

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

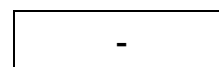
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI16 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario - Ltot=110 m

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

SCALA:



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

RS3E 50 D 09 RH VI1603 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autografo	Data
A	Emissione esecutiva	S.Gasperoni	Novembre 2019	M.E. D'Effremo	Novembre 2019	F.Sparacino	Novembre 2019		Novembre 2019

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Antonio Pozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A/275

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	6
3.1	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....	6
3.2	STRATIGRAFIA	7
3.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	8
3.4	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....	8
4.	PALIFICATE DI FONDAZIONE	9
4.1	CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI.....	9
4.1.1	<i>Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo.....</i>	<i>9</i>
4.1.2	<i>Calcolo della capacità portante</i>	<i>10</i>
4.2	MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO	16
4.3	MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO.....	16
4.4	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE AI CARICHI VERTICALI SINGOLO PALO	18
4.5	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI	19
4.5.1	<i>Verifica a carico limite orizzontale dei pali senza scalzamento.....</i>	<i>19</i>
4.5.2	<i>Verifica a carico limite orizzontale dei pali con scalzamento.....</i>	<i>20</i>
4.6	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE GRUPPO DI PALI	25
4.7	STIMA CEDIMENTI DELLE FONDAZIONI.....	26
5.	APPENDICE A: VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL ..	28
5.1	VI16 - COMPRESSIONE. PALO D=1500 MM.....	28
5.2	VI16 - TRAZIONE. PALO D=1500 MM	33
5.3	VI16 CON SCALZAMENTO - COMPRESSIONE. PALO D=1500 MM.....	38



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	3 di 46

6. APPENDICE B: VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO. TABULATI DI CALCOLO MR.....45

6.1 VI16 - D=1500 MM.....45

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 RB	DOCUMENTO VI1603 001	REV. A	FOGLIO 4 di 46


1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento delle fondazioni del Viadotto VI16 nell'ambito del Progetto Definitivo lotto 5 della tratta denominata Dittaino – Catenanuova relativa al Nuovo Collegamento ferroviario Palermo-Catania.

In particolare verranno affrontati i seguenti aspetti:

- condizioni geotecniche;
- valutazione della capacità portante verticale dei pali di fondazione;
- definizione del modulo di reazione orizzontale palo-terreno;
- valutazione del momento adimensionale lungo il palo e del parametro alfa (rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita);
- verifica capacità portante ai carichi verticali del singolo palo;
- verifica a carico limite orizzontale dei pali;
- verifica capacità portante gruppo di pali;
- stima dei cedimenti delle fondazioni.

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili (DM 14/01/2008).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 RB	DOCUMENTO VI1603 001	REV. A	FOGLIO 5 di 46

2. **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa di riferimento**

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-2008 (NTC-2008);
- [N.2]. DM 6/5/2008 – Integrazione al D.M. 14-01-2008 di approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- [N.3]. Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.

2.2 **Documenti di riferimento**

- [DC1]. RS0L 00 D78 RH GE0005 001B - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica generale;
- [DC2]. Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa. Progetto Definitivo. Profilo longitudinale geotecnico.
- [DC3]. RS3E 50 D 09 RB VI0000 001 A - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa. Progetto Definitivo. Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 RB	DOCUMENTO VI1603 001	REV. A

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica per il viadotto in esame, valutata sulla base dell'interpretazione delle indagini geotecniche svolte in prossimità dell'opera.

La stratigrafia di riferimento finalizzata al dimensionamento delle palificate di fondazione è rappresentata nel profilo stratigrafico longitudinale [DC2].

Per maggiori dettagli sulla caratterizzazione geotecnica si rimanda alla Relazione geotecnica generale (doc. rif. [DC1]).

3.1 Indagini geotecniche eseguite

L'opera in esame è ubicata tra le progressive km 8+414.198 al km 8+522.485. Le indagini più prossime all'opera sono le seguenti. Il sondaggio S5 viene utilizzato per definire la stratigrafia locale; inoltre viene considerato anche il sondaggio vicino (D23) per meglio caratterizzare le unità geotecniche comuni.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc /Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC
D23	30.0	164.5	3	9	-	5	1	2	TA[3÷9]
S5	40.0	163.7	3	4	-	10	2	-	TA[1÷9]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]									
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

E' inoltre stata eseguita l'indagine sismica Masw-VI08.

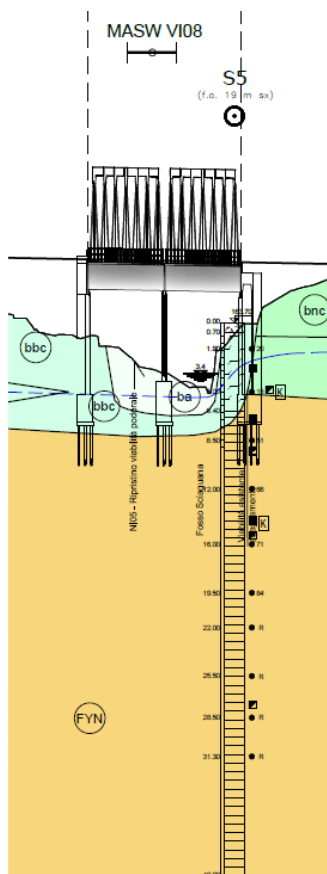
Le misure piezometriche hanno rilevato una quota massima di falda a +160.3 m s.l.m. (S5).

3.2 Stratigrafia

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è indicata nella seguente tabella con riferimento ad una quota del p.c. di circa +164 m s.l.m.:

STRATIGRAFIA		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
ba (localmente in alveo)	Limi argilloso sabbiosi Depositi eluvio colluviali	0.0÷3.0
bbc	Alluvioni recenti coesive	0.0÷7.0
FYN	Argilla limoso marnosa Flysh numidico	7.0÷40.0
FALDA: +160.3 m s.l.m.		

Di seguito si riporta uno stralcio del profilo geotecnico:



3.3 Categoria di sottosuolo

Dall'indagine sismica Masw-VI08 si definisce una categoria di sottosuolo sismica di tipo B.

3.4 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate.

Tabella 1 – VI16 – Parametri geotecnici

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
ba	19.0	-	0	38	-	-	350	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbc	19.5	45 ÷ 100	0	25	200 ÷ 320 (*)	80 ÷ 200 (*)	100 (z < 5 m) 150 (z > 5 m)	$E_o / 3$	$E_o / 10$
FYN	20.0	250 (z < 20 m) 300 (z > 20 m)	5	24	320 ÷ 760 (*)	200 ÷ 1000 (*)	500 ÷ 1000	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da indagine sismica Masw-VI09.

4. PALIFICATE DI FONDAZIONE

4.1 Capacità portante dei pali

Nel presente capitolo si riporta il calcolo della capacità portante dei pali per l'opera in esame.

Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]) a cui si rimanda.

4.1.1 Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

Nella seguente tabella si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici principali per il calcolo della capacità portante dei pali dell'opera in esame. In considerazione del fatto che vi sono spessori di scalzamento rilevanti la quota di imposta delle fondazioni è piuttosto approfondita rispetto al p.c. locale, in particolare è a +154.5 m per le spalle e +153.5 m per la pila. Cautelativamente per il calcolo della capacità portante, il piano campagna di riferimento è stato assunto a testa palo e quindi i pali sono interamente immersi nella formazione di base (unità FYN Argille limosa, marnosa del Flysch Numidico).

Tabella 2 – VI16 – Parametri geotecnici

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	ϕ' [°]	q_b [kPa]
da 0.0 a 35.0 (*)	FYN	20.0	250 (z<11m) 350 (z>11m)	-	$9 \cdot c_u + \sigma_v$

Dove:
 γ = peso di volume naturale
 c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate
 ϕ' = angolo di resistenza al taglio
 q_b = portata limite di base
 σ_v = tensione verticale totale
 Z = profondità da p.c.

(*) Da analisi idrauliche è stato valutato uno spessore di scalzamento per la pila di 12.5 m a partire dal p.c. locale (piena duecentennale). La piena ordinaria non produce scalzamento. Nel calcolo della capacità portante dei pali in presenza di scalzamento è stata annullata la resistenza laterale del palo nel tratto di palo scalzato; si tratta di uno spessore di 6 m da testa palo, considerando che per la pila la quota intradosso plinto è a circa 6.5 m dal p.c..

4.1.2 Calcolo della capacità portante

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grande diametro $D=1500$ mm, considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- N. 1 verticale di indagine, da cui $\xi_3 = 1.70$,
- F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 1.96$).
- $F_{SL,t}$ = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.13$).
- F_{SB} = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$).

Quindi per la verifica di capacità portante del palo si dovranno verificare le seguenti due condizioni:

- $N_{max,SLU} < Q_d$, la massima sollecitazione assiale (sia statica, che sismica) allo SLU dovrà essere inferiore alla portata di progetto del palo (riportata nelle seguenti tabelle);
- $N_{max,SLE} < Q_{ll} / 1.25$ la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo (Q_{ll} , riportata nelle seguenti tabelle) con un fattore di sicurezza di 1.25.
- Per la sola combinazione di carico in presenza di scalzamento si dovrà verificare che la sollecitazione assiale massima sia $< Q_d$ in presenza di scalzamento.

Inoltre si è considerato cautelativamente:

- testa palo a p.c.;
- falda a p.c..
- scalzamento: portata laterale nulla per uno spessore di 6 m da testa palo.

In **Appendice A** si riportano i tabulati di calcolo completi.

Tabella 3 – VI16 – Capacità portante palo $D=1500$ mm - A1+M1+R3 Compressione (senza scalzamento)

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacità portante palo $D=1500$ mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Q _{ll} kN	Q _{bl} kN	W _p kN	Q _u kN	Q _d kN
.00	0.	3976.	0.	3976.	1729.
.50	236.	3994.	4.	4226.	1853.
1.00	474.	4011.	9.	4476.	1977.
1.50	712.	4029.	13.	4728.	2102.
2.00	952.	4047.	18.	4981.	2227.
2.50	1193.	4064.	22.	5235.	2354.

