.5	0.5
MDL1	8.50	1.20	10.0	39.0	0.0	0	0	0.5	0.5
MDL2	18.50	1.20	10.0	32.0	0.0	0	0	0.5	0.5

A ulteriore controllo della capacità portante, sono stati applicati valori limite per la portata di punta unitaria e per l'attrito laterali, desunti da quanto suggerito dalla normativa API-RP-2A-WSD-2007, di cui si riporta di seguito un estratto della tabella riportante i valori limite suggeriti. Nel caso in esame sono stati considerati i valori tipici dei medium dense sand-silt per le unità ba2 e ba3, i valori tipici delle Dense sand per le unità MDL1 e MDL2.

Tabella 10: Valori limite suggeriti da API per attrito laterale e portanza di base

Relative Density ²	Soil Description	Shaft Friction Factor ³ (-)	Limiting Shaft Friction Values kips/ft ² (kPa)	End Bearing Factor N_q (-)	Limiting Unit End Bearing Values kips/ft ² (MPa)
Very Loose Loose Loose Medium Dense Dense	Sand Sand Sand-Silt ⁴ Silt Silt	Not Applicable ⁵	Not Applicable ⁵	Not Applicable ⁵	Not Applicable ⁵
Medium Dense	Sand-Silt ⁴	0.29	1.4 (67)	12	60 (3)
Medium Dense Dense	Sand Sand-Silt ⁴	0.37	1.7 (81)	20	100 (5)
Dense Very Dense	Sand Sand-Silt ⁴	0.46	2.0 (96)	40	200 (10)
Very Dense	Sand	0.56	2.4 (115)	50	250 (12)

6.1 STRATIGRAFIA 1

Si riportano di seguito i diagrammi della capacità portante verticale dei pali di diametro 1200 mm, ottenuti considerando la stratigrafia 1 di progetto, avente caratteristiche tipicamente drenate, con riferimento ai parametri geotecnici medi e minimi. Vengono evidenziati i valori ottenuti per le lunghezze di palo delle fondazioni interessate dalla stratigrafia 1, ovvero 20 m (Spalla A e Pila P1), 23 m (Pila P2), 26 m (Pila P3) e 27 m (Pila P4).

I tabulati di calcolo completi, relativi alle curve di capacità portante di seguito riportate, sono riportati in Appendice A, con riferimento alle curve a parametri medi e minimi.

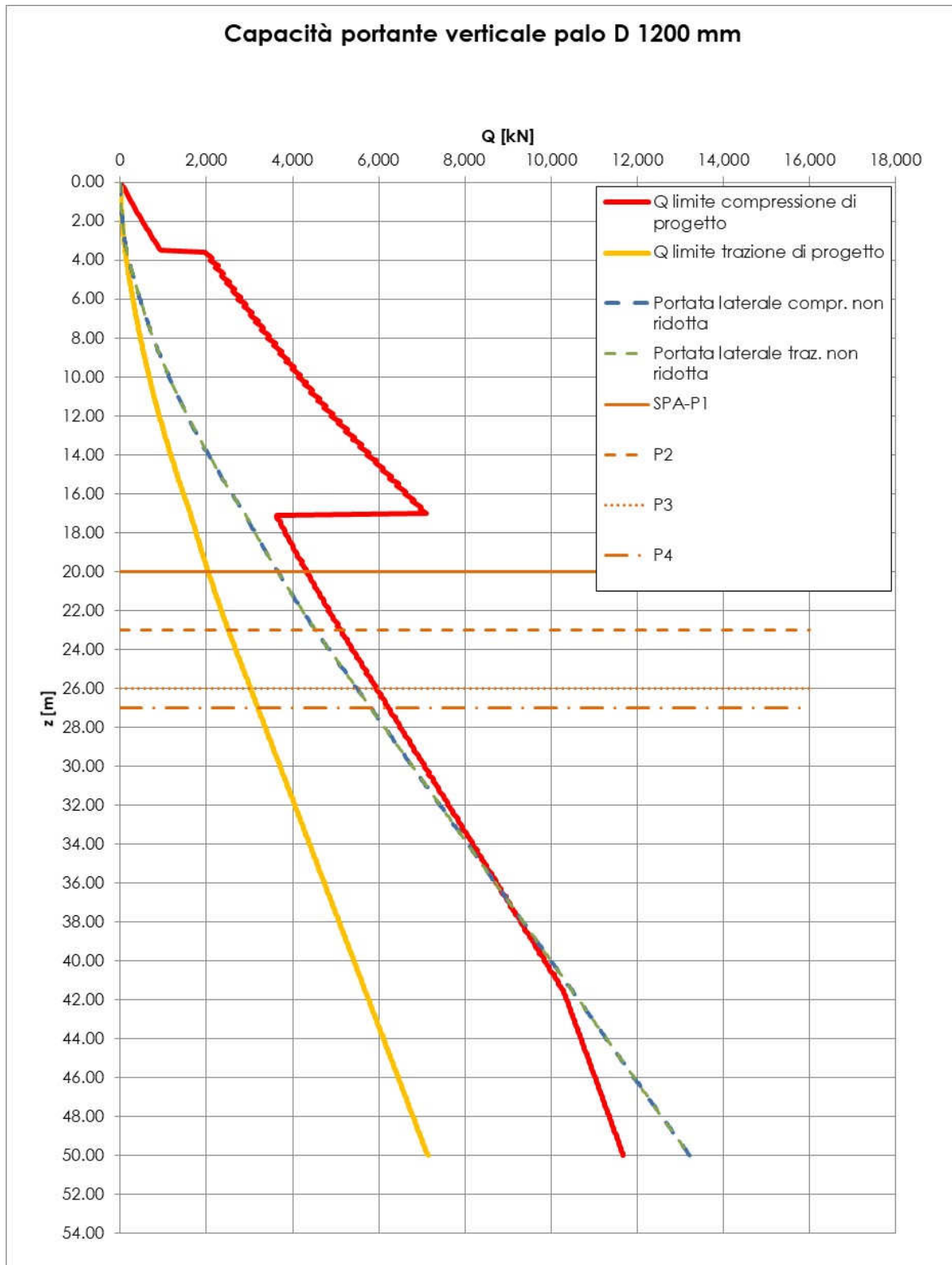


Figura 6: Capacità portante palo D1200 mm - Stratigrafia1 – Parametri medi

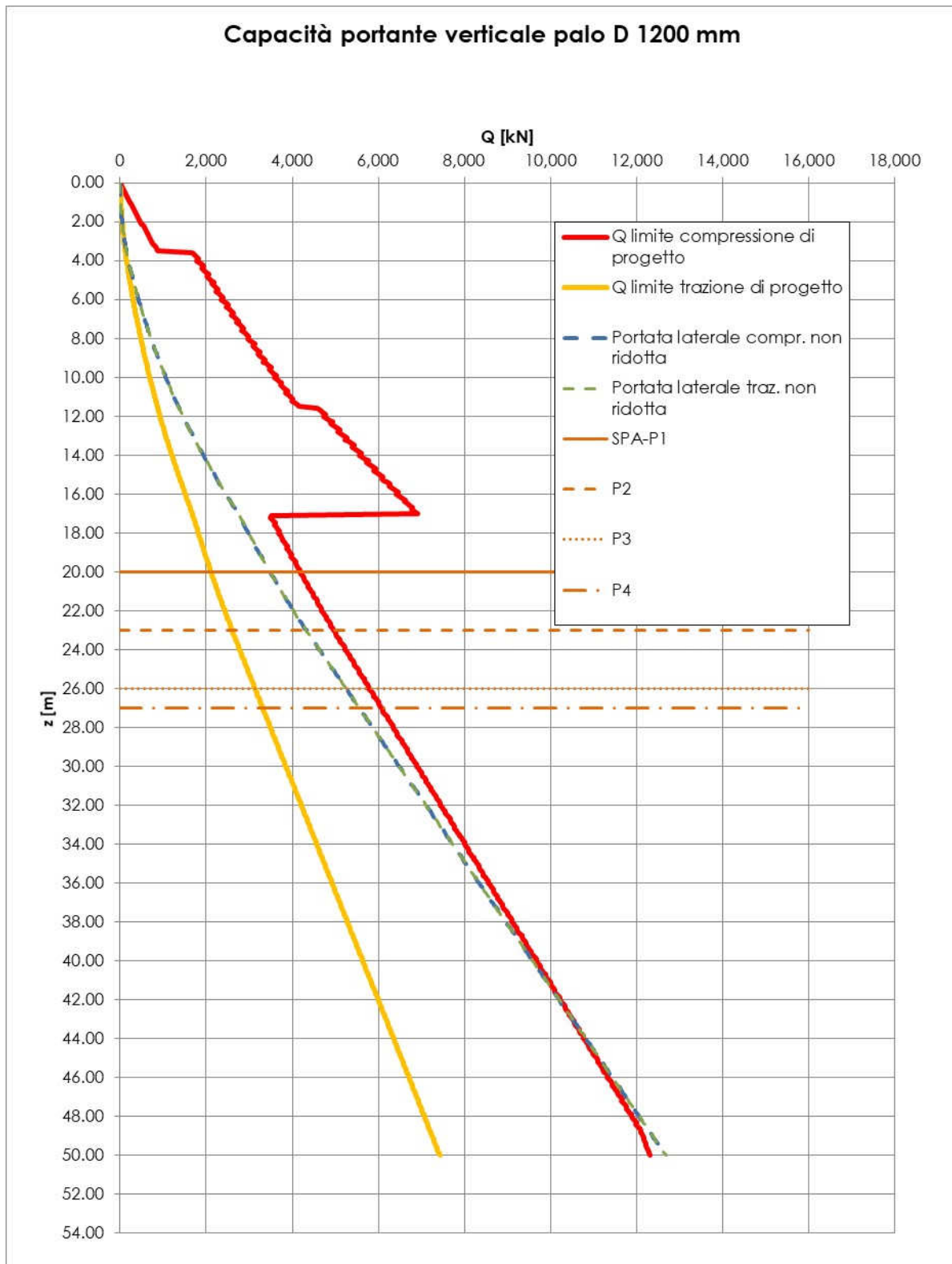


Figura 7: Capacità portante palo D1200 mm - Stratigrafia1 – Parametri minimi

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">IV0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">19 di 39</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	19 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	19 di 39								

Nella tabella seguente si riepilogano i massimi carichi agenti sui pali di ciascuna fondazione, estratti dalla Relazione di calcolo plinti e pali (IF2612EZZCLIV0100002B), a cui si rimanda per maggiori dettagli. Nella medesima tabella si riportano i valori di capacità portante di progetto, già ridotti dei fattori γ_R e ζ , che vengono confrontati con le azioni massime per la verifica.

Tabella 11: Riepilogo verifica di capacità portante – Stratigrafia 1

Inviluppo azioni massime		Sollecitazioni sui pali			Stratigrafia 1			
					Parametri medi		Parametri minimi	
Fondazione	L	Nmax	Nmin	Vmax xy	Ncompr	Ntraz	Ncompr	Ntraz
-	m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Spalla A	20	4013	-1714	1098	4309	-2039	4171	-2111
Pila P1	20	3941	-514	420	4309	-2039	4171	-2111
Pila P2	23	4688	-1168	491	5118	-2509	4970	-2600
Pila P3	26	5551	-1839	550	5932	-3021	5780	-3134
Pila P4	27	5791	-1938	543	6232	-3193	6076	-3313

Con riferimento alla tabella sopra riportata, si evince che le verifiche di capacità portante verticale sono soddisfatte in tutti i casi.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo della verifica di capacità portante SLE, prevista dal Manuale di Progettazione RFI, con riferimento alle massime azioni SLE agenti sui pali di pile e spalle, che risultano essere in tutti i casi di compressione.

Tabella 12: Riepilogo verifica di capacità portante SLE – Stratigrafia 1

Inviluppo azioni massime		Sollecitazioni sui pali		Stratigrafia 1	
				Parametri Minimi	
Fondazione	L	Nmax	Vmax xy	Qlat,cal	Qlat,cal/1.25
-	m	kN	kN	kN	kN
Spalla A	20	1868	284	6172	4937.6
Pila P1	20	2786	133	6172	4937.6
Pila P2	23	2971	126	6576	5260.8
Pila P3	26	3055	112	7733	6186.4
Pila P4	27	3214	114	8993	7194.4

Con riferimento alla tabella sopra riportata, si evince che le verifiche di capacità portante verticale in condizioni SLE sono soddisfatte in tutti i casi.

6.2 STRATIGRAFIA 2

Si riportano di seguito i diagrammi della capacità portante verticale dei pali di diametro 1200 mm, ottenuti considerando la stratigrafia 2 di progetto, con riferimento sia a condizioni drenate sia non drenate, a parametri geotecnici medi e minimi. Vengono evidenziati i valori ottenuti per le lunghezze di palo delle fondazioni interessate dalla stratigrafia 2, ovvero 31 m (Pila P5 e P6), 30 m (Pila P7), 24 m (Pila P8) e 20 m (Spalla B).

I tabulati di calcolo completi, relativi alle curve di capacità portante di seguito riportate, sono riportati in Appendice A, con riferimento alle curve a parametri medi e minimi.