3.00	1435.	4082.	27.	5491.	2480.
3.50	1678.	4100.	31.	5747.	2608.
4.00	1923.	4117.	35.	6005.	2736.
4.50	2168.	4135.	40.	6264.	2864.
5.00	2415.	4153.	44.	6524.	2994.
5.50	2663.	4170.	49.	6785.	3123.
6.00	2912.	4188.	53.	7047.	3254.
6.50	3163.	4206.	57.	7311.	3385.
7.00	3414.	4223.	62.	7576.	3516.
7.50	3667.	4241.	66.	7842.	3649.
8.00	3921.	4259.	71.	8109.	3781.
8.50	4176.	4276.	75.	8377.	3915.
9.00	4432.	4294.	80.	8647.	4049.
9.50	4689.	4312.	84.	8917.	4183.
10.00	4948.	4330.	88.	9189.	4319.
10.50	5208.	4347.	93.	9462.	4454.
11.00	5471.	4365.	97.	9739.	4592.
11.50	5751.	4559.	102.	10209.	4815.
12.00	6034.	4754.	106.	10682.	5039.
12.50	6317.	4948.	110.	11155.	5264.
13.00	6600.	5142.	115.	11627.	5488.
13.50	6882.	5337.	119.	12100.	5713.
14.00	7165.	5531.	124.	12573.	5937.
14.50	7448.	5726.	128.	13045.	6161.
15.00	7731.	5920.	133.	13518.	6386.
15.50	8013.	6114.	137.	13991.	6610.
16.00	8296.	6132.	141.	14287.	6757.
16.50	8579.	6150.	146.	14583.	6905.
17.00	8862.	6167.	150.	14879.	7052.
17.50	9144.	6185.	155.	15175.	7200.
18.00	9427.	6203.	159.	15471.	7348.
18.50	9710.	6220.	163.	15767.	7495.
19.00	9993.	6238.	168.	16063.	7643.
19.50	10275.	6256.	172.	16359.	7790.
20.00	10558.	6273.	177.	16655.	7938.
20.50	10841.	6291.	181.	16951.	8085.
21.00	11124.	6309.	186.	17247.	8233.
21.50	11406.	6326.	190.	17543.	8380.
22.00	11689.	6344.	194.	17839.	8528.
22.50	11972.	6362.	199.	18135.	8675.
23.00	12255.	6379.	203.	18431.	8823.
23.50	12537.	6397.	208.	18727.	8970.
24.00	12820.	6415.	212.	19023.	9118.
24.50	13103.	6432.	216.	19319.	9265.
25.00	13386.	6450.	221.	19615.	9413.
25.50	13668.	6468.	225.	19911.	9560.
26.00	13951.	6485.	230.	20207.	9708.
26.50	14234.	6503.	234.	20503.	9855.
27.00	14517.	6521.	239.	20799.	10003.
27.50	14799.	6538.	243.	21095.	10150.
28.00	15082.	6556.	247.	21391.	10298.
28.50	15365.	6574.	252.	21687.	10446.
29.00	15648.	6591.	256.	21983.	10593.
29.50	15930.	6609.	261.	22279.	10741.
30.00	16213.	6627.	265.	22575.	10888.
30.50	16496.	6644.	269.	22871.	11036.
31.00	16778.	6662.	274.	23167.	11183.
31.50	17061.	6680.	278.	23463.	11331.
32.00	17344.	6697.	283.	23759.	11478.
32.50	17627.	6715.	287.	24055.	11626.
33.00	17909.	6733.	292.	24351.	11773.
33.50	18192.	6750.	296.	24647.	11921.
34.00	18475.	6768.	300.	24943.	12068.
34.50	18758.	6786.	305.	25239.	12216.
35.00	19040.	6804.	309.	25535.	12363.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Qll = Portata laterale limite
 Qbl = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Qll/FS,1 + Qbl/FS,b - Wp$

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	12 di 46

Tabella 4 – VI16 – Capacità portante palo D=1500 mm - A1+M1+R3 Trazione (senza scalzamento)

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	236.	0.	-13.	249.	124.
1.00	474.	0.	-27.	500.	249.
1.50	712.	0.	-40.	752.	374.
2.00	952.	0.	-53.	1005.	500.
2.50	1193.	0.	-66.	1259.	626.
3.00	1435.	0.	-80.	1514.	753.
3.50	1678.	0.	-93.	1771.	881.
4.00	1923.	0.	-106.	2029.	1009.
4.50	2168.	0.	-119.	2288.	1137.
5.00	2415.	0.	-133.	2548.	1266.
5.50	2663.	0.	-146.	2809.	1396.
6.00	2912.	0.	-159.	3071.	1526.
6.50	3163.	0.	-172.	3335.	1657.
7.00	3414.	0.	-186.	3600.	1788.
7.50	3667.	0.	-199.	3866.	1920.
8.00	3921.	0.	-212.	4133.	2053.
8.50	4176.	0.	-225.	4401.	2186.
9.00	4432.	0.	-239.	4671.	2319.
9.50	4689.	0.	-252.	4941.	2453.
10.00	4948.	0.	-265.	5213.	2588.
10.50	5208.	0.	-278.	5486.	2723.
11.00	5471.	0.	-292.	5763.	2860.
11.50	5751.	0.	-305.	6056.	3005.
12.00	6034.	0.	-318.	6352.	3151.
12.50	6317.	0.	-331.	6648.	3297.
13.00	6600.	0.	-345.	6944.	3443.
13.50	6882.	0.	-358.	7240.	3589.
14.00	7165.	0.	-371.	7536.	3735.
14.50	7448.	0.	-384.	7832.	3881.
15.00	7731.	0.	-398.	8128.	4027.
15.50	8013.	0.	-411.	8424.	4173.
16.00	8296.	0.	-424.	8720.	4319.
16.50	8579.	0.	-437.	9016.	4465.
17.00	8862.	0.	-451.	9312.	4611.
17.50	9144.	0.	-464.	9608.	4757.
18.00	9427.	0.	-477.	9904.	4903.
18.50	9710.	0.	-490.	10200.	5049.
19.00	9993.	0.	-504.	10496.	5195.
19.50	10275.	0.	-517.	10792.	5341.
20.00	10558.	0.	-530.	11088.	5487.
20.50	10841.	0.	-543.	11384.	5633.
21.00	11124.	0.	-557.	11680.	5779.
21.50	11406.	0.	-570.	11976.	5925.
22.00	11689.	0.	-583.	12272.	6071.
22.50	11972.	0.	-596.	12568.	6217.
23.00	12255.	0.	-610.	12864.	6363.
23.50	12537.	0.	-623.	13160.	6509.
24.00	12820.	0.	-636.	13456.	6655.
24.50	13103.	0.	-649.	13752.	6801.
25.00	13386.	0.	-663.	14048.	6947.
25.50	13668.	0.	-676.	14344.	7093.
26.00	13951.	0.	-689.	14640.	7239.
26.50	14234.	0.	-702.	14936.	7385.
27.00	14517.	0.	-716.	15232.	7531.
27.50	14799.	0.	-729.	15528.	7677.
28.00	15082.	0.	-742.	15824.	7823.
28.50	15365.	0.	-755.	16120.	7969.
29.00	15648.	0.	-769.	16416.	8115.

29.50	15930.	0.	-782.	16712.	8261.
30.00	16213.	0.	-795.	17008.	8407.
30.50	16496.	0.	-808.	17304.	8553.
31.00	16778.	0.	-822.	17600.	8699.
31.50	17061.	0.	-835.	17896.	8845.
32.00	17344.	0.	-848.	18192.	8991.
32.50	17627.	0.	-861.	18488.	9137.
33.00	17909.	0.	-875.	18784.	9283.
33.50	18192.	0.	-888.	19080.	9429.
34.00	18475.	0.	-901.	19376.	9575.
34.50	18758.	0.	-914.	19672.	9721.
35.00	19040.	0.	-928.	19968.	9867.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Ql1 = Portata laterale limite
 Qbl = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Q_{l1}/FS,1 + Q_{bl}/FS,b - W_p$

Tabella 5 – VI16 – Capacità portante palo D=1500 mm - A1+M1+R3 Compressione – con scalzamento

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	4.	-4.	-4.
1.00	0.	0.	9.	-9.	-9.
1.50	0.	0.	13.	-13.	-13.
2.00	0.	0.	18.	-18.	-18.
2.50	0.	0.	22.	-22.	-22.
3.00	0.	0.	27.	-27.	-27.
3.50	0.	0.	31.	-31.	-31.
4.00	0.	0.	35.	-35.	-35.
4.50	0.	0.	40.	-40.	-40.
5.00	0.	0.	44.	-44.	-44.
5.50	0.	0.	49.	-49.	-49.
6.00	31.	0.	53.	-22.	-37.
6.50	250.	483.	57.	676.	280.
7.00	502.	966.	62.	1406.	614.
7.50	755.	1449.	66.	2137.	949.
8.00	1008.	1932.	71.	2870.	1284.
8.50	1264.	2415.	75.	3604.	1620.
9.00	1520.	2898.	80.	4338.	1956.
9.50	1777.	3381.	84.	5074.	2293.
10.00	2036.	3864.	88.	5812.	2630.
10.50	2296.	4347.	93.	6550.	2968.
11.00	2559.	4830.	97.	7287.	3306.
11.50	2839.	5313.	102.	8024.	3644.
12.00	3122.	5796.	106.	8761.	3982.
12.50	3405.	6279.	110.	9498.	4320.
13.00	3687.	6762.	115.	10235.	4658.
13.50	3970.	7245.	119.	10972.	4996.
14.00	4253.	7728.	124.	11709.	5334.
14.50	4536.	8211.	128.	12446.	5672.
15.00	4818.	8694.	133.	13183.	6010.
15.50	5101.	9177.	137.	13920.	6348.
16.00	5384.	9660.	141.	14657.	6686.
16.50	5667.	10143.	146.	15394.	7024.
17.00	5949.	10626.	150.	16131.	7362.
17.50	6232.	11109.	155.	16868.	7700.
18.00	6515.	11592.	159.	17605.	8038.
18.50	6798.	12075.	163.	18342.	8376.

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	14 di 46

19.00	7080.	6238.	168.	13151.	6157.
19.50	7363.	6256.	172.	13447.	6304.
20.00	7646.	6273.	177.	13743.	6452.
20.50	7929.	6291.	181.	14038.	6599.
21.00	8211.	6309.	186.	14334.	6747.
21.50	8494.	6326.	190.	14630.	6894.
22.00	8777.	6344.	194.	14926.	7042.
22.50	9060.	6362.	199.	15222.	7189.
23.00	9342.	6379.	203.	15518.	7337.
23.50	9625.	6397.	208.	15814.	7484.
24.00	9908.	6415.	212.	16110.	7632.
24.50	10191.	6432.	216.	16406.	7779.
25.00	10473.	6450.	221.	16702.	7927.
25.50	10756.	6468.	225.	16998.	8075.
26.00	11039.	6485.	230.	17294.	8222.
26.50	11322.	6503.	234.	17590.	8370.
27.00	11604.	6521.	239.	17886.	8517.
27.50	11887.	6538.	243.	18182.	8665.
28.00	12170.	6556.	247.	18478.	8812.
28.50	12452.	6574.	252.	18774.	8960.
29.00	12735.	6591.	256.	19070.	9107.
29.50	13018.	6609.	261.	19366.	9255.
30.00	13301.	6627.	265.	19662.	9402.
30.50	13583.	6644.	269.	19958.	9550.
31.00	13866.	6662.	274.	20254.	9697.
31.50	14149.	6680.	278.	20550.	9845.
32.00	14432.	6697.	283.	20846.	9992.
32.50	14714.	6715.	287.	21142.	10140.
33.00	14997.	6733.	292.	21438.	10287.
33.50	15280.	6750.	296.	21734.	10435.
34.00	15563.	6768.	300.	22030.	10582.
34.50	15845.	6786.	305.	22326.	10730.
35.00	16128.	6804.	309.	22622.	10877.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Ql1 = Portata laterale limite
 Qb1 = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

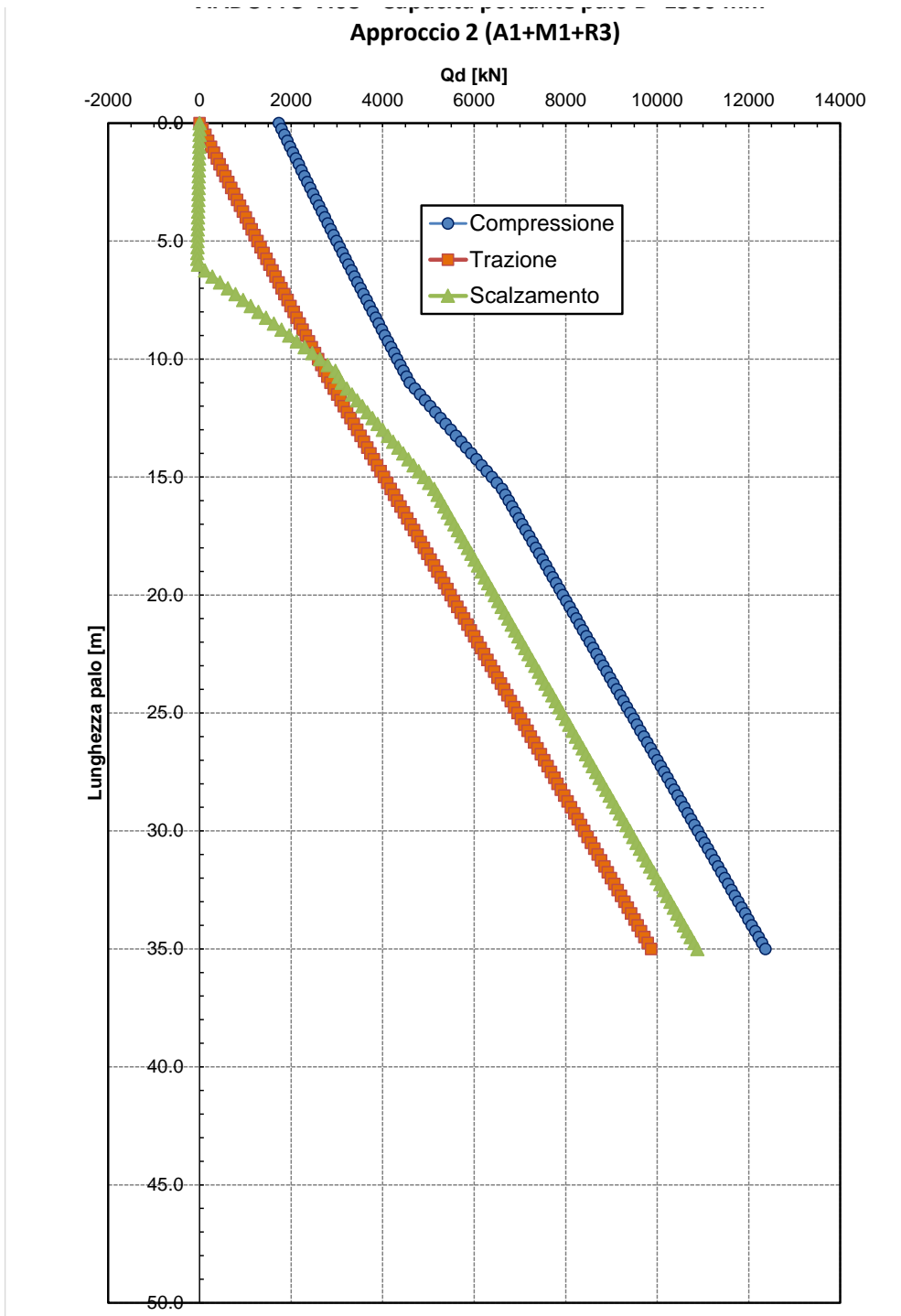


Figura 1 – Capacità portante palo D=1500 mm

4.2 Modulo di reazione orizzontale del terreno

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno (E_{MR}) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo (p) ed il corrispondente spostamento orizzontale (y): $E_{MR} = p / y$. Definito il coefficiente di sottofondo alla Winkler (K_W), per un palo di diametro D , si ha questa relazione con il modulo di reazione orizzontale palo-terreno:

$$E_{MR} = K_W \cdot D$$

Le metodologie di calcolo sono riportate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]).

In particolare per la valutazione del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, si considera nei depositi coesivi $E_{MR} = \xi \cdot c_u$ con $\xi = 350$ e $c_u =$ resistenza al taglio in condizioni non drenate (definito al paragrafo 4.1.1).

Si riporta di seguito il profilo del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, definito da testa palo.

Prof. m	E kN/m ²
.000	87500.00
11.000	87500.00
11.100	122500.00
35.000	122500.00

Nell'analisi delle fondazioni, tale profilo del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, è stato cautelativamente fattorizzato con coefficiente pari a 0.8 per tenere conto che la deformabilità dei pali in gruppo è maggiore della deformabilità del singolo palo immerso nello stesso terreno.

Per la condizione in presenza di scalzamento il modulo di reazione orizzontale palo-terreno è nullo nello spessore scalzato (6 m da testa palo).

4.3 Momento adimensionale lungo il palo

Per ricavare il momento adimensionalizzato lungo il fusto del palo si ricorre al metodo di Matlock e Reese (1956), che utilizzando il metodo delle differenze finite, hanno risolto il problema del palo soggetto ad un carico orizzontale, mediante l'impiego di parametri adimensionali.

Nel caso in esame, considerando l'andamento del modulo di reazione orizzontale palo-terreno (EMR, che verrà definito nel seguente paragrafo), si ricorre al metodo degli elementi finiti, adimensionalizzando la soluzione come segue:

$$M_0 = \alpha_m \cdot H_0$$

$$M(z) = M_0 \cdot M_{ad}(z)$$

essendo:

H_0 = azione tagliante in testa palo [F];

M_0 = azione flettente, conseguente ad H_0 , in testa al palo;

α_m = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita [L];

M_{ad} = momento flettente adimensionale lungo il fusto del palo.

Le metodologie di calcolo generali sono riportate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]). Nella seguente tabella si riportano i valori del parametro alfa (α_m) ed a seguire il momento adimensionale lungo il palo. La valutazione è stata fatta con riferimento ad una lunghezza palo indicativa di 30m.

Tabella 6 – VI16 – Valori di α_m

	VI16	α_m [m]
Senza Scalzamento	D=1500mm	2.27
Con Scalzamento (*)	D=1500mm	5.00

(*) In presenza di scalzamento il valore del parametro alfa (α_m) è stimato dall'analisi FEM eseguita al paragrafo 4.5.2 per la verifica a carico limite orizzontale del palo.

Nelle seguenti tabelle si riporta il momento adimensionale lungo il fusto del palo; tutti i tabulati di calcolo sono riportati in **Appendice B**.

Tabella 7 VI16 - Momento adimensionale lungo il palo D=1500 mm – senza scalzamento

Coeff. di Matlock e Reese-palo VI16 pila D=1500
Momento adimensionale lungo il fusto del palo
con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad
.000	1.0000
.938	.6288
1.875	.3395
2.813	.1243
3.750	-.0269
4.688	-.1253
5.625	-.1820
6.563	-.2071
7.500	-.2095
9.000	-.1835
10.500	-.1406
12.000	-.0950
13.500	-.0556
15.000	-.0262
17.500	.0006
20.000	.0084
22.500	.0073
26.250	.0022
30.000	.0000

Momento: $M(z) = M_0 * Mad(z)$

4.4 Verifica capacità portante ai carichi verticali singolo palo

Nel presente paragrafo si riporta la verifica della capacità portante ai carichi verticali del singolo palo. La verifica di capacità portante è sempre soddisfatta in quanto la portata di progetto del singolo palo è sempre maggiore della massima sollecitazione assiale sia a compressione che a trazione. Inoltre, si è anche verificato che, per la lunghezza palo di progetto, la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA sia inferiore alla portata laterale limite del palo (QII) con un fattore di sicurezza di 1.25. Per le pile si è anche verificato che la sollecitazione massima in presenza di scalzamento sia inferiore alla portata di progetto in condizione di scalzamento.

Tabella 8 Verifica di capacità portante dei pali

Spalla/Pila	Nmax,c SLU/SLV [kN]	Qd,c [kN]	Nmax,t SLU/SLV [kN]	Qd,t [kN]	Nmax,c SLE [kN]	QII [kN]	Lpalo [kN]
Spalle	11503	11773	975	9283	8035	17909	33.0
Pila	8358	10003	1635	7531	5741	14517	27.0

Dove:

Nmax,c =sollecitazione assiale massima a compressione

Nmax,t =sollecitazione assiale massima a trazione

QII = portata laterale limite

Qd,c = portata di progetto a compressione

Qd,t = portata di progetto a trazione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 RB	DOCUMENTO VI1603 001	REV. A

Tabella 9 Verifica di capacità portante dei pali in condizioni di scalzamento

Spalla/Pila	N _{max,c} TR200 SLE frequente [kN]	Q _{d,c} [kN]	L _{palo} [kN]
Pila	5057	8517	27.0
Dove: N _{max,c} = sollecitazione assiale massima a compressione Q _{d,c} = portata di progetto a compressione con scalzamento			

4.5 Verifica a carico limite orizzontale dei pali

4.5.1 Verifica a carico limite orizzontale dei pali senza scalzamento

Per la verifica del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per il caso di pali con rotazione in testa impedita. Le metodologie di calcolo generali sono riportate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]).

La verifica a carico limite è stata svolta includendo anche un fattore di effetto gruppo orizzontale di 0.8. In particolare il fattore di sicurezza di normativa per la verifica a carico orizzontale è $FS = \gamma_T \cdot \xi_3 = 1.30 \cdot 1.7 = 2.21$ (da normativa vigente per verifica A1+M1+R3). Includendo anche il fattore di effetto gruppo si ha: $FS_g = 2.76$. Quindi la resistenza di progetto è valutata a partire dalla resistenza caratteristica (calcolata con Broms), fattorizzata con FS_g , da cui: $H_d = H_{max} / 2.76$.

Il valore caratteristico della resistenza (H_{max}) è stato valutato considerando la condizione di carico più gravosa (SLV con taglio massimo che è associato a sollecitazione massima di trazione) con riferimento ai seguenti momenti di plasticizzazione:

- Spalle (D=1500mm, armatura 36+36+36φ26): M_y pari a 11196.5 kNm
- Pila (D=1500mm, armatura 44φ26): M_y pari a 4461.4 kNm

Nelle seguenti tabelle sono esplicitati i termini della verifica da cui si evince che la verifica è soddisfatta risultando la resistenza laterale di progetto maggiore della sollecitazione orizzontale massima ($H_d > F_d$).

Tabella 10 Verifica a carico limite orizzontale

SPALLA/PILA	φ [°]	Cu [kPa]	Hmax [kN]	Hd [kN]	Fd [kN]
SPALLE	-	300	7148.5	2590.0	2137
PILA	-	300	3349.9	1213.7	1195

4.5.2 Verifica a carico limite orizzontale dei pali con scalzamento

Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione in presenza di scalzamento, la teoria di Broms resta applicabile, ma non sono più utilizzabili le soluzioni semplificate, disponibili in forma chiusa e/o con abachi adimensionali. Quindi per questi casi, è stata eseguita una apposita verifica con programma FEM non lineare, considerando nello spessore di terreno scalzato una pressione orizzontale limite nulla e negli altri strati di terreno curve P-Y non lineari, definibili lungo il fusto del palo e resistenze variabili in funzione della stratigrafia locale.

Le metodologie di calcolo generali sono riportate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]), nel seguito si espongono i risultati.

L'analisi a carico limite orizzontale per pali con scalzamento è stata svolta per il diametro palo $D=1500$ mm lunghezza $L=27.0$ m considerando la stratigrafia ed i parametri geotecnici precedentemente definiti per l'opera. Negli strati oggetto di scalzamento, la resistenza del terreno è stata assunta pari a zero.