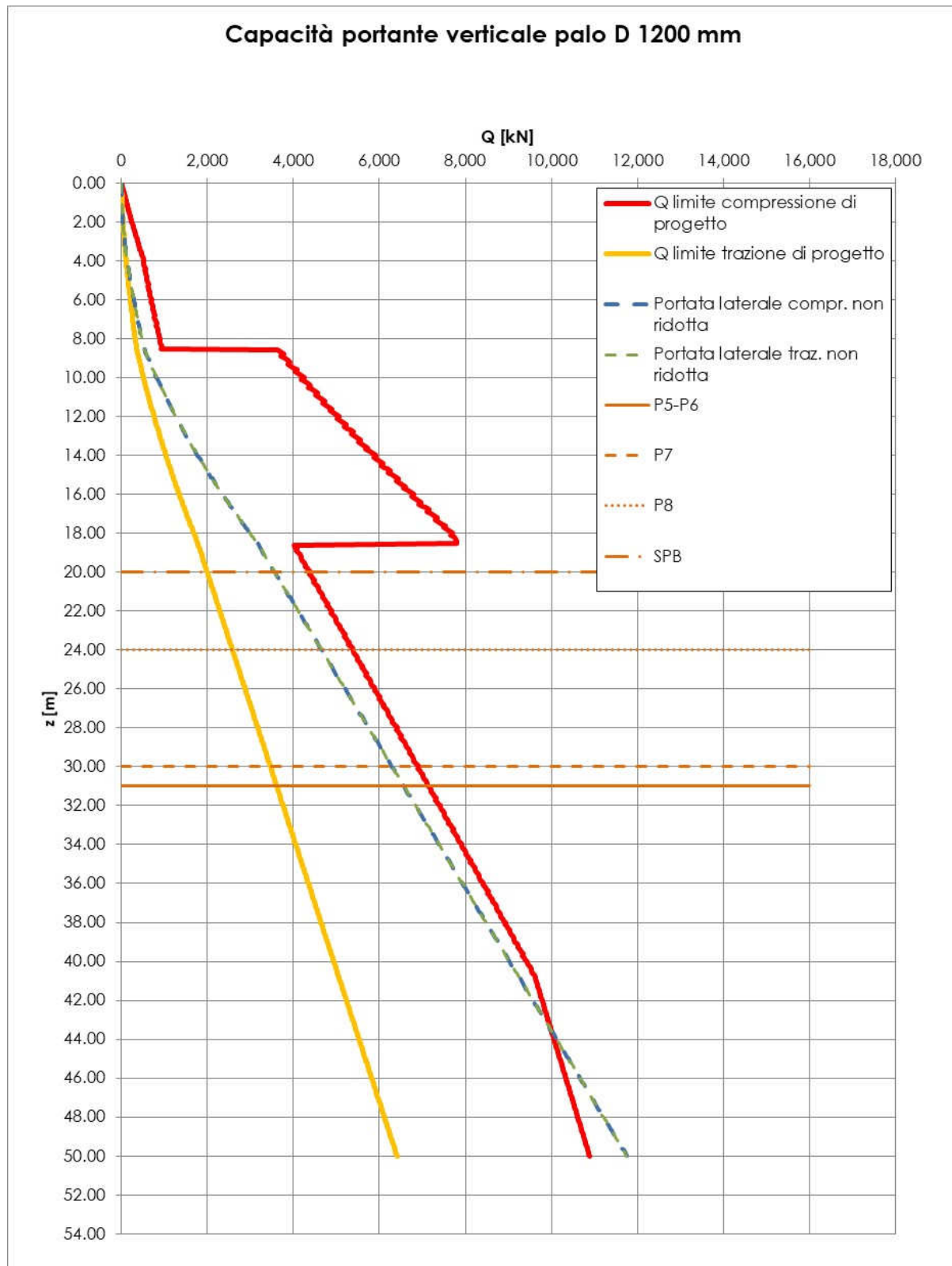


Figura 8: Capacità portante palo D1200 mm – Stratigrafia 2 Drenata – Parametri medi

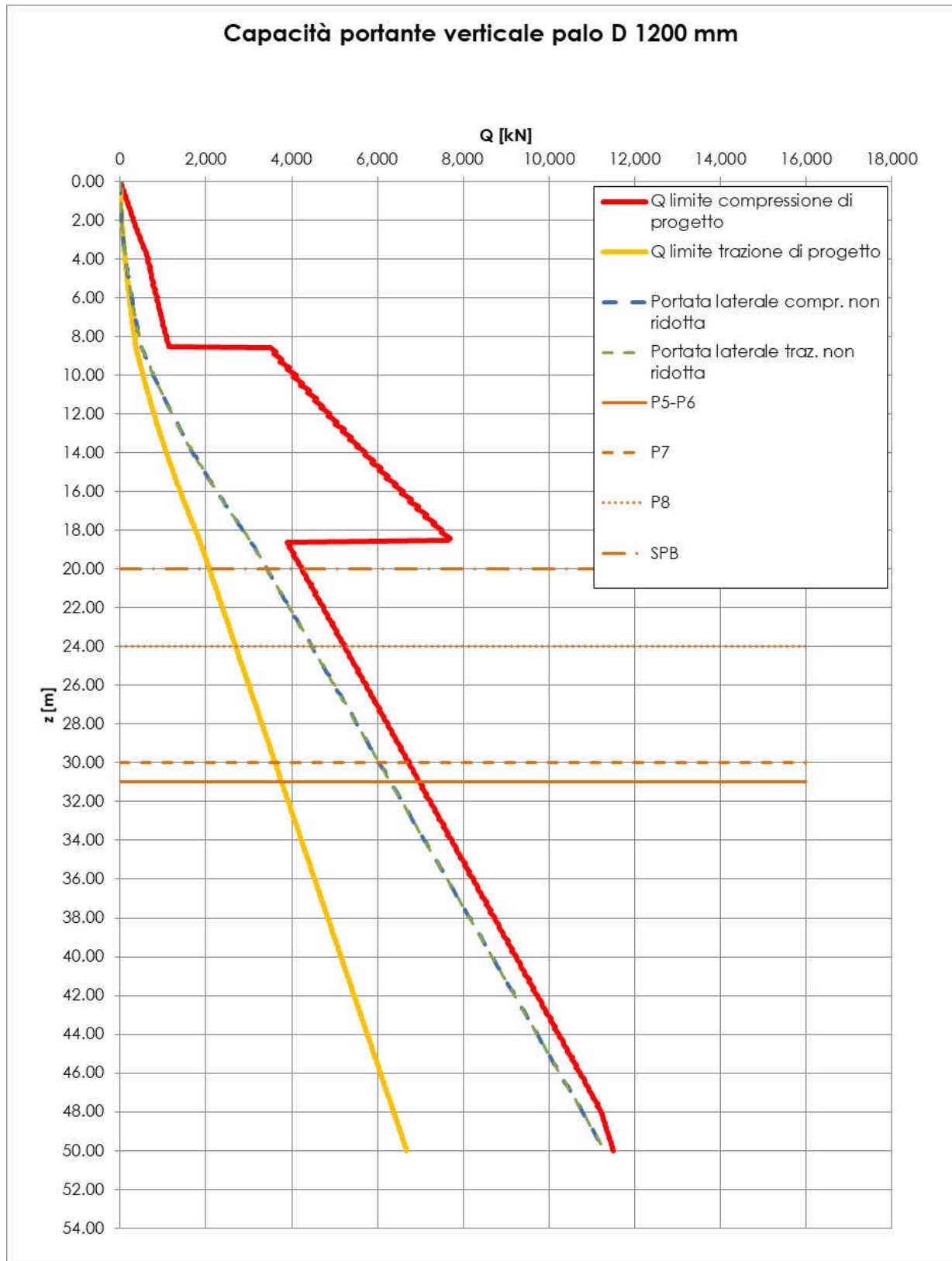


Figura 9: Capacità portante palo D1200 mm – Stratigrafia 2 Drenata – Parametri minimi