La verifica a carico limite è stata svolta incrementando il carico orizzontale man mano fino ad un carico massimo di 605 kN e quindi con un fattore di sicurezza rispetto al taglio di progetto in presenza di scalzamento $FS = 605 / 219 = 2.76$, considerando che il fattore di sicurezza per la verifica a carico orizzontale è valutato come $FS = \gamma_T \cdot \xi_3 = 1.30 \cdot 1.70 = 2.21$ (da normativa vigente per verifica A1+M1+R3) amplificato per un coefficiente di effetto gruppo 0.8 e quindi $2.21/0.8 = 2.76$.

Nelle Figura 2 è mostrata una curva P-Y con cui è stato modellato il palo delle pile di lunghezza 27.0 m suddividendolo in conci di 0.50 m; in particolare la curva riprotata è relativa alla profondità di 10 m da testa palo.

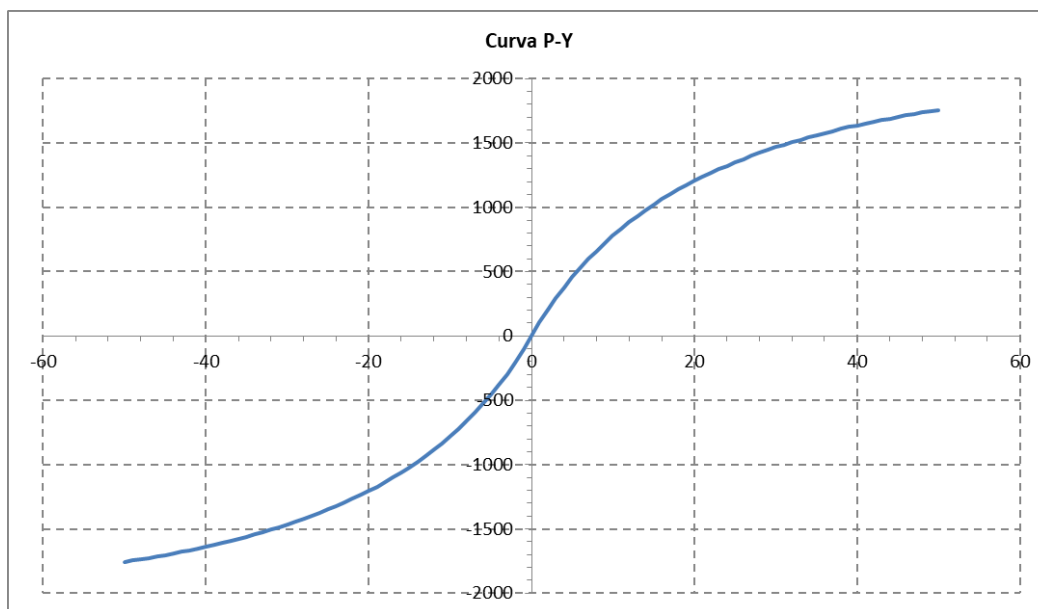


Figura 2 - curva P-Y a quota 10 m da testa palo

Nella Figura 3 è mostrato l'andamento lungo il palo delle pressioni orizzontali mobilitate e della pressione limite. In Figura 4 è mostrato l'andamento del taglio massimo ed in Figura 5 l'andamento del momento lungo il palo; l'armatura del palo di progetto dovrà essere tale da avere un momento di plasticizzazione maggiore del momento massimo graficato in Figura 5, ove viene rappresentato un momento di plasticizzazione $M_y (=6558.9 \text{ kNm})$ valutato con $72\phi 26$ per la pila.

Le verifiche a carico limite orizzontale per le palificate in presenza scalzamento sono soddisfatte, in quanto risulta sempre la massima azione di taglio di progetto inferiore all'azione di taglio resistente ($H_{max} < H_d$).

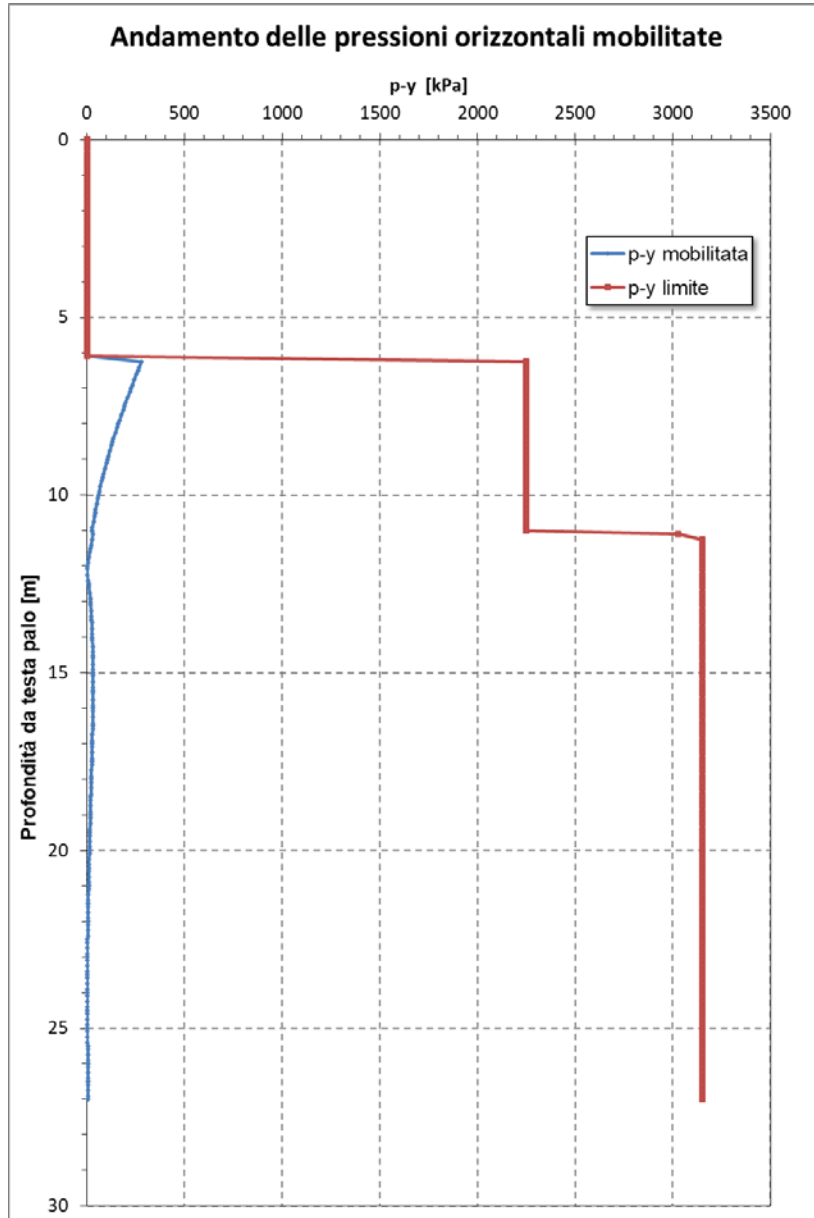


Figura 3 - Andamento pressioni orizzontali

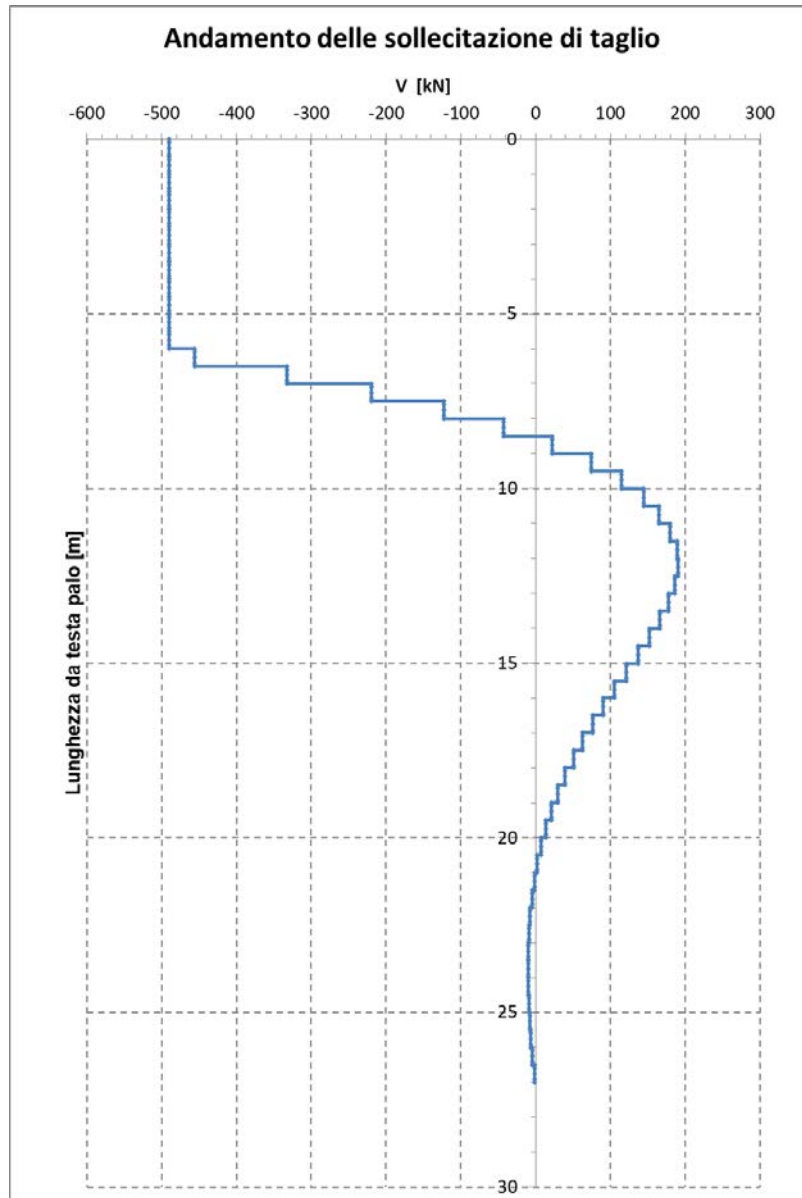


Figura 4 - Andamento del taglio lungo il palo

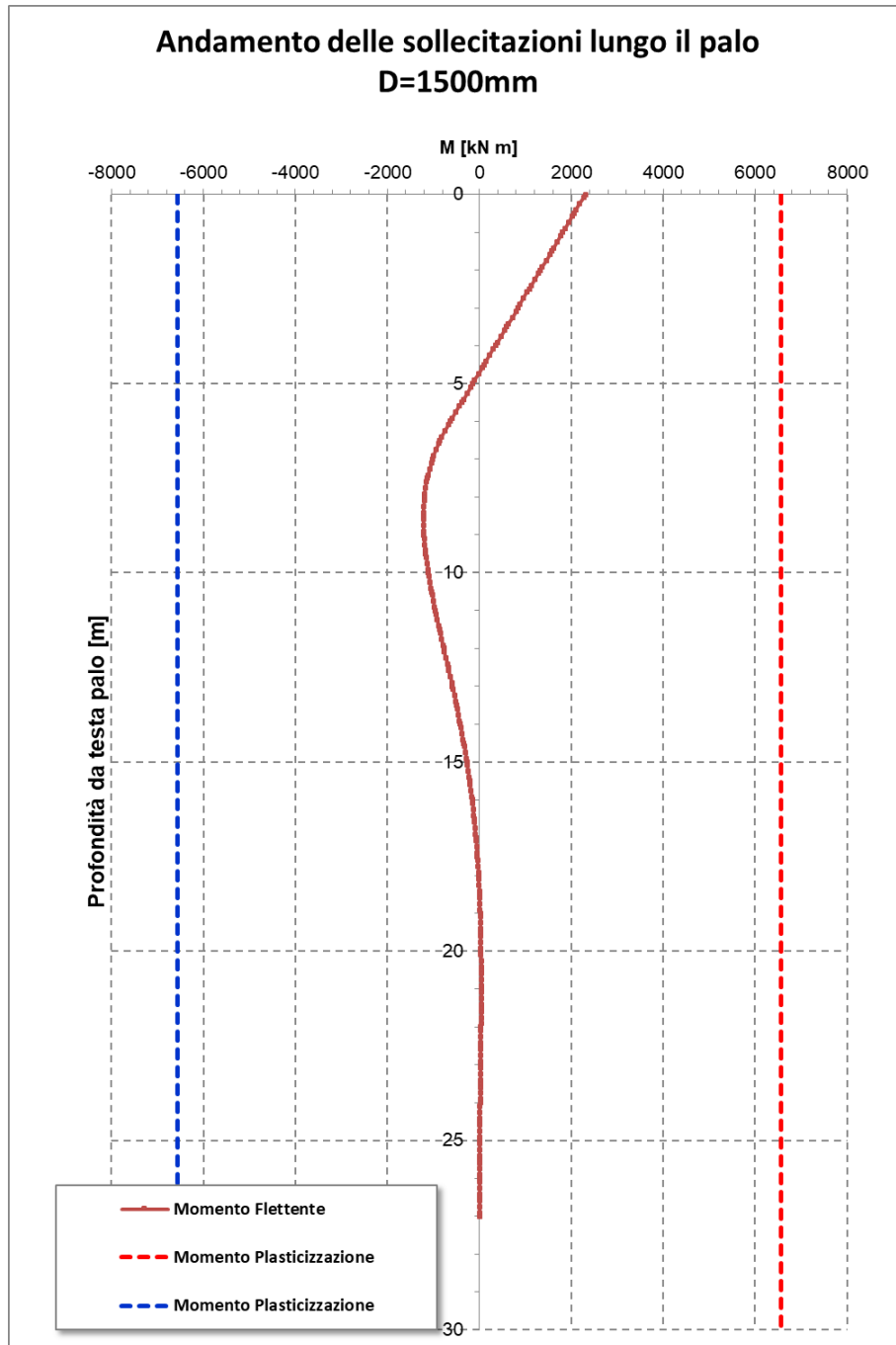


Figura 5 - Andamento del momento lungo il palo

4.6 Verifica capacità portante gruppo di pali

Nel presente paragrafo si riporta la verifica della capacità portante ai carichi verticali della palificata.

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguito con la seguente relazione:

$$R_{d,G} = N \cdot E \cdot R_{d, \text{ singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre. Per le metodologie generali si rimanda alla relazione geotecnica generale.

Le fondazioni del viadotto sono caratterizzate da 9 pali D=1500 mm per pila e spalle.

La verifica è stata eseguita considerando il carico assiale massimo individuato in tutto il viadotto, rispettivamente per pile e spalle. La condizione di carico più gravosa risulta di tipo SLU STR che individua un carico massimo per le pile pari a $N_{max} = 49154 \text{ kN}$ e per le spalle pari a $N_{max} = 59025 \text{ kN}$.

Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati delle verifiche da cui si evince che la capacità portante del gruppo di pali è sempre soddisfatta in quanto il fattore di sicurezza FS (= $Q_{d, \text{ gruppo}} / N_{max}$) è sempre > 1.0 .

Portanza Pali in Gruppo

PILA

Diametro	1.5 [m]
interasse	4.5 [m]
n. pali per fila	3 [-]
m. n. file	3 [-]
Φ	18.435 [°]

E efficienza	0.73 [-]
--------------	----------

Palo Singolo

$R_d = Q_d$	10003 [kN]
-------------	------------

Gruppo di pali

$N_{max, SLU}$	49154 [kN]
$Q_{d \text{ Gruppo}}$	65440 [kN]

FS	1.33 [-]
----	----------

SPALLE

Diametro	1.5 [m]
interasse	4.5 [m]
n. pali per fila	3 [-]
m. n. file	3 [-]
Φ	18.435 [°]

E efficienza	0.73 [-]
--------------	----------

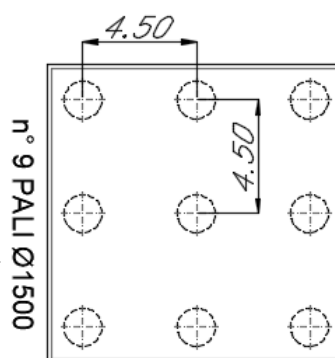
Palo Singolo

$R_d = Q_d$	11773 [kN]
-------------	------------

Gruppo di pali

$N_{max, SLU}$	59025 [kN]
$Q_{d \text{ Gruppo}}$	77019 [kN]

FS	1.30 [-]
----	----------



4.7 Stima cedimenti delle fondazioni

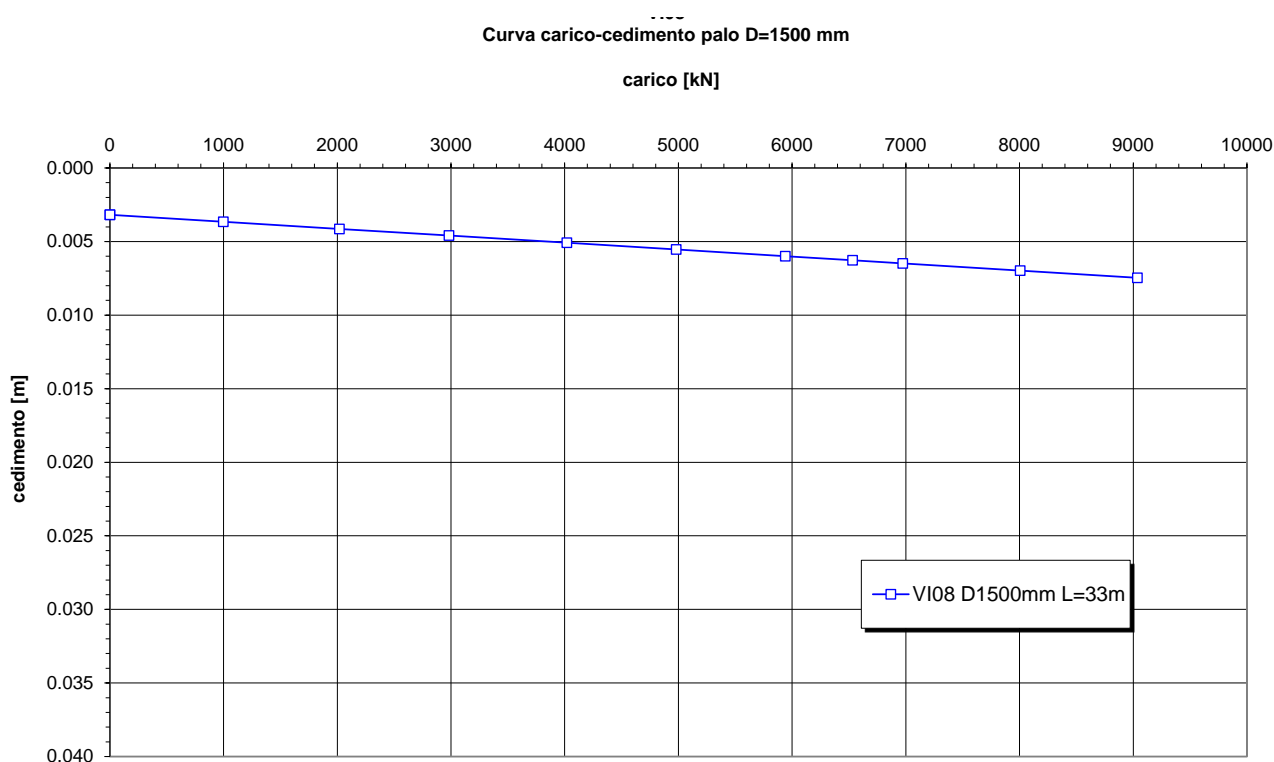
Per una valutazione semplificata dei cedimenti delle palificate della pila sono state usate delle formulazioni empiriche. Il cedimento del singolo palo (w) è stimato con la formula empirica di Meyerhof (1959). Il cedimento del gruppo di pali è stimato moltiplicando il cedimento del singolo palo isolato per un coefficiente di amplificazione (R_g). Questo fattore R_g è determinato con la formulazione di Mandolini et al. (1997). Per le metodologie generali si rimanda alla relazione geotecnica generale.

Nella seguente tabella è riportata la stima dei cedimenti eseguita per la palificata della pila.

PILA	
Dati	
Diametro	1.5 [m]
Lunghezza	27.0 [m]
s	4.5 [m]
n	9 [-]
Q_{lim}	20799 [kN]
Q_{SLE}	5741 [kN]
Tipo di Palo	Trivellato
Natura prevalente del terreno	Coesivo
Cedimento Palo singolo (Meyerhof, 1959)	
w	0.004 [m]
Cedimento Palo di gruppo	
R	1.225 [-]
R_g	0.495 [-]
w_{gruppo} [m]	0.02 [m]

Relativamente alle palificate delle spalle, si osserva che i rilevati di appoggio presentano un'altezza intorno ai 5-6 m e si sviluppano su terreni prevalentemente coesivi, con uno spessore di materiale alluvionale recente coesivo tra 7 m circa, che sovrasta il substrato di base rappresentato dalla Formazione del Flysh numidico. In relazione alla tipologia di terreno in fondazione ed alle dimensioni dei rilevati, si è ritenuto opportuno eseguire una stima dei

cedimenti del palo in presenza di attrito negativo indotto dai cedimenti di consolidazione del rilevato di approccio alle spalle.



La verifica dei cedimenti del singolo palo in presenza di attrito negativo consiste nel verificare che, per il palo di progetto, i cedimenti ai carichi di esercizio siano compatibili con la funzionalità delle sovrastrutture anche in presenza di attrito negativo.