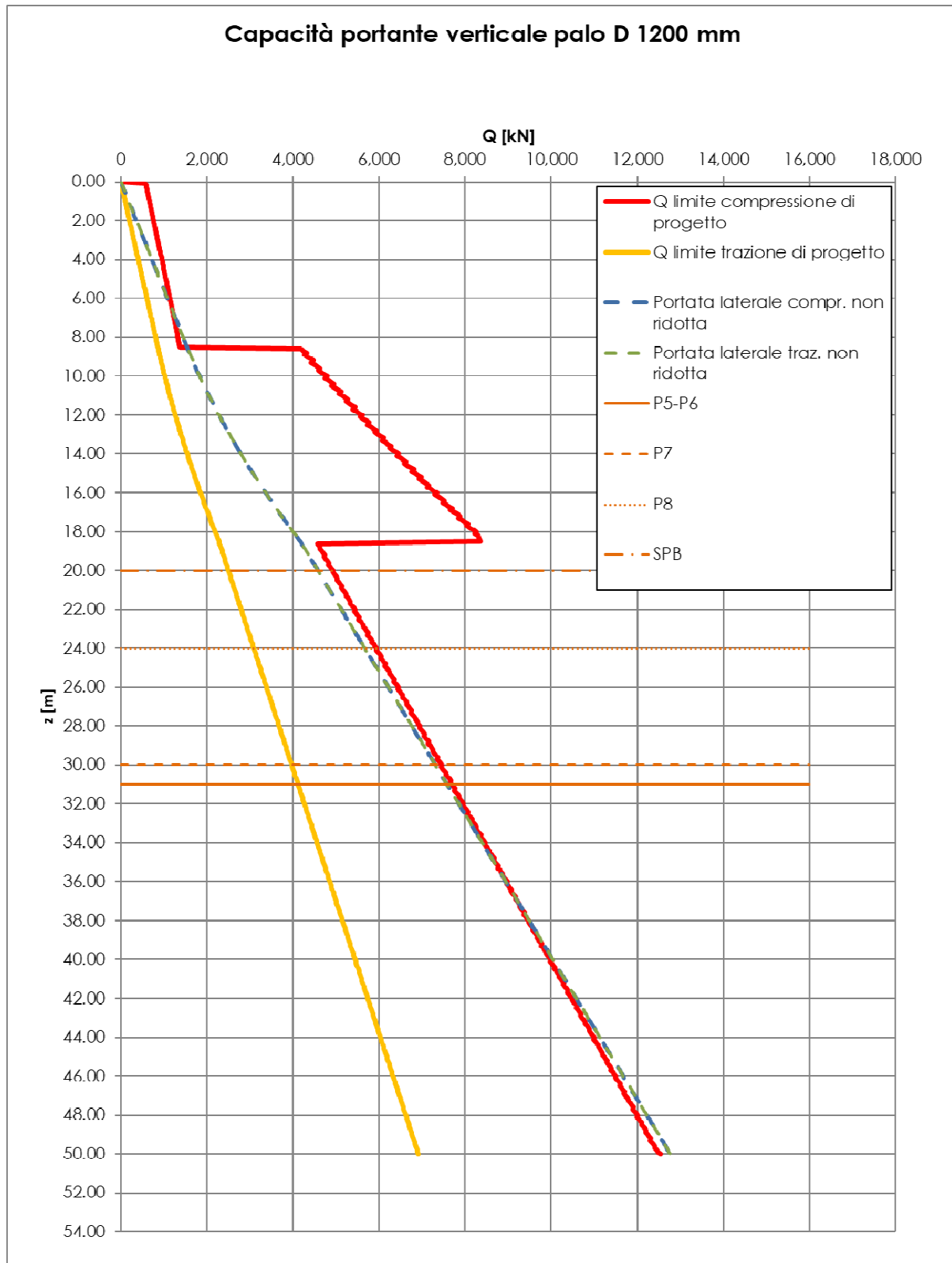


Figura 10: Capacità portante palo D1200 mm – Stratigrafia 2 Non Drenata – Parametri medi

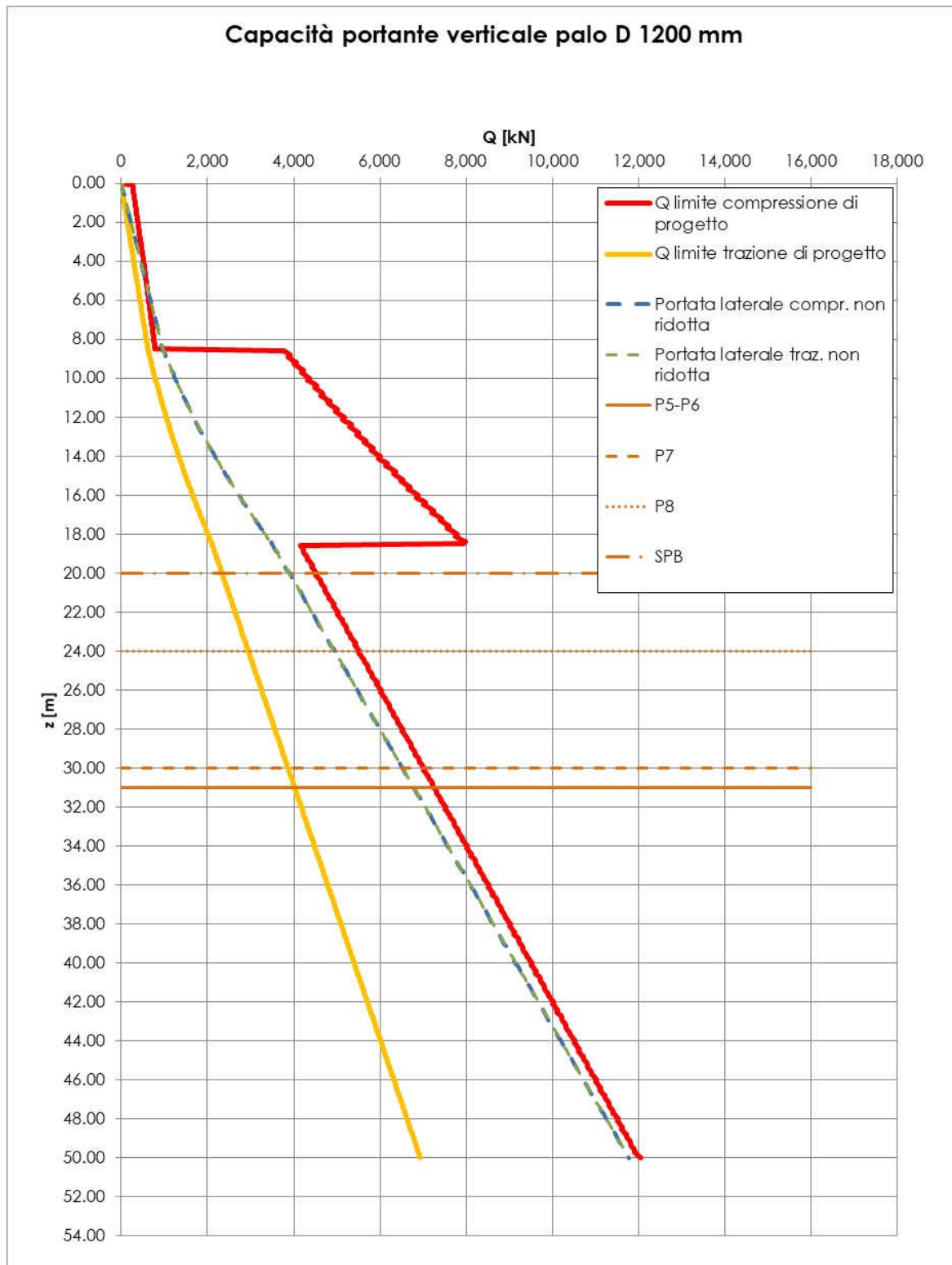


Figura 11: Capacità portante palo D1200 mm – Stratigrafia 2 Non Drenata – Parametri minimi

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">IV0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">24 di 39</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	24 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	24 di 39								

Nella tabella seguente si riepilogano i massimi carichi agenti sui pali di ciascuna fondazione, estratti dalla Relazione di calcolo plinti e pali (IF2612EZZCLIV0100002B), a cui si rimanda per maggiori dettagli. Nella medesima tabella si riportano i valori di capacità portante di progetto, già ridotti dei fattori γ_R e ζ , che vengono confrontati con le azioni massime per la verifica.

Tabella 13: Riepilogo verifica di capacità portante – Stratigrafia 2

Inviluppo azioni massime		Sollecitazioni sui pali			Stratigrafia 2 DRE				Stratigrafia 2 NDR			
					Parametri medi		Parametri minimi		Parametri medi		Parametri minimi	
Fondazione	L	Nmax	Nmin	Vmax xy	Ncompr	Ntraz	Ncompr	Ntraz	Ncompr	Ntraz	Ncompr	Ntraz
-	m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Pila P5	31	6712	-2731	609	7141	-3612	6978	-3768	7692	-4119	7254	-4022
Pila P6	31	6812	-2349	655	7141	-3612	6978	-3768	7460	-3972	7024	-3869
Pila P7	30	6388	-2223	624	6909	-3465	6748	-3614	7460	-3972	7024	-3869
Pila P8	24	5146	-1212	490	5393	-2582	5251	-2694	5945	-3090	5527	-2948
Spalla B	20	4110	-1444	1010	4386	-1996	4255	-2082	4937	-2504	4531	-2337

Con riferimento alla tabella sopra riportata, si evince che le verifiche di capacità portante verticale sono soddisfatte in tutti i casi.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo della verifica di capacità portante SLE, prevista dal Manuale di Progettazione RFI, con riferimento alle massime azioni SLE agenti sui pali di pile e spalle, che risultano essere in tutti i casi di compressione.

Tabella 14: Riepilogo verifica di capacità portante SLE – Stratigrafia 2

Inviluppo azioni massime		Sollecitazioni sui pali		Stratigrafia 2 Drenata		Stratigrafia 2 Non Drenata	
				Parametri Minimi		Parametri Minimi	
Fondazione	L	Nmax	Vmax xy	Q _{lat,cal}	Q _{lat,cal} /1.25	Q _{lat,cal}	Q _{lat,cal} /1.25
-	m	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Pila P5	31	3335	112	9987	7989.6	10395	8316
Pila P6	31	3372	105	9987	7989.6	10395	8316
Pila P7	30	3434	126	8850	7080	9259	7407.2
Pila P8	24	3372	133	7771	6216.8	8180	6544
Spalla B	20	1813	256	4255	3404	6706	5364.8

Con riferimento alla tabella sopra riportata, si evince che le verifiche di capacità portante verticale in condizioni SLE sono soddisfatte in tutti i casi.

7 CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE DEI PALI DI FONDAZIONE

Si riportano di seguito le verifiche di capacità portante orizzontale dei pali di fondazione, che vengono eseguite mediante il metodo di Broms. Le verifiche sono state condotte con riferimento alle due stratigrafie di progetto, individuate nei capitoli precedenti. La stratigrafia 1 è stata considerata con riferimento alle sole condizioni drenate, mentre la stratigrafia 2 è stata considerata con riferimento sia a condizioni drenate sia a condizioni non drenate.

Nel caso solo di terreni incoerenti (o stratificati con alternanza di terreni incoerenti) è possibile tener conto dell'effetto benefico del sovraccarico agente a quota testa palo, pari almeno allo spessore del plinto moltiplicato per il peso del terreno di riempimento. Nel caso in esame, tale contributo può essere considerato nei calcoli per la Stratigrafia 1 e per la Stratigrafia 2 in condizione drenata. In particolare, l'effetto del sovraccarico è stato introdotto nel calcolo con due differenti modalità, e considerando il valore minimo di carico limite orizzontale ottenuto dai due calcoli. Con un primo approccio, è stato inserito direttamente nel calcolo di Broms il contributo del sovraccarico come incremento delle tensioni verticali, mediante l'applicazione in superficie di uno strato molto sottile

caratterizzato da un peso pari al prodotto del peso di volume del materiale costituente l'interramento e dell'altezza del plinto. Un secondo calcolo è stato eseguito in accordo all'approccio proposto da De Simone (2012), in cui viene calcolato l'incremento di carico orizzontale in funzione dell'altezza di interrimento, del peso dell'interramento, delle caratteristiche geometriche del palo, secondo lo schema riportato nella figura seguente.

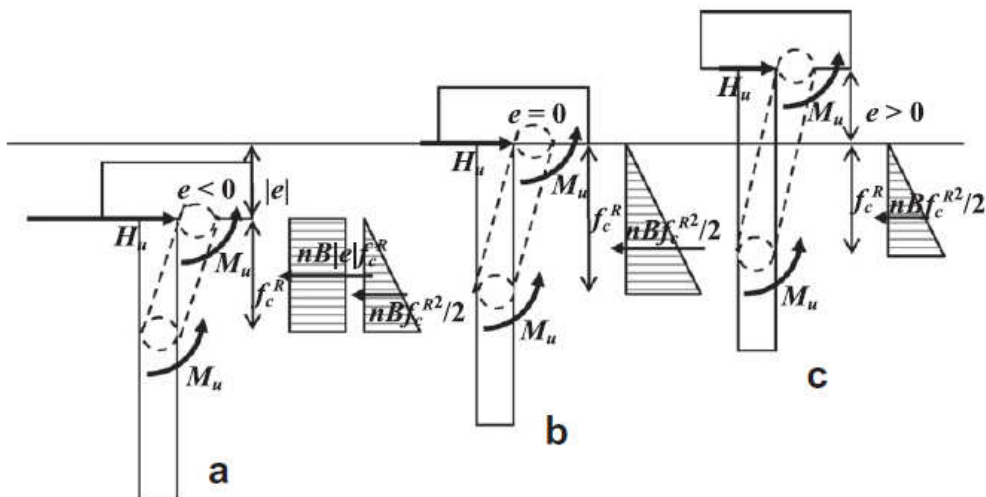


Fig. 3. Soil reaction for long piles: trapezoidal (a) $e < 0$, triangular (b) $e = 0$, (Broms) and (c) $e > 0$.

Figura 12: Schemi diagrammi per carico limite orizzontale (De Simone, 2012)

Con riferimento al caso in esame, caratterizzato in tutti i casi da testa palo vincolata e da un comportamento del palo di tipo "palo lungo", il contributo aggiuntivo alla resistenza orizzontale rispetto al caso non interrato (vedere formulazioni 22 e 23 dell'approccio di De Simone, 2012) è pari a:

$$\Delta H_u = (nD^3) \cdot (f \cdot e / D^2)$$

essendo:

$$n = \gamma k_p^2;$$

f = profondità del punto di momento massimo (e taglio nullo), pari a 4.5 m (valore desunto dai diagrammi di taglio e momento riportati nella Relazione di calcolo plinti e pali (IF2612EZZCLIV0100002B), a cui si rimanda per maggiori dettagli);

D: diametro del palo

e: interrimento della fondazione, pari a 2.5 m (nel calcolo considerati 2.0 m, ovvero la sola altezza del plinto)

Si nota che il calcolo eseguito con i due approcci sopra descritti fornisce risultati confrontabili.

Si nota inoltre che, considerata la lunghezza minima dei pali pari a 20 m, in tutti i casi il meccanismo dimensionante per il carico limite orizzontale è quello di palo lungo.

Per ciascuna armatura utilizzata viene determinato il momento resistente, da impiegare nel calcolo mediante il metodo di Broms. Si riepilogano di seguito i momenti resistenti ottenuti.