Considerando un carico massimo assiale in condizioni SLE di circa 8035 kN si stimano, in condizioni di attrito negativo, cedimenti del singolo palo (s) dell'ordine di 7 mm e quindi compatibili con la funzionalità delle sovrastrutture.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	28 di 46

5. APPENDICE A: VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL

5.1 VI16 - Compressione. Palo D=1500 mm

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = .00 m
Quota falda da p.c. = .00 m
Peso di volume del palo = 5.00 kN/m³
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.96 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base = 2.30 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "FYN " (Coesivo) da .00 a 11.00 m

Gn = 20.0 kN/m3 Ge = 10.0 kN/m3

Tau = beta * S'v < 120.0 kPa
beta = .10 + .40 Cu/S'v

Qb = 9.0 * Cu + Sv

Cu variabile lin. da 250.0 a 250.0 kPa

Strato 2 "FYN " (Coesivo) da 11.00 a 35.00 m

Gn = 20.0 kN/m3 Ge = 10.0 kN/m3

Tau = beta * S'v < 120.0 kPa
beta = .10 + .40 Cu/S'v

Qb = 9.0 * Cu + Sv

Cu variabile lin. da 350.0 a 350.0 kPa

pag. / 4

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "FYN "	1.00	1.00	1.00
2 "FYN "	1.00	1.00	1.00

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

pag. / 5

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.1	.0	250.0	*****	100.0	2250.
.50	5.0	10.0	250.0	20.10	100.5	2260.
1.00	10.0	20.0	250.0	10.10	101.0	2270.
1.50	15.0	30.0	250.0	6.77	101.5	2280.
2.00	20.0	40.0	250.0	5.10	102.0	2290.
2.50	25.0	50.0	250.0	4.10	102.5	2300.
3.00	30.0	60.0	250.0	3.43	103.0	2310.
3.50	35.0	70.0	250.0	2.96	103.5	2320.
4.00	40.0	80.0	250.0	2.60	104.0	2330.
4.50	45.0	90.0	250.0	2.32	104.5	2340.

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	30 di 46

5.00	50.0	100.0	250.0	2.10	105.0	2350.
5.50	55.0	110.0	250.0	1.92	105.5	2360.
6.00	60.0	120.0	250.0	1.77	106.0	2370.
6.50	65.0	130.0	250.0	1.64	106.5	2380.
7.00	70.0	140.0	250.0	1.53	107.0	2390.
7.50	75.0	150.0	250.0	1.43	107.5	2400.
8.00	80.0	160.0	250.0	1.35	108.0	2410.
8.50	85.0	170.0	250.0	1.28	108.5	2420.
9.00	90.0	180.0	250.0	1.21	109.0	2430.
9.50	95.0	190.0	250.0	1.15	109.5	2440.
10.00	100.0	200.0	250.0	1.10	110.0	2450.
10.50	105.0	210.0	250.0	1.05	110.5	2460.
11.00	110.0	220.0	250.0	1.05	115.5	2470.
11.50	115.0	230.0	350.0	1.04	120.0	2580.
12.00	120.0	240.0	350.0	1.00	120.0	2690.
12.50	125.0	250.0	350.0	.96	120.0	2800.
13.00	130.0	260.0	350.0	.92	120.0	2910.
13.50	135.0	270.0	350.0	.89	120.0	3020.
14.00	140.0	280.0	350.0	.86	120.0	3130.
14.50	145.0	290.0	350.0	.83	120.0	3240.

pag. / 6

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	150.0	300.0	350.0	.80	120.0	3350.
15.50	155.0	310.0	350.0	.77	120.0	3460.
16.00	160.0	320.0	350.0	.75	120.0	3470.
16.50	165.0	330.0	350.0	.73	120.0	3480.
17.00	170.0	340.0	350.0	.71	120.0	3490.
17.50	175.0	350.0	350.0	.69	120.0	3500.
18.00	180.0	360.0	350.0	.67	120.0	3510.
18.50	185.0	370.0	350.0	.65	120.0	3520.
19.00	190.0	380.0	350.0	.63	120.0	3530.
19.50	195.0	390.0	350.0	.62	120.0	3540.
20.00	200.0	400.0	350.0	.60	120.0	3550.
20.50	205.0	410.0	350.0	.59	120.0	3560.
21.00	210.0	420.0	350.0	.57	120.0	3570.
21.50	215.0	430.0	350.0	.56	120.0	3580.
22.00	220.0	440.0	350.0	.55	120.0	3590.
22.50	225.0	450.0	350.0	.53	120.0	3600.
23.00	230.0	460.0	350.0	.52	120.0	3610.
23.50	235.0	470.0	350.0	.51	120.0	3620.
24.00	240.0	480.0	350.0	.50	120.0	3630.
24.50	245.0	490.0	350.0	.49	120.0	3640.
25.00	250.0	500.0	350.0	.48	120.0	3650.
25.50	255.0	510.0	350.0	.47	120.0	3660.
26.00	260.0	520.0	350.0	.46	120.0	3670.
26.50	265.0	530.0	350.0	.45	120.0	3680.
27.00	270.0	540.0	350.0	.44	120.0	3690.
27.50	275.0	550.0	350.0	.44	120.0	3700.
28.00	280.0	560.0	350.0	.43	120.0	3710.
28.50	285.0	570.0	350.0	.42	120.0	3720.
29.00	290.0	580.0	350.0	.41	120.0	3730.
29.50	295.0	590.0	350.0	.41	120.0	3740.

pag. / 7

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
30.00	300.0	600.0	350.0	.40	120.0	3750.
30.50	305.0	610.0	350.0	.39	120.0	3760.
31.00	310.0	620.0	350.0	.39	120.0	3770.
31.50	315.0	630.0	350.0	.38	120.0	3780.
32.00	320.0	640.0	350.0	.38	120.0	3790.
32.50	325.0	650.0	350.0	.37	120.0	3800.
33.00	330.0	660.0	350.0	.36	120.0	3810.
33.50	335.0	670.0	350.0	.36	120.0	3820.
34.00	340.0	680.0	350.0	.35	120.0	3830.
34.50	345.0	690.0	350.0	.35	120.0	3840.
35.00	350.0	700.0	350.0	.34	120.0	3850.

zz = Profondita' da piano campagna
S'v = Tensione verticale efficace
Sv = Tensione verticale totale
Cu = Coesione non drenata
Tau = Tensione di adesione laterale limite
qb = Portata di base limite unitaria

pag./ 8

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	3976.	0.	3976.	1729.
.50	236.	3994.	4.	4226.	1853.
1.00	474.	4011.	9.	4476.	1977.
1.50	712.	4029.	13.	4728.	2102.
2.00	952.	4047.	18.	4981.	2227.
2.50	1193.	4064.	22.	5235.	2354.
3.00	1435.	4082.	27.	5491.	2480.
3.50	1678.	4100.	31.	5747.	2608.
4.00	1923.	4117.	35.	6005.	2736.
4.50	2168.	4135.	40.	6264.	2864.
5.00	2415.	4153.	44.	6524.	2994.
5.50	2663.	4170.	49.	6785.	3123.
6.00	2912.	4188.	53.	7047.	3254.
6.50	3163.	4206.	57.	7311.	3385.
7.00	3414.	4223.	62.	7576.	3516.
7.50	3667.	4241.	66.	7842.	3649.
8.00	3921.	4259.	71.	8109.	3781.
8.50	4176.	4276.	75.	8377.	3915.
9.00	4432.	4294.	80.	8647.	4049.
9.50	4689.	4312.	84.	8917.	4183.
10.00	4948.	4330.	88.	9189.	4319.
10.50	5208.	4347.	93.	9462.	4454.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	32 di 46

11.00	5471.	4365.	97.	9739.	4592.
11.50	5751.	4559.	102.	10209.	4815.
12.00	6034.	4754.	106.	10682.	5039.
12.50	6317.	4948.	110.	11155.	5264.
13.00	6600.	5142.	115.	11627.	5488.
13.50	6882.	5337.	119.	12100.	5713.
14.00	7165.	5531.	124.	12573.	5937.
14.50	7448.	5726.	128.	13045.	6161.

pag. / 9

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	7731.	5920.	133.	13518.	6386.
15.50	8013.	6114.	137.	13991.	6610.
16.00	8296.	6132.	141.	14287.	6757.
16.50	8579.	6150.	146.	14583.	6905.
17.00	8862.	6167.	150.	14879.	7052.
17.50	9144.	6185.	155.	15175.	7200.
18.00	9427.	6203.	159.	15471.	7348.
18.50	9710.	6220.	163.	15767.	7495.
19.00	9993.	6238.	168.	16063.	7643.
19.50	10275.	6256.	172.	16359.	7790.
20.00	10558.	6273.	177.	16655.	7938.
20.50	10841.	6291.	181.	16951.	8085.
21.00	11124.	6309.	186.	17247.	8233.
21.50	11406.	6326.	190.	17543.	8380.
22.00	11689.	6344.	194.	17839.	8528.
22.50	11972.	6362.	199.	18135.	8675.
23.00	12255.	6379.	203.	18431.	8823.
23.50	12537.	6397.	208.	18727.	8970.
24.00	12820.	6415.	212.	19023.	9118.
24.50	13103.	6432.	216.	19319.	9265.
25.00	13386.	6450.	221.	19615.	9413.
25.50	13668.	6468.	225.	19911.	9560.
26.00	13951.	6485.	230.	20207.	9708.
26.50	14234.	6503.	234.	20503.	9855.
27.00	14517.	6521.	239.	20799.	10003.
27.50	14799.	6538.	243.	21095.	10150.
28.00	15082.	6556.	247.	21391.	10298.
28.50	15365.	6574.	252.	21687.	10446.
29.00	15648.	6591.	256.	21983.	10593.
29.50	15930.	6609.	261.	22279.	10741.

pag. / 10

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Q11	Qb1	Wp	Qu	Qd
----	-----	-----	----	----	----

m	kN	kN	kN	kN	kN
30.00	16213.	6627.	265.	22575.	10888.
30.50	16496.	6644.	269.	22871.	11036.
31.00	16778.	6662.	274.	23167.	11183.
31.50	17061.	6680.	278.	23463.	11331.
32.00	17344.	6697.	283.	23759.	11478.
32.50	17627.	6715.	287.	24055.	11626.
33.00	17909.	6733.	292.	24351.	11773.
33.50	18192.	6750.	296.	24647.	11921.
34.00	18475.	6768.	300.	24943.	12068.
34.50	18758.	6786.	305.	25239.	12216.
35.00	19040.	6804.	309.	25535.	12363.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Ql1 = Portata laterale limite
 Qb1 = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Q_{l1}/FS_{,l} + Q_{b1}/FS_{,b} - W_p$

5.2 VI16 - Trazione. Palo D=1500 mm

*** P A L ***
 Programma per l'analisi della capacita' portante
 assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
 ottobre 2006

pag. / 2

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

Quota testa palo da p.c. = .00 m
 Quota falda da p.c. = .00 m
 Peso di volume del palo = -15.00 kN/m3
 Fattore di sicurezza portata laterale = 2.13 (FS,l)
 Fattore di sicurezza portata di base = 1.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
 quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
 strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
 entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
 sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag. / 3

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "FYN " (Coesivo) da .00 a 11.00 m

$G_n = 20.0 \text{ kN/m}^3$ $G_e = 10.0 \text{ kN/m}^3$

$\tau = \beta \cdot S'v < 120.0 \text{ kPa}$
 $\beta = .10 + .40 \text{ Cu/S'v}$

Q_b variabile lin. da 0. a 0. kPa

C_u variabile lin. da 250.0 a 250.0 kPa

Strato 2 "FYN " (Coesivo) da 11.00 a 35.00 m

$G_n = 20.0 \text{ kN/m}^3$ $G_e = 10.0 \text{ kN/m}^3$

$\tau = \beta \cdot S'v < 120.0 \text{ kPa}$
 $\beta = .10 + .40 \text{ Cu/S'v}$

Q_b variabile lin. da 0. a 0. kPa

C_u variabile lin. da 350.0 a 350.0 kPa

pag. / 4

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. τ	Molt. Q_b	Molt. C_u
1 "FYN "	1.00	1.00	1.00
2 "FYN "	1.00	1.00	1.00