Tabella 15: Riepilogo momenti di plasticizzazione per differenti armature

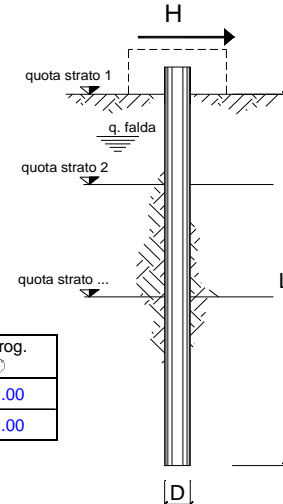
Armatura	Mp (kNm)
24phi26	2560
36phi26	3459
48phi26	4318
48phi30	5423

7.1 STRATIGRAFIA 1

Si riportano di seguito i tabulati di calcolo del carico limite orizzontale dei pali di diametro 1200 mm per la stratigrafia 1, caratterizzata dalla presenza di terreni incoerenti e condizioni drenate. Si considera pertanto il contributo al carico limite dovuto all'interramento, in termini di sovraccarico aggiuntivo e in accordo alla metodologia di De Simone (2012), come descritto in precedenza. I tabulati riportano il calcolo per parametri geotecnici medi e minimi, considerando il valore minimo come carico limite orizzontale. Il contributo aggiuntivo di interrimento calcolato con la metodologia di De Simone è stato calcolato cautelativamente con riferimento ai parametri minimi (in termini di K_p). Il valore del carico limite orizzontale di progetto H_d riportato tiene in considerazione sia il fattore di resistenza γ_{R3} , sia il fattore di correlazione ζ , sia il fattore di efficienza del gruppo di pali, pari a 0.8.

opera **Stratigrafia 1 - 24phi26 (Pile P1/P4) - Sovraccarico**

coefficienti parziali			A		M		R	
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_T	
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	interramento	100.00	380	380	0	1.00		0	1.00	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	ba2	99.90	19	9	34	3.54		33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	ba1	96.50	21	11	40	4.60		38	4.20	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	mdl1	88.50	20	10	40	4.60		39	4.40	
<input type="checkbox"/> strato 5	mdl2	83.00	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda 96.5 (m)
 Diametro del palo D 1.20 (m)
 Lunghezza del palo L 18.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 2560.00 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

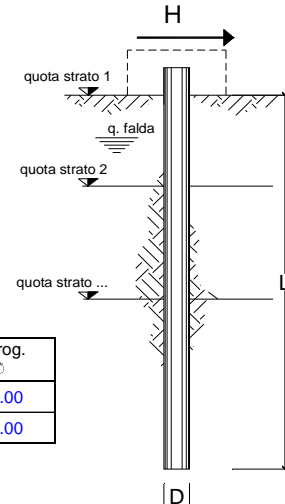
	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	2705.9 (kN)		2654.8 (kN)	
Palo intermedio	14232.8 (kN)		13278.7 (kN)	
Palo corto	46469.4 (kN)		43614.2 (kN)	
	H_{med} 2705.9 (kN)	Palo lungo	H_{min} 2654.8 (kN)	Palo lungo
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		1691.18 (kN)	
	H_d = H_k/γ_T * Eff		1040.73 (kN)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =	417 (kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0 (kN)		
	F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		417.00 (kN)	
	FS = H_d / F_d =		2.50	

Figura 13: Carico limite orizzontale Broms e interrimento come sovraccarico – Stratigrafia 1 Pile P1/P4

opera **Stratigrafia 1 - 24phi26 (Pile P1/P4) - De Simone (2012)**

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_T
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba2	100.00	19	9	34	3.54		33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	ba1	96.50	21	11	40	4.60		38	4.20	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	mdl1	88.50	20	10	40	4.60		39	4.40	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	mdl2	83.00	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda	96.5	(m)	Interr. (s/n)	s
Diametro del palo D	1.20	(m)	e int	2.00 (m)
Lunghezza del palo L	18.00	(m)	f	4.50 (m)
Momento di plasticizzazione palo My	2560.00	(kNm)	DH (lungo)	1118.4 (kN) (De Simone, 2012)
Step di calcolo	0.01	(m)		

- palo impedito di ruotare
 palo libero

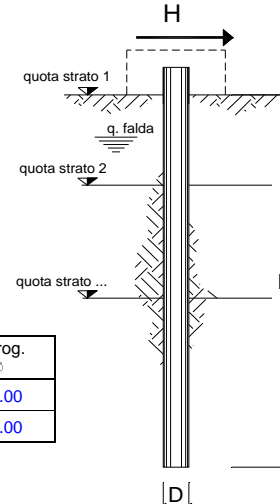
Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	1931.0	(kN)	1907.1	(kN)
Palo intermedio	9950.4	(kN)	9290.6	(kN)
Palo corto	35309.5	(kN)	33151.9	(kN)
	H_{med}	3049.4 (kN)	H_{min}	3025.5 (kN)
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		1905.88	(kN)
	H_d = H_k/γ_T * Eff		1172.85	(kN)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	417	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
	F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =	417.00	(kN)	
	FS = H_d / F_d =	2.81		

Figura 14: Carico limite orizzontale Broms e interramento De Simone – Stratigrafia 1 Pile P1/P4

opera **Stratigrafia 1 - 48phi26 (Spalla A) - Sovraccarico**

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_T
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	interramento	100.00	380	380	0	1.00		0	1.00	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	ba2	99.90	19	9	34	3.54		33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	ba1	96.50	21	11	40	4.60		38	4.20	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	mdl1	88.50	20	10	40	4.60		39	4.40	
<input type="checkbox"/> strato 5	mdl2	83.00	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda 96.5 (m)
 Diametro del palo D 1.20 (m)
 Lunghezza del palo L 18.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 4318.00 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	3693.4 (kN)		3626.3 (kN)	
Palo intermedio	14374.7 (kN)		13414.8 (kN)	
Palo corto	46469.4 (kN)		43614.2 (kN)	
H_{med}	3693.4 (kN)	Palo lungo	H_{min}	3626.3 (kN)

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2308.38 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T * \text{Eff} = 1420.54 \text{ (kN)}$$

Carico Assiale Permanente (G): G = 1098 (kN)

Carico Assiale variabile (Q): Q = 0 (kN)

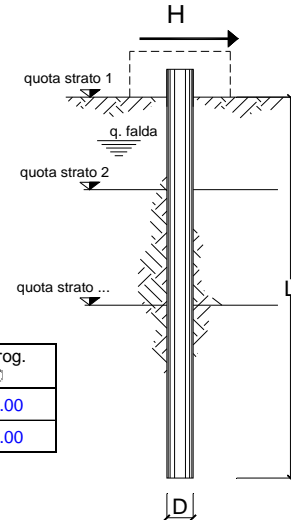
$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1098.00 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.29$$

Figura 15: Carico limite orizzontale Broms e interramento come sovraccarico – Stratigrafia 1 Spalla A

opera **Stratigrafia 1 - 48phi26 (Spalla A) - De Simone (2012)**

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_r
S.U.	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba2	100.00	19	9	34	3.54		33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	ba1	96.50	21	11	40	4.60		38	4.20	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	mdl1	88.50	20	10	40	4.60		39	4.40	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	mdl2	83.00	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda	96.5	(m)	Interrato (s/n)	s
Diametro del palo D	1.20	(m)	e int	2.00 (m)
Lunghezza del palo L	18.00	(m)	f	4.50 (m)
Momento di plasticizzazione palo My	4318.00	(kNm)	DH (lungo)	1118.4 (kN)
Step di calcolo	0.01	(m)		

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	2757.7	(kN)	2718.5	(kN)
Palo intermedio	10127.5	(kN)	9403.9	(kN)
Palo corto	35309.5	(kN)	33151.9	(kN)

H_{med} 3876.1 (kN) Palo corto H_{min} 3837.0 (kN) Palo corto

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$ 2422.59 (kN)

$H_d = H_k/\gamma_r * \text{Eff}$ 1490.82 (kN)

Carico Assiale Permanente (G): G = 1098 (kN)

Carico Assiale variabile (Q): Q = 0 (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$ 1098.00 (kN)

$FS = H_d / F_d =$ 1.36

Figura 16: Carico limite orizzontale Broms e interramento De Simone – Stratigrafia 1 Spalla A

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geotecnica IV01	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RB</td> <td>IV0100 001</td> <td>B</td> <td>31 di 39</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	31 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	31 di 39								

Con riferimento alle figure sopra riportate, si evince che la verifica di capacità portante orizzontale è soddisfatta in tutti i casi. Si riepilogano di seguito le azioni orizzontali e il carico limite orizzontale per tutti i casi considerati.

Tabella 16: Riepilogo verifiche carico limite orizzontale

Inviluppo azioni massime		Sollecitazioni sui pali			Stratigrafia 1		
					Medi/Min		
Fondazione	L	Nmax	Nmin	Vmax xy	Arm. Top	Vlim (sovraccarico)	Vlim (De Simone)
-	m	kN	kN	kN	-	kN	kN
Spalla A	20	4013	-1714	1098	48phi26	1420	1490
Pila P1	20	3941	-514	346	24phi26	1040	1172
Pila P2	23	4688	-1168	387	24phi26	1040	1172
Pila P3	26	5551	-1839	417	24phi26	1040	1172
Pila P4	27	5791	-1938	402	24phi26	1040	1172

7.2 STRATIGRAFIA 2

Si riportano di seguito i tabulati di calcolo del carico limite orizzontale dei pali di diametro 1200 mm per la stratigrafia 2, caratterizzata dalla presenza di terreni a possibile comportamento coesivo negli strati superficiali, a comportamento granulare negli strati profondi. In analogia con quanto svolto per la capacità portante verticale dei pali, la determinazione del carico limite orizzontale viene eseguita con riferimento sia a condizioni drenate sia non drenate, a parametri geotecnici medi e minimi.

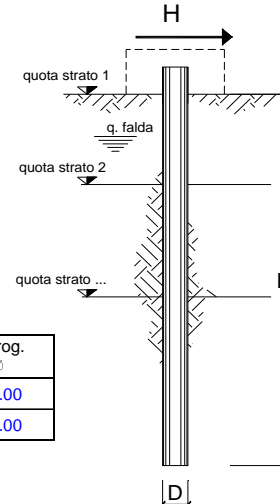
Per la verifica in condizioni drenate si fa riferimento a quanto già riportato per i calcoli relativi alla Stratigrafia 1. Si considera pertanto il contributo al carico limite dovuto all'interramento, in termini di sovraccarico aggiuntivo e in accordo alla metodologia di De Simone (2012), come descritto in precedenza. I tabulati riportano il calcolo per parametri geotecnici medi e minimi, considerando il valore minimo come carico limite orizzontale. Il contributo aggiuntivo di interrimento calcolato con la metodologia di De Simone è stato calcolato cautelativamente con riferimento ai parametri minimi (in termini di K_p).

Per la verifica in condizioni non drenate non si tiene invece in considerazione il contributo resistente aggiuntivo dovuto all'interramento della fondazione e il calcolo viene eseguito con riferimento esclusivamente alla teoria di Broms.

Il valore del carico limite orizzontale di progetto H_d riportato tiene in considerazione sia il fattore di resistenza γ_{R3} , sia il fattore di correlazione ζ , sia il fattore di efficienza del gruppo di pali, pari a 0.8.

opera **Stratigrafia 2 drenata - 36phi26 (Pile P5/P8) - Sovraccarico**

coefficienti parziali			A		M		R	
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_T	
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	100.00	380	380	0	1.00		0	1.00	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	mdl1	99.90	19	9	25.5	2.51	0	24	2.37	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	mdl2	91.50	21	11	40	4.60		39	4.40	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	mdl2	81.50	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **96** (m)
 Diametro del palo **D** **1.20** (m)
 Lunghezza del palo **L** **24.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo **My** **3459.00** (kNm)
 Step di calcolo **0.01** (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	2804.9 (kN)		2735.3 (kN)	
Palo intermedio	17386.0 (kN)		16612.2 (kN)	
Palo corto	61887.2 (kN)		59127.0 (kN)	
H_{med}	2804.9 (kN)	Palo lungo	H_{min}	2735.3 (kN)

$$H_k = \text{Min}(H_{\text{med}}/\xi_3 ; R_{\text{min}}/\xi_4) = 1753.07 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_T * \text{Eff} = 1078.82 \text{ (kN)}$$

Carico Assiale Permanente (G): G = 476 (kN)

Carico Assiale variabile (Q): Q = 0 (kN)

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 476.00 \text{ (kN)}$$

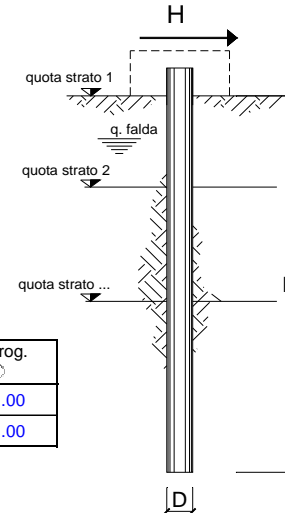
$$\text{FS} = H_d / F_d = 2.27$$

Figura 17: Carico limite orizzontale Broms e interramento come sovraccarico – Stratigrafia 2 drenata Pile P5/P8

opera **Stratigrafia 2 drenata - 36phi26 (Pile P5/P8) - De Simone (2012)**

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_T
SLS	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			1.00	1.00	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	100.00	19	9	25.5	2.51		24	2.37	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	mdl1	91.50	21	11	40	4.60	0	39	4.40	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	mdl2	81.50	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda	96	(m)	Interr. (s/n)	s
Diametro del palo D	1.20	(m)	e int	2.00 (m)
Lunghezza del palo L	20.00	(m)	f	4.50 (m)
Momento di plasticizzazione palo My	3459.00	(kNm)	DH (lungo)	546.5 (kN) (De Simone, 2012)
Step di calcolo	0.01	(m)		

- palo impedito di ruotare
 palo libero

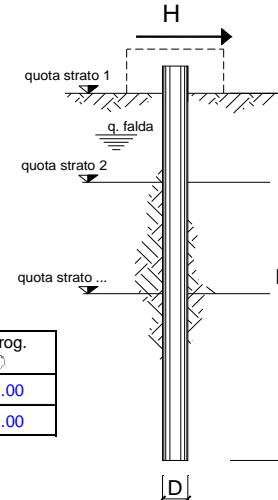
Calcolo
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	2098.6	(kN)	2054.0	(kN)
Palo intermedio	9470.8	(kN)	9035.5	(kN)
Palo corto	37971.2	(kN)	36245.1	(kN)
H_{med}	2645.1	(kN)	H_{min}	2600.5 (kN)
		Palo corto		
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		1653.22	(kN)
	H_d = H_k/γ_T * Eff		1017.36	(kN)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	476	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
	F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		476.00	(kN)
	FS = H_d / F_d =		2.14	