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

pag. / 5

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.1	.0	250.0	*****	100.0	0.
.50	5.0	10.0	250.0	20.10	100.5	0.
1.00	10.0	20.0	250.0	10.10	101.0	0.
1.50	15.0	30.0	250.0	6.77	101.5	0.
2.00	20.0	40.0	250.0	5.10	102.0	0.
2.50	25.0	50.0	250.0	4.10	102.5	0.
3.00	30.0	60.0	250.0	3.43	103.0	0.
3.50	35.0	70.0	250.0	2.96	103.5	0.
4.00	40.0	80.0	250.0	2.60	104.0	0.
4.50	45.0	90.0	250.0	2.32	104.5	0.
5.00	50.0	100.0	250.0	2.10	105.0	0.
5.50	55.0	110.0	250.0	1.92	105.5	0.
6.00	60.0	120.0	250.0	1.77	106.0	0.
6.50	65.0	130.0	250.0	1.64	106.5	0.
7.00	70.0	140.0	250.0	1.53	107.0	0.
7.50	75.0	150.0	250.0	1.43	107.5	0.
8.00	80.0	160.0	250.0	1.35	108.0	0.
8.50	85.0	170.0	250.0	1.28	108.5	0.
9.00	90.0	180.0	250.0	1.21	109.0	0.
9.50	95.0	190.0	250.0	1.15	109.5	0.
10.00	100.0	200.0	250.0	1.10	110.0	0.
10.50	105.0	210.0	250.0	1.05	110.5	0.
11.00	110.0	220.0	250.0	1.05	115.5	0.
11.50	115.0	230.0	350.0	1.04	120.0	0.
12.00	120.0	240.0	350.0	1.00	120.0	0.
12.50	125.0	250.0	350.0	.96	120.0	0.
13.00	130.0	260.0	350.0	.92	120.0	0.
13.50	135.0	270.0	350.0	.89	120.0	0.
14.00	140.0	280.0	350.0	.86	120.0	0.
14.50	145.0	290.0	350.0	.83	120.0	0.

pag. / 6

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	150.0	300.0	350.0	.80	120.0	0.
15.50	155.0	310.0	350.0	.77	120.0	0.
16.00	160.0	320.0	350.0	.75	120.0	0.
16.50	165.0	330.0	350.0	.73	120.0	0.
17.00	170.0	340.0	350.0	.71	120.0	0.
17.50	175.0	350.0	350.0	.69	120.0	0.
18.00	180.0	360.0	350.0	.67	120.0	0.
18.50	185.0	370.0	350.0	.65	120.0	0.
19.00	190.0	380.0	350.0	.63	120.0	0.
19.50	195.0	390.0	350.0	.62	120.0	0.
20.00	200.0	400.0	350.0	.60	120.0	0.
20.50	205.0	410.0	350.0	.59	120.0	0.
21.00	210.0	420.0	350.0	.57	120.0	0.
21.50	215.0	430.0	350.0	.56	120.0	0.
22.00	220.0	440.0	350.0	.55	120.0	0.
22.50	225.0	450.0	350.0	.53	120.0	0.
23.00	230.0	460.0	350.0	.52	120.0	0.

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	36 di 46

23.50	235.0	470.0	350.0	.51	120.0	0.
24.00	240.0	480.0	350.0	.50	120.0	0.
24.50	245.0	490.0	350.0	.49	120.0	0.
25.00	250.0	500.0	350.0	.48	120.0	0.
25.50	255.0	510.0	350.0	.47	120.0	0.
26.00	260.0	520.0	350.0	.46	120.0	0.
26.50	265.0	530.0	350.0	.45	120.0	0.
27.00	270.0	540.0	350.0	.44	120.0	0.
27.50	275.0	550.0	350.0	.44	120.0	0.
28.00	280.0	560.0	350.0	.43	120.0	0.
28.50	285.0	570.0	350.0	.42	120.0	0.
29.00	290.0	580.0	350.0	.41	120.0	0.
29.50	295.0	590.0	350.0	.41	120.0	0.

pag. / 7

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
30.00	300.0	600.0	350.0	.40	120.0	0.
30.50	305.0	610.0	350.0	.39	120.0	0.
31.00	310.0	620.0	350.0	.39	120.0	0.
31.50	315.0	630.0	350.0	.38	120.0	0.
32.00	320.0	640.0	350.0	.38	120.0	0.
32.50	325.0	650.0	350.0	.37	120.0	0.
33.00	330.0	660.0	350.0	.36	120.0	0.
33.50	335.0	670.0	350.0	.36	120.0	0.
34.00	340.0	680.0	350.0	.35	120.0	0.
34.50	345.0	690.0	350.0	.35	120.0	0.
35.00	350.0	700.0	350.0	.34	120.0	0.

zz = Profondita' da piano campagna
S'v = Tensione verticale efficace
Sv = Tensione verticale totale
Cu = Coesione non drenata
Tau = Tensione di adesione laterale limite
qb = Portata di base limite unitaria

pag. / 8

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	236.	0.	-13.	249.	124.
1.00	474.	0.	-27.	500.	249.
1.50	712.	0.	-40.	752.	374.
2.00	952.	0.	-53.	1005.	500.

2.50	1193.	0.	-66.	1259.	626.
3.00	1435.	0.	-80.	1514.	753.
3.50	1678.	0.	-93.	1771.	881.
4.00	1923.	0.	-106.	2029.	1009.
4.50	2168.	0.	-119.	2288.	1137.
5.00	2415.	0.	-133.	2548.	1266.
5.50	2663.	0.	-146.	2809.	1396.
6.00	2912.	0.	-159.	3071.	1526.
6.50	3163.	0.	-172.	3335.	1657.
7.00	3414.	0.	-186.	3600.	1788.
7.50	3667.	0.	-199.	3866.	1920.
8.00	3921.	0.	-212.	4133.	2053.
8.50	4176.	0.	-225.	4401.	2186.
9.00	4432.	0.	-239.	4671.	2319.
9.50	4689.	0.	-252.	4941.	2453.
10.00	4948.	0.	-265.	5213.	2588.
10.50	5208.	0.	-278.	5486.	2723.
11.00	5471.	0.	-292.	5763.	2860.
11.50	5751.	0.	-305.	6056.	3005.
12.00	6034.	0.	-318.	6352.	3151.
12.50	6317.	0.	-331.	6648.	3297.
13.00	6600.	0.	-345.	6944.	3443.
13.50	6882.	0.	-358.	7240.	3589.
14.00	7165.	0.	-371.	7536.	3735.
14.50	7448.	0.	-384.	7832.	3881.

pag. / 9

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	7731.	0.	-398.	8128.	4027.
15.50	8013.	0.	-411.	8424.	4173.
16.00	8296.	0.	-424.	8720.	4319.
16.50	8579.	0.	-437.	9016.	4465.
17.00	8862.	0.	-451.	9312.	4611.
17.50	9144.	0.	-464.	9608.	4757.
18.00	9427.	0.	-477.	9904.	4903.
18.50	9710.	0.	-490.	10200.	5049.
19.00	9993.	0.	-504.	10496.	5195.
19.50	10275.	0.	-517.	10792.	5341.
20.00	10558.	0.	-530.	11088.	5487.
20.50	10841.	0.	-543.	11384.	5633.
21.00	11124.	0.	-557.	11680.	5779.
21.50	11406.	0.	-570.	11976.	5925.
22.00	11689.	0.	-583.	12272.	6071.
22.50	11972.	0.	-596.	12568.	6217.
23.00	12255.	0.	-610.	12864.	6363.
23.50	12537.	0.	-623.	13160.	6509.
24.00	12820.	0.	-636.	13456.	6655.
24.50	13103.	0.	-649.	13752.	6801.
25.00	13386.	0.	-663.	14048.	6947.
25.50	13668.	0.	-676.	14344.	7093.
26.00	13951.	0.	-689.	14640.	7239.
26.50	14234.	0.	-702.	14936.	7385.
27.00	14517.	0.	-716.	15232.	7531.
27.50	14799.	0.	-729.	15528.	7677.
28.00	15082.	0.	-742.	15824.	7823.
28.50	15365.	0.	-755.	16120.	7969.
29.00	15648.	0.	-769.	16416.	8115.

29.50 15930. 0. -782. 16712. 8261.

pag. / 10

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	16213.	0.	-795.	17008.	8407.
30.50	16496.	0.	-808.	17304.	8553.
31.00	16778.	0.	-822.	17600.	8699.
31.50	17061.	0.	-835.	17896.	8845.
32.00	17344.	0.	-848.	18192.	8991.
32.50	17627.	0.	-861.	18488.	9137.
33.00	17909.	0.	-875.	18784.	9283.
33.50	18192.	0.	-888.	19080.	9429.
34.00	18475.	0.	-901.	19376.	9575.
34.50	18758.	0.	-914.	19672.	9721.
35.00	19040.	0.	-928.	19968.	9867.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Ql1 = Portata laterale limite
 Qbl = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,1 + Qbl/FS,b - Wp$

5.3 VI16 con scalzamento - Compressione. Palo D=1500 mm

*** P A L ***
 Programma per l'analisi della capacita' portante
 assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
 ottobre 2006

pag. / 2

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = .00 m
 Quota falda da p.c. = .00 m
 Peso di volume del palo = 5.00 kN/m3
 Fattore di sicurezza portata laterale = 1.96 (FS,1)
 Fattore di sicurezza portata di base = 2.30 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i" quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "FYN " (Incoerente) da .00 a 6.00 m

$G_n = 20.0$ kN/m³ $G_e = 10.0$ kN/m³
 τ variabile lin. da .0 a .0 kPa
 Q_b variabile lin. da 0. a 0. kPa

Strato 2 "FYN " (Coesivo) da 6.00 a 11.00 m

$G_n = 20.0$ kN/m³ $G_e = 10.0$ kN/m³
 $\tau = \beta * S'v < 120.0$ kPa
 $\beta = .10 + .40 C_u/S'v$
 $Q_b = 9.0 * C_u + S_v$
 C_u variabile lin. da 250.0 a 250.0 kPa

Strato 3 "FYN " (Coesivo) da 11.00 a 35.00 m

$G_n = 20.0$ kN/m³ $G_e = 10.0$ kN/m³
 $\tau = \beta * S'v < 120.0$ kPa
 $\beta = .10 + .40 C_u/S'v$
 $Q_b = 9.0 * C_u + S_v$
 C_u variabile lin. da 350.0 a 350.0 kPa

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU Al+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "FYN "	1.00	1.00	-
2 "FYN "	1.00	1.00	1.00
3 "FYN "	1.00	1.00	1.00

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

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU Al+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	--	.00	.0	0.
.50	5.0	10.0	--	.00	.0	0.
1.00	10.0	20.0	--	.00	.0	0.
1.50	15.0	30.0	--	.00	.0	0.
2.00	20.0	40.0	--	.00	.0	0.
2.50	25.0	50.0	--	.00	.0	0.
3.00	30.0	60.0	--	.00	.0	0.
3.50	35.0	70.0	--	.00	.0	0.
4.00	40.0	80.0	--	.00	.0	0.
4.50	45.0	90.0	--	.00	.0	0.
5.00	50.0	100.0	--	.00	.0	0.
5.50	55.0	110.0	--	.00	.0	0.
6.00	60.0	120.0	--	.88	53.0	0.
6.50	65.0	130.0	250.0	1.64	106.5	273.
7.00	70.0	140.0	250.0	1.53	107.0	547.
7.50	75.0	150.0	250.0	1.43	107.5	820.
8.00	80.0	160.0	250.0	1.35	108.0	1093.
8.50	85.0	170.0	250.0	1.28	108.5	1367.
9.00	90.0	180.0	250.0	1.21	109.0	1640.
9.50	95.0	190.0	250.0	1.15	109.5	1913.
10.00	100.0	200.0	250.0	1.10	110.0	2187.
10.50	105.0	210.0	250.0	1.05	110.5	2460.
11.00	110.0	220.0	250.0	1.05	115.5	2470.
11.50	115.0	230.0	350.0	1.04	120.0	2580.
12.00	120.0	240.0	350.0	1.00	120.0	2690.
12.50	125.0	250.0	350.0	.96	120.0	2800.
13.00	130.0	260.0	350.0	.92	120.0	2910.
13.50	135.0	270.0	350.0	.89	120.0	3020.
14.00	140.0	280.0	350.0	.86	120.0	3130.
14.50	145.0	290.0	350.0	.83	120.0	3240.

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	150.0	300.0	350.0	.80	120.0	3350.
15.50	155.0	310.0	350.0	.77	120.0	3460.
16.00	160.0	320.0	350.0	.75	120.0	3470.
16.50	165.0	330.0	350.0	.73	120.0	3480.
17.00	170.0	340.0	350.0	.71	120.0	3490.
17.50	175.0	350.0	350.0	.69	120.0	3500.
18.00	180.0	360.0	350.0	.67	120.0	3510.
18.50	185.0	370.0	350.0	.65	120.0	3520.
19.00	190.0	380.0	350.0	.63	120.0	3530.
19.50	195.0	390.0	350.0	.62	120.0	3540.
20.00	200.0	400.0	350.0	.60	120.0	3550.
20.50	205.0	410.0	350.0	.59	120.0	3560.
21.00	210.0	420.0	350.0	.57	120.0	3570.
21.50	215.0	430.0	350.0	.56	120.0	3580.
22.00	220.0	440.0	350.0	.55	120.0	3590.
22.50	225.0	450.0	350.0	.53	120.0	3600.
23.00	230.0	460.0	350.0	.52	120.0	3610.
23.50	235.0	470.0	350.0	.51	120.0	3620.
24.00	240.0	480.0	350.0	.50	120.0	3630.
24.50	245.0	490.0	350.0	.49	120.0	3640.
25.00	250.0	500.0	350.0	.48	120.0	3650.
25.50	255.0	510.0	350.0	.47	120.0	3660.
26.00	260.0	520.0	350.0	.46	120.0	3670.
26.50	265.0	530.0	350.0	.45	120.0	3680.
27.00	270.0	540.0	350.0	.44	120.0	3690.
27.50	275.0	550.0	350.0	.44	120.0	3700.
28.00	280.0	560.0	350.0	.43	120.0	3710.
28.50	285.0	570.0	350.0	.42	120.0	3720.
29.00	290.0	580.0	350.0	.41	120.0	3730.
29.50	295.0	590.0	350.0	.41	120.0	3740.

pag. / 7

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
30.00	300.0	600.0	350.0	.40	120.0	3750.
30.50	305.0	610.0	350.0	.39	120.0	3760.
31.00	310.0	620.0	350.0	.39	120.0	3770.
31.50	315.0	630.0	350.0	.38	120.0	3780.
32.00	320.0	640.0	350.0	.38	120.0	3790.
32.50	325.0	650.0	350.0	.37	120.0	3800.
33.00	330.0	660.0	350.0	.36	120.0	3810.
33.50	335.0	670.0	350.0	.36	120.0	3820.
34.00	340.0	680.0	350.0	.35	120.0	3830.
34.50	345.0	690.0	350.0	.35	120.0	3840.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	42 di 46

35.00 350.0 700.0 350.0 .34 120.0 3850.

zz = Profondita' da piano campagna
S'v = Tensione verticale efficace
Sv = Tensione verticale totale
Cu = Coesione non drenata
Tau = Tensione di adesione laterale limite
qb = Portata di base limite unitaria

pag. / 8

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	4.	-4.	-4.
1.00	0.	0.	9.	-9.	-9.
1.50	0.	0.	13.	-13.	-13.
2.00	0.	0.	18.	-18.	-18.
2.50	0.	0.	22.	-22.	-22.
3.00	0.	0.	27.	-27.	-27.
3.50	0.	0.	31.	-31.	-31.
4.00	0.	0.	35.	-35.	-35.
4.50	0.	0.	40.	-40.	-40.
5.00	0.	0.	44.	-44.	-44.
5.50	0.	0.	49.	-49.	-49.
6.00	31.	0.	53.	-22.	-37.
6.50	250.	483.	57.	676.	280.
7.00	502.	966.	62.	1406.	614.
7.50	755.	1449.	66.	2137.	949.
8.00	1008.	1932.	71.	2870.	1284.
8.50	1264.	2415.	75.	3604.	1620.
9.00	1520.	2898.	80.	4338.	1956.
9.50	1777.	3381.	84.	5074.	2293.
10.00	2036.	3864.	88.	5812.	2630.
10.50	2296.	4347.	93.	6550.	2968.
11.00	2559.	4365.	97.	6827.	3106.
11.50	2839.	4559.	102.	7297.	3329.
12.00	3122.	4754.	106.	7770.	3554.
12.50	3405.	4948.	110.	8242.	3778.
13.00	3687.	5142.	115.	8715.	4002.
13.50	3970.	5337.	119.	9188.	4227.
14.00	4253.	5531.	124.	9660.	4451.
14.50	4536.	5726.	128.	10133.	4675.

pag. / 9

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Q11	Qb1	Wp	Qu	Qd
----	-----	-----	----	----	----

m	kN	kN	kN	kN	kN
15.00	4818.	5920.	133.	10606.	4900.
15.50	5101.	6114.	137.	11079.	5124.
16.00	5384.	6132.	141.	11375.	5272.
16.50	5667.	6150.	146.	11671.	5419.
17.00	5949.	6167.	150.	11967.	5567.
17.50	6232.	6185.	155.	12263.	5714.
18.00	6515.	6203.	159.	12559.	5862.
18.50	6798.	6220.	163.	12855.	6009.
19.00	7080.	6238.	168.	13151.	6157.
19.50	7363.	6256.	172.	13447.	6304.
20.00	7646.	6273.	177.	13743.	6452.
20.50	7929.	6291.	181.	14038.	6599.
21.00	8211.	6309.	186.	14334.	6747.
21.50	8494.	6326.	190.	14630.	6894.
22.00	8777.	6344.	194.	14926.	7042.
22.50	9060.	6362.	199.	15222.	7189.
23.00	9342.	6379.	203.	15518.	7337.
23.50	9625.	6397.	208.	15814.	7484.
24.00	9908.	6415.	212.	16110.	7632.
24.50	10191.	6432.	216.	16406.	7779.
25.00	10473.	6450.	221.	16702.	7927.
25.50	10756.	6468.	225.	16998.	8075.
26.00	11039.	6485.	230.	17294.	8222.
26.50	11322.	6503.	234.	17590.	8370.
27.00	11604.	6521.	239.	17886.	8517.
27.50	11887.	6538.	243.	18182.	8665.
28.00	12170.	6556.	247.	18478.	8812.
28.50	12452.	6574.	252.	18774.	8960.
29.00	12735.	6591.	256.	19070.	9107.
29.50	13018.	6609.	261.	19366.	9255.

pag. / 10

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI16 scalzamento
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	13301.	6627.	265.	19662.	9402.
30.50	13583.	6644.	269.	19958.	9550.
31.00	13866.	6662.	274.	20254.	9697.
31.50	14149.	6680.	278.	20550.	9845.
32.00	14432.	6697.	283.	20846.	9992.
32.50	14714.	6715.	287.	21142.	10140.
33.00	14997.	6733.	292.	21438.	10287.
33.50	15280.	6750.	296.	21734.	10435.
34.00	15563.	6768.	300.	22030.	10582.
34.50	15845.	6786.	305.	22326.	10730.
35.00	16128.	6804.	309.	22622.	10877.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Ql1 = Portata laterale limite
 Qbl = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	44 di 46



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	45 di 46

6. APPENDICE B: VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO. TABULATI DI CALCOLO MR

6.1 VI16 - D=1500 mm

Coeff. di Matlock e Reese-palo VI16 pila D=1500

Lunghezza palo	Lp	=	30.00 m
Diametro palo	D	=	1.50 m
Modulo elastico palo	Ep	=	30000.00 MPa
Rigidezza flessionale	EJ	=	7455148.00 kN*m2

Definizione per punti del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m2
.000	70000.00
11.000	70000.00
11.100	98000.00
35.000	98000.00

Per il primo segmento:

Modulo iniziale	Eo	=	70000.000 kN/m2
Gradiente del modulo	Kh	=	.000 kN/m3

Lunghezza elastica	$T = (EJ/Eo)^{0.25}$	=	3.212 m
Zmax = Lp/T		=	9.339

Coefficienti adimensionali di flessibilita' della sommita' del palo:

Ay =	1.4074
As = By =	.9925
Bs =	1.4066

Spostamento:	$d = Ay Fo T^3/EJ + By Mo T^2/EJ$
Rotazione:	$r = As Fo T^2/EJ + Bs Mo T / EJ$

Per sommita' palo impedita di ruotare:

$Mo = - (T As/Bs) * Fo = - \text{alfa} * Fo$	$\text{alfa} = 2.2667 \text{ m}$
--	----------------------------------

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Taglio:	$F = Av Fo + Bv Mo/T$
Momento:	$M = Am Fo T + Bm Mo$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

VI16 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1603 001	A	46 di 46

Coeff. di Matlock e Reese-palo VI16 pila D=1500

Momento adimensionale lungo il fusto del palo
con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
.938	.6288
1.875	.3395
2.813	.1243
3.750	-.0269
4.688	-.1253
5.625	-.1820
6.563	-.2071
7.500	-.2095
9.000	-.1835
10.500	-.1406
12.000	-.0950
13.500	-.0556
15.000	-.0262
17.500	.0006
20.000	.0084
22.500	.0073
26.250	.0022
30.000	.0000

Momento: $M(z) = M_0 * Mad(z)$

Coefficienti adimensionali di Matlock e Reese

z/T	Av	Am	Bv	Bm
.000	1.0000	.0000	.0000	1.0000
.292	.6317	.2351	-.2340	.9619
.584	.3441	.3746	-.3729	.8703
.875	.1297	.4412	-.4389	.7496
1.167	-.0207	.4550	-.4524	.6179
1.459	-.1194	.4328	-.4302	.4881
1.751	-.1766	.3883	-.3863	.3684
2.043	-.2028	.3320	-.3310	.2635
2.335	-.2065	.2716	-.2681	.1754
2.802	-.1857	.1785	-.1846	.0695
3.269	-.1493	.0999	-.1138	.0010
3.735	-.1008	.0409	-.0500	-.0369
4.202	-.0572	.0047	-.0071	-.0489
4.669	-.0236	-.0139	.0162	-.0460
5.448	.0023	-.0204	.0237	-.0284
6.226	.0098	-.0143	.0168	-.0119
7.004	.0078	-.0069	.0074	-.0025
8.171	.0025	-.0009	.0001	.0010
9.339	.0000	.0000	.0000	.0000