Figura 18: Carico limite orizzontale Broms e interramento De Simone – Stratigrafia 2 drenata Pile P5/P8

opera **Stratigrafia 2 non drenata - 36phi26 (Pile P5/P8)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ψ	γ_{cu}	γ_T
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	100.00	19	9		1.00	120		1.00	50
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	mdl1	91.50	21	11	40	4.60		39	4.40	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	mdl2	81.50	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **96** (m)
 Diametro del palo D **1.20** (m)
 Lunghezza del palo L **27.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo My **3459.00** (kNm)
 Step di calcolo **0.01** (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

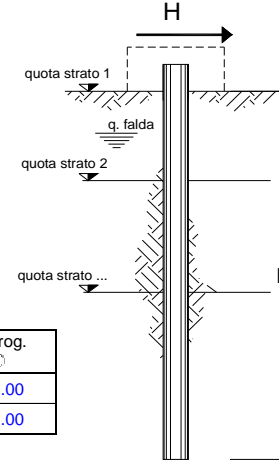
Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	2507.8 (kN)		1930.5 (kN)	
Palo intermedio	19550.8 (kN)		15199.7 (kN)	
Palo corto	65011.7 (kN)		57551.0 (kN)	
	H_{med} 2507.8 (kN)	Palo lungo	H_{min} 1930.5 (kN)	Palo lungo
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		1304.39 (kN)	
	H_d = H_k/γ_T * Eff		802.70 (kN)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =		476 (kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		0 (kN)	
	F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		476.00 (kN)	
	FS = H_d / F_d =		1.69	

Figura 19: Carico limite orizzontale Broms– Stratigrafia 2 non drenata Pile P5/P8

opera **Stratigrafia 2 drenata - 48phi30 (Spalla B) - Sovraccarico**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R	
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_T	
SLS	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	100.00	380	380	0	1.00		0	1.00	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	mdl1	99.90	19	9	25.5	2.51	0	24	2.37	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	mdl2	91.50	21	11	40	4.60		39	4.40	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	mdl2	81.50	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **96** (m)
 Diametro del palo D **1.20** (m)
 Lunghezza del palo L **20.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo My **5423.00** (kNm)
 Step di calcolo **0.01** (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	3662.9 (kN)		3582.0 (kN)	
Palo intermedio	12818.8 (kN)		12211.4 (kN)	
Palo corto	47350.5 (kN)		45179.6 (kN)	
	H_{med} 3662.9 (kN)	Palo lungo	H_{min} 3582.0 (kN)	Palo lungo

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2289.34 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T * \text{Eff} = 1408.82 \text{ (kN)}$$

Carico Assiale Permanente (G): G = **1010** (kN)

Carico Assiale variabile (Q): Q = **0** (kN)

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1010.00 \text{ (kN)}$$

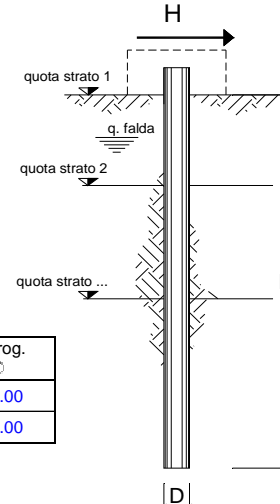
$$FS = H_d / F_d = 1.39$$

Figura 20: Carico limite orizzontale Broms e interrimento come sovraccarico – Stratigrafia 2 drenata Spalla B

opera **Stratigrafia 2 drenata - 48phi30 (Spalla B) - De Simone (2012)**

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_T
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	100.00	19	9	25.5	2.51		24	2.37	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	mdl1	91.50	21	11	40	4.60	0	39	4.40	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	mdl2	81.50	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda	96	(m)	Interr. (s/n)	s
Diametro del palo D	1.20	(m)	e int	2.00 (m)
Lunghezza del palo L	20.00	(m)	f	4.50 (m)
Momento di plasticizzazione palo My	5423.00	(kNm)	DH (lungo)	546.5 (kN) (De Simone, 2012)
Step di calcolo	0.01	(m)		

palo impedito di ruotare
 palo libero

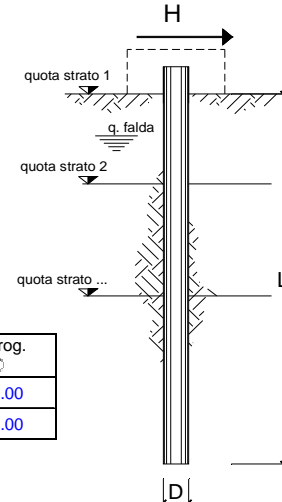
Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	2814.6	(kN)	2760.7	(kN)
Palo intermedio	9600.1	(kN)	9159.1	(kN)
Palo corto	37971.2	(kN)	36245.1	(kN)
H_{med}	3361.1	(kN)	H_{min}	3307.2 (kN)
H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)			2100.70	(kN)
H_d = H_k/γ_T * Eff			1292.74	(kN)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	1010	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		1010.00	(kN)	
FS = H_d / F_d =		1.28		

Figura 21: Carico limite orizzontale Broms e interrimento De Simone – Stratigrafia 2 drenata Spalla B

opera **Stratigrafia 2 non drenata - 48phi30 (Spalla B)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{ψ}	γ_{cu}	γ_T
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	100.00	19	9		1.00	120		1.00	50
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	mdl1	91.50	21	11	40	4.60		39	4.40	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	mdl2	81.50	20	10	33	3.39		32	3.25	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **96** (m)
 Diametro del palo D **1.20** (m)
 Lunghezza del palo L **20.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo My **5423.00** (kNm)
 Step di calcolo **0.01** (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+I)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	3466.8 (kN)		2589.3 (kN)	
Palo intermedio	12875.7 (kN)		9121.5 (kN)	
Palo corto	44386.3 (kN)		37761.8 (kN)	
	H_{med} 3466.8 (kN)	Palo lungo	H_{min} 2589.3 (kN)	Palo lungo
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		1749.53 (kN)	
	H_d = H_k/γ_T * Eff		1076.63 (kN)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =	1010 (kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0 (kN)		
	F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		1010.00 (kN)	
	FS = H_d / F_d =		1.07	

Figura 22: Carico limite orizzontale Broms– Stratigrafia 2 non drenata Spalla B

Relazione geotecnica IV01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	IV0100 001	B	38 di 39

Con riferimento alle figure sopra riportate, si evince che la verifica di capacità portante orizzontale è soddisfatta in tutti i casi. Si riepilogano di seguito le azioni orizzontali e il carico limite orizzontale per tutti i casi considerati.

Tabella 17: Riepilogo verifiche carico limite orizzontale

Inviluppo azioni massime		Sollecitazioni sui pali			Stratigrafia 2 DRE			Stratigrafia 2 NDR	
					Medi/Min			Medi/Min	
Fondazione	L	Nmax	Nmin	Vmax xy	Arm. Top	Vlim (sovraccarico)	Vlim (De Simone)	Arm. Top	Vlim (no interrimento)
-	m	kN	kN	kN	-	kN	kN	-	kN
Pila P5	31	6712	-2731	447	36phi26	1078	1017	36phi26	802
Pila P6	31	6812	-2349	476	36phi26	1078	1017	36phi26	802
Pila P7	30	6388	-2223	462	36phi26	1078	1017	36phi26	802
Pila P8	24	5146	-1212	391	36phi26	1078	1017	36phi26	802
Spalla B	20	4110	-1444	1010	48phi30	1408	1292	48phi30	1076

**APPENDICE A
TABULATI DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE**