

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3B)

VI15 - Viadotto su L.S. in corrispondenza VI02 - Singolo Binario

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni - Pali d=1200mm

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 RB VI1503 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Da
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi	Gen. 2020	M.D'effremo	Gen. 2020	A.Barreca	Gen. 2020	A. Vittozzi Mag. 2020
B	1° agg. a consegna CSLPP	G. Grimaldi	Mag. 2020	G.Meneschineri	Mag. 2020	A.Barreca	Mag. 2020	

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A.20783

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

INDICE

1. PREMESSA	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
3. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	6
4.1 Indagini geotecniche eseguite	6
4.2 Stratigrafia	7
4.3 Categoria di sottosuolo	7
4.4 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto.....	7
5. CALCOLO DELLA PORTANZA VERTICALE DEL SINGOLO PALO	9
5.1 Curve di portanza verticale Palo diametro 1.2 m (SLU/SLV).....	9
5.2 Curve di portanza verticale Palo diametro 1.2 m (SLE RARA)	11
5.3 Calcolo della portanza trasversale del singolo palo.....	12
6. CALCOLO DI ALFA – MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL SINGOLO PALO	13
7. RIEPILOGO DEI RISULTATI E DELLE VERIFICHE DI PORTANZA DELLE PALIFICATE	16

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento delle fondazioni dell'opera denominata **VI10** nell'ambito del Progetto Definitivo Nuovo Collegamento Palermo – Catania , Tratta Caltanissetta Xirbi – Nuova Enna (Lotto 3).

In particolare saranno affrontati i seguenti aspetti:

- condizioni geotecniche;
- verifica capacità portante ai carichi verticali del singolo palo;
- verifica a carico limite orizzontale dei pali;
- valutazione del momento adimensionale lungo il palo e del parametro alfa (rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita).

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili (DM 17/01/2018) e secondo i criteri di calcolo descritti nella relazione generale del progetto RS3T30D09RBGVI0000001.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

- Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il *Viadotto VI15* si estende dal km 37+448,68 al km 38+096,53 (Singolo binario) per uno sviluppo complessivo di circa 647.85 m ed è costituito da 16 campate isostatiche.

Nel dettaglio:

- 4 campate il cui impalcato è costituito da n°2 cassoncini in c.a.p. di luce L=25,00m (asse pila-asse pila) e luce di calcolo Lc=22,80m (asse appoggi-asse appoggi). Le velette esterne portano la passerella di ispezione.
- 6 campate il cui impalcato è a struttura mista acciaio calcestruzzo ed è costituito da n°2 travi in acciaio di luce L=40,00m (asse pila-asse pila) e luce di calcolo Lc=38,00m (asse appoggi-asse appoggi). Le velette esterne portano la passerella di ispezione. La campata P12-P13 scavalca la strada provinciale SP42.
- 5 campate il cui impalcato è a struttura mista acciaio calcestruzzo ed è costituito da n°2 travi in acciaio di luce L=50,00m (asse pila-asse pila) e luce di calcolo Lc=48,00m (asse appoggi-asse appoggi). La campata P9-P10 scavalca la linea storica PA-CT. Le velette esterne portano la passerella di ispezione.
- 1 campata il cui impalcato è a struttura mista acciaio calcestruzzo ed è costituito da n°2 travi in acciaio di luce L=60,00m (asse pila-asse pila) e luce di calcolo Lc=58,00m (asse appoggi-asse appoggi). La campata P4-P5 scavalca il Fiume Salitto. Le velette esterne portano le passerelle di ispezione.

Le spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera e sono di tipo tradizionale. Le pile sono circolari con diametro pari a 4.50m.

Le fondazioni del *Viadotto VI15*, sono previste su pali in c.a. di grande diametro sia per le pile che per le spalle.

Tutto il lato destro del viadotto è interessato dai marciapiedi FFP.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

Di seguito si riportano uno stralcio planimetrico e un profilo di riferimento delle fondazioni in esame e per un diametro dei pali pari a 1200 mm.

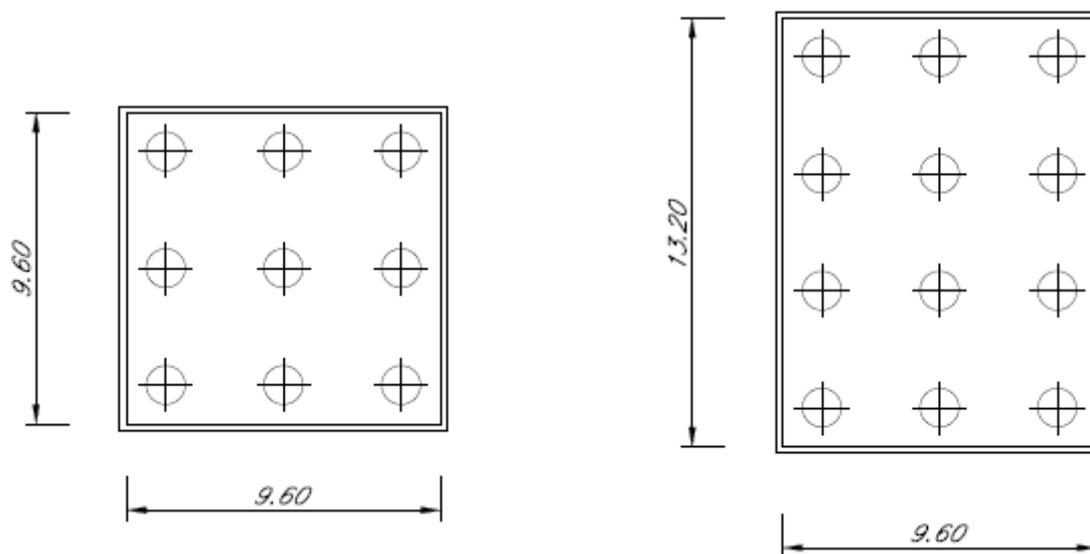


Figura 1 stralcio planimetrico

9 PALI Ø1200

12 PALI Ø1200

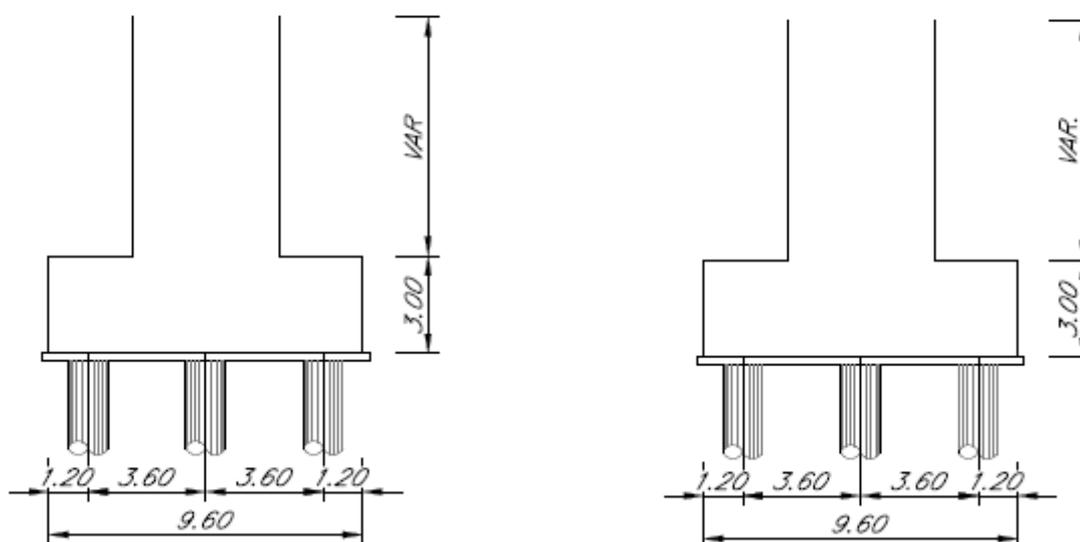


Figura 2 stralcio del profilo longitudinale

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

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

La stratigrafia di riferimento finalizzata al dimensionamento delle palificate di fondazione è rappresentata nel profilo stratigrafico longitudinale di linea del progetto.

Per maggiori dettagli sulla caratterizzazione geotecnica si rimanda alla Relazione geotecnica generale del progetto definitivo.

4.1 Indagini geotecniche eseguite

L'opera in esame è ubicata tra le progressive dal km 37+448,68 al km 38+096,53 (Singolo binario)
 La caratterizzazione geotecnica è stata determinata in base ai risultati dei sondaggi 3aS56, 3aS57, 3S13.

Nel sondaggio 3aS57 sono state effettuate anche prove sismiche di tipo MASW e HVSR che hanno definito una $V_{s,eq} = 357$ m/s.

Dalle misure piezometriche disponibili il livello di falda massimo è a 1 m di profondità dal p.c.

Il livello di falda di progetto viene considerato a quota testa pali.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

4.2 Stratigrafia

La stratigrafia lungo lo sviluppo dell'opera è la seguente:

STRATIGRAFIA		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
a	Ghiaie, sabbie, sabbie limose	0.0÷10.0
FYN4	Alternanza di prevalenti argille e argille siltose di colore da bruno a bruno tabacco con siltiti e quarzoareniti torbiditiche	10.0÷40.0
FALDA di calcolo: testa palo		

La profondità degli strati si riferisce al piano campagna, nelle verifiche dei pali la stratigrafia considerata è quella presente a partire dalla testa dei pali ovvero a circa -4.00 m dal piano campagna.

4.3 Categoria di sottosuolo

Dall'indagine sismica si definisce una categoria di sottosuolo sismica di tipo C.

4.4 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

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

Tabella 1 – Parametri geotecnici

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [gradi]	E_{op} [MPa]	E_{mr0} [MPa]	E_{mr} [MPa]	k_h [kN/m ²]
a	20	0	0	30	35	35	-	-
FYN4	20	250	22	26	-	-	100	-

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

E_{op} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E_{mr} = modulo di reazione orizzontale terreni coerenti

E_{mr0} e k_h = modulo di reazione orizzontale terreni incoerenti e valore incrementale con la profondità (funzione di D_r)

In particolare:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm

<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B	FOGLIO 8 di 17
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------	--------------------	--------------------------	-------------------------------	------------------	--------------------------

$$E_{mr0} = E_{op}$$

$$E_{mr} = 400 \times cu$$

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica del progetto.

Progetto definitivo

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

Pali d=1200mm

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3T

30

D09RB

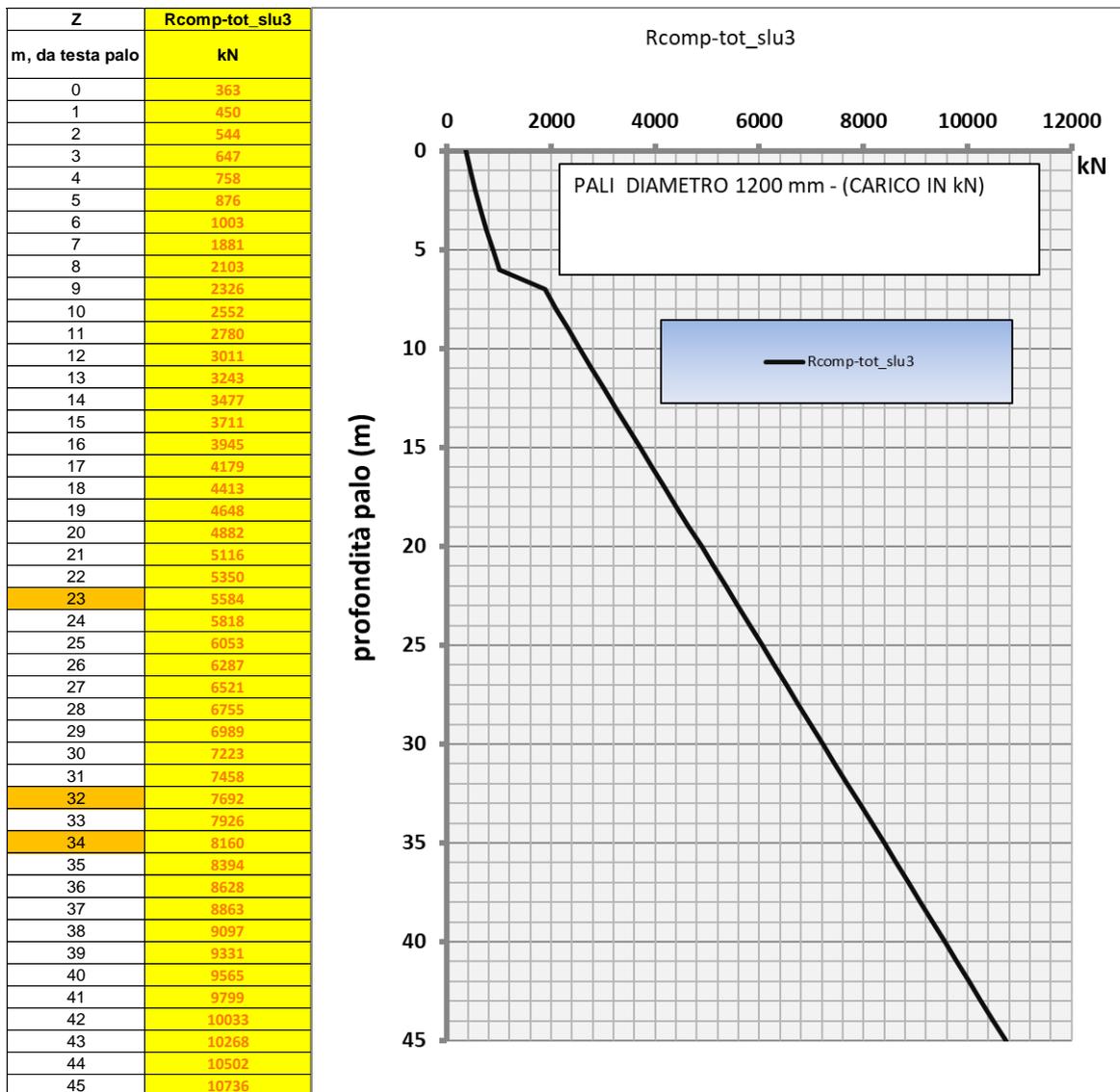
VI1503002

B

9 di 17

5. CALCOLO DELLA PORTANZA VERTICALE DEL SINGOLO PALO

5.1 Curve di portanza verticale Palo diametro 1.2 m (SLU/SLV)



Progetto definitivo

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

Pali d=1200mm

COMMESSA

RS3T

LOTTO

30

CODIFICA

D09RB

DOCUMENTO

VI1503002

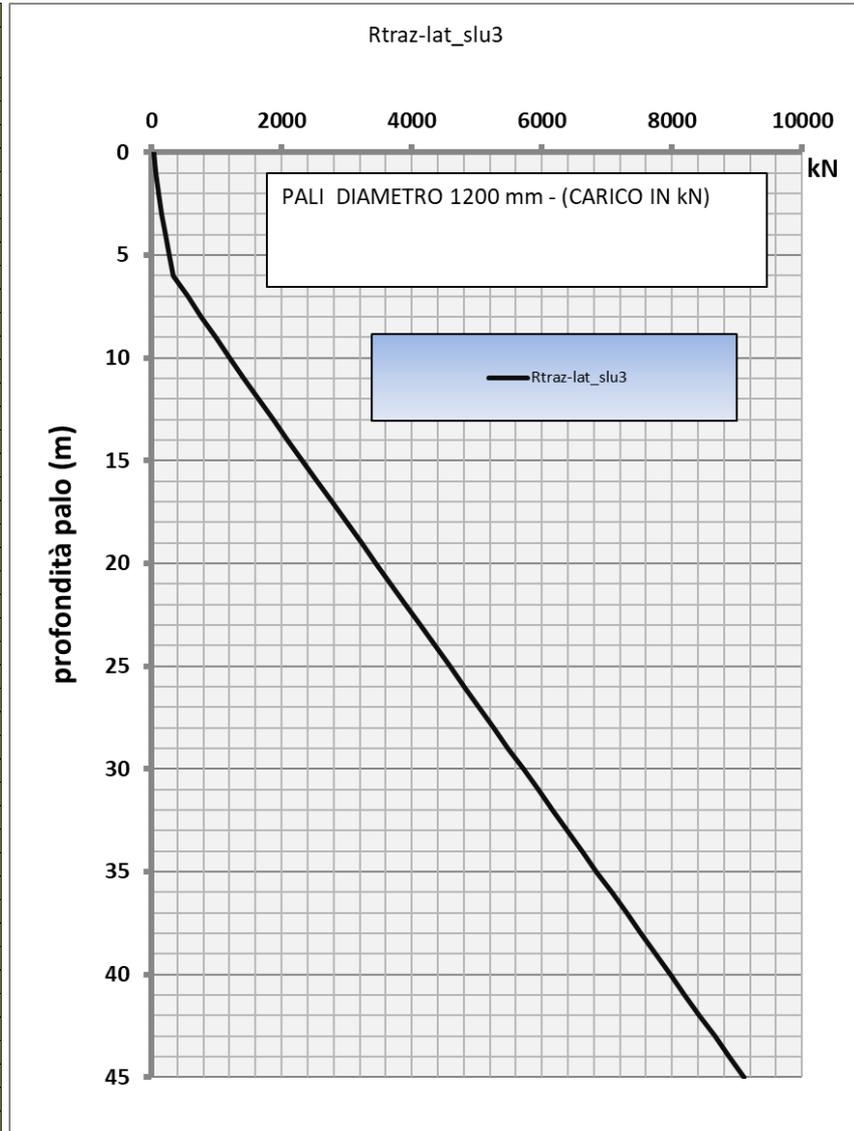
REV.

B

FOGLIO

10 di 17

Z	Rtraz-lat_slu3
m, da testa palo	kN
0	33
1	71
2	114
3	163
4	218
5	277
6	343
7	556
8	770
9	987
10	1206
11	1426
12	1648
13	1872
14	2099
15	2325
16	2551
17	2777
18	3003
19	3229
20	3455
21	3681
22	3907
23	4133
24	4359
25	4585
26	4811
27	5038
28	5264
29	5490
30	5716
31	5942
32	6168
33	6394
34	6620
35	6846
36	7072
37	7298
38	7524
39	7751
40	7977
41	8203
42	8429
43	8655
44	8881



Progetto definitivo

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

Pali d=1200mm

COMMESSA

RS3T

LOTTO

30

CODIFICA

D09RB

DOCUMENTO

VI1503002

REV.

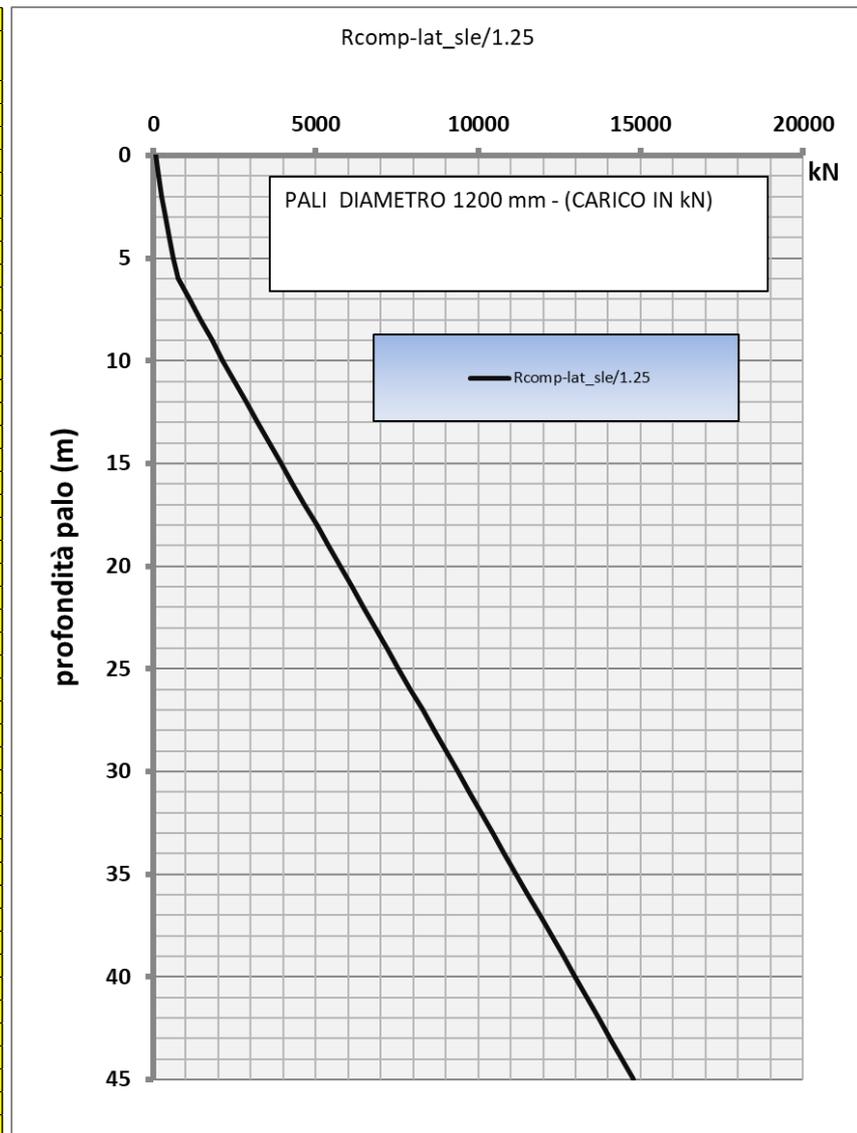
B

FOGLIO

11 di 17

5.2 Curve di portanza verticale Palo diametro 1.2 m (SLE RARA)

Z	Rcomp-lat_sle/1.25
m, da testa palo	kN
0	73
1	158
2	256
3	365
4	487
5	621
6	768
7	1108
8	1452
9	1798
10	2148
11	2501
12	2856
13	3215
14	3577
15	3939
16	4300
17	4662
18	5024
19	5386
20	5747
21	6109
22	6471
23	6832
24	7194
25	7556
26	7918
27	8279
28	8641
29	9003
30	9365
31	9726
32	10088
33	10450
34	10811
35	11173
36	11535
37	11897
38	12258
39	12620
40	12982
41	13344
42	13705
43	14067
44	14429
45	14790



Progetto definitivo

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

Pali d=1200mm

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3T

30

D09RB

VI1503002

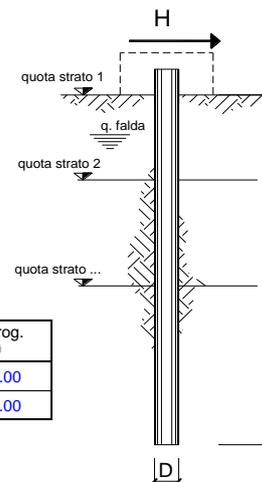
B

12 di 17

5.3 Calcolo della portanza trasversale del singolo palo

opera **VI15**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R	
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{ϕ}	γ_{c_u}	γ_T	
SU	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 checked="" 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 type="radio"/>	1.30	1.50	1.25	1.40	1.00



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	a	0.00	20	10	30	3.00	0	30	3.00	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	FYN4	-6.00	20	10	26	2.56	250	26	2.56	250
<input type="checkbox"/> strato 3						1.00			1.00	
<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 **0** (m)
 Diametro del palo **D** **1.20** (m)
 Lunghezza del palo **L** **23.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo **M_y** **4100.97** (kNm)
 Step di calcolo **0.5** (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	2619.0 (kN)		2619.0 (kN)	
Palo intermedio	14094.0 (kN)		14094.0 (kN)	
Palo corto	47844.0 (kN)		47844.0 (kN)	
H_{med}	2619.0 (kN)	Palo lungo	H_{min}	2619.0 (kN)
H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)			1636.88 (kN)	
H_d = H_k/γ_T			1259.13 (kN)	

Il valore Hd assume lo stesso valore per tutte le lunghezze dei pali previste (L = 23 – 32 – 34 m)

Il valore del momento di plasticizzazione è relativo ad un palo armato con 24+12 Φ30.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

6. CALCOLO DI ALFA – MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL SINGOLO PALO

strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	a	0.00	23333	11200
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	FYN4	-6.00	66667	
<input type="checkbox"/> strato 3				
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

α_m (M0/H0)	-2.18	(m)
Diametro del palo	1.2	(m)
J palo	0.10179	(m ⁴)
Lunghezza del palo	23	(m)
Forza orizzontale in testa	100	(kN)
Momento in testa	0	(kNm)
E cls	31220	(Mpa)

(Palo impedito di ruotare in testa)

Il valore α_m assume lo stesso valore per tutte le lunghezze dei pali previste (L = 23 – 32 – 34 m).

Nella valutazione del K_h si è tenuto in considerazione un valore dell'efficienza della palificata pari a 0.80.

Progetto definitivo

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

Pali d=1200mm

COMMESSA

RS3T

LOTTO

30

CODIFICA

D09RB

DOCUMENTO

VI1503002

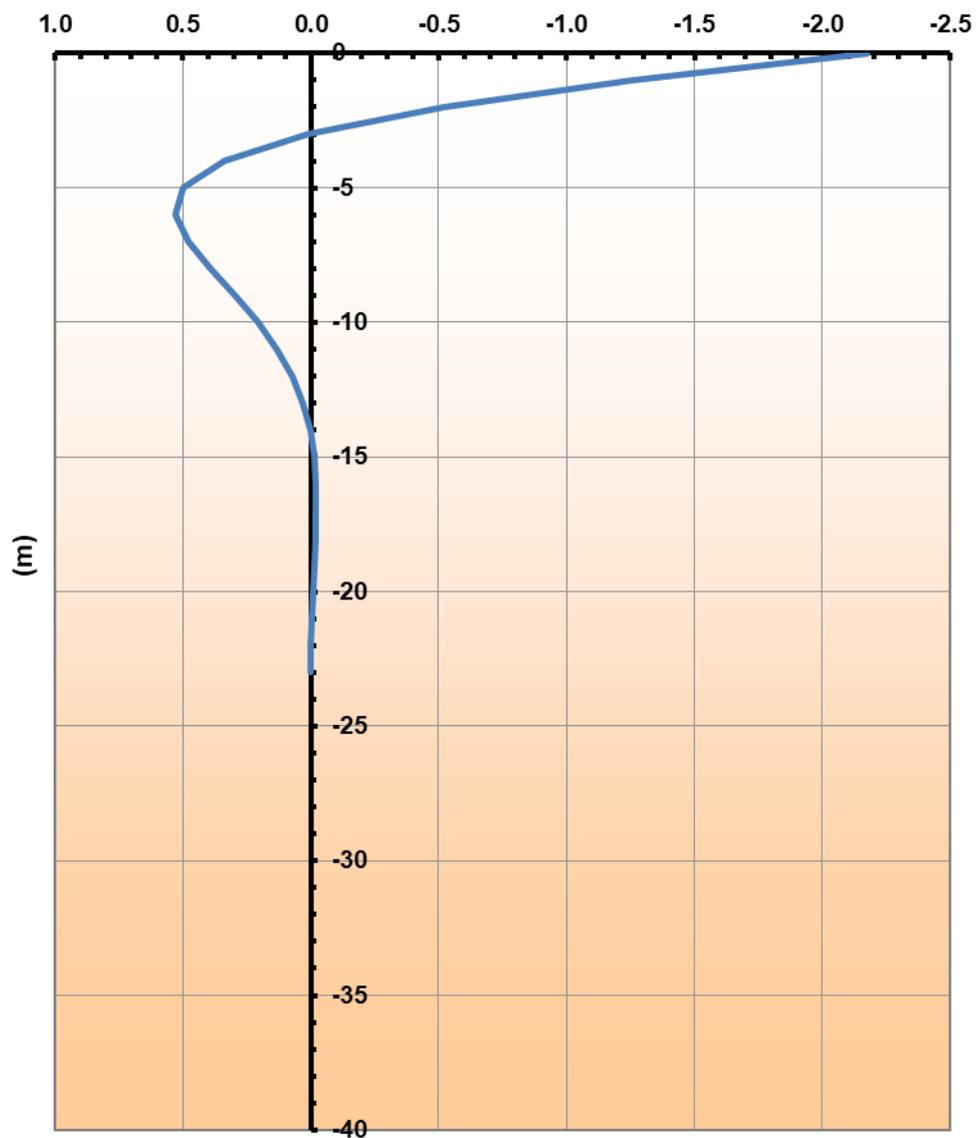
REV.

B

FOGLIO

14 di 17

Rapporto $M(z)/T_0$



Progetto definitivo

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

Pali d=1200mm

COMMESSA

RS3T

LOTTO

30

CODIFICA

D09RB

DOCUMENTO

VI1503002

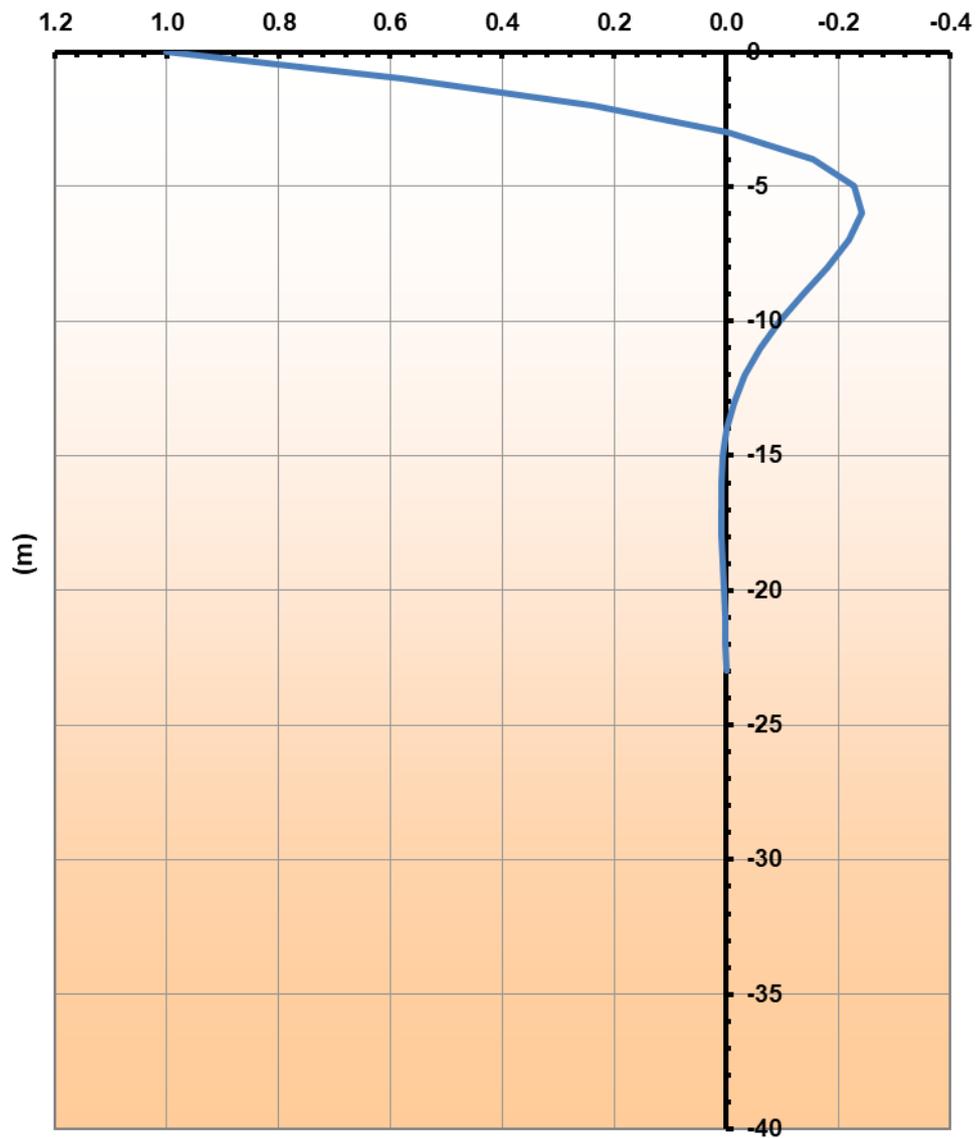
REV.

B

FOGLIO

15 di 17

Momento adimensionale



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO VI15 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – Pali d=1200 mm					
	<i>Progetto definitivo</i> <i>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni</i> <i>Pali d=1200mm</i>	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D09RB	DOCUMENTO VI1503002	REV. B

7. RIEPILOGO DEI RISULTATI E DELLE VERIFICHE DI PORTANZA DELLE PALIFICATE

Di seguito si riportano i carichi e le azioni sollecitanti sui pali di fondazione e di conseguenza i fattori di sicurezza applicati in base alle lunghezze e relative verifiche di sicurezza eseguite.

Per quanto riguarda la verifica a carico limite orizzontale, assumendo un valore della efficienza della palificata pari a 0.8 si ritiene soddisfatta la verifica qualora il fattore Foriz sia superiore ad 1.25 (=1/0.8).

Valori massimi sul singolo palo

Plinto	N [kN]	T[kN]	combinazione	Diametro (mm)	Lunghezza L (m)	Rvert [kN]	Fvert	Roriz [kN]	Foriz
P 25-25 h<9	4786	158	A1_SLU_gr3+vento_7	1200	23	5584	1.17	1259	2.53
	4524	497	E_103y_SLV_q=1.36_64			5584	1.23		
	3388	106	SLE_rar_gr3+vento_20			6832	2.02		
P 25-40 h<15.8	7188	214	A1_SLU_gr3+vento_7	1200	34	8160	1.14	1259	1.69
	7394	743	E_103x_SLV_q=1.36_63			8160	1.10		
	5040	144	SLE_rar_gr3+vento_20			10811	2.14		
P 40-40 h<12.5	7110	248	A1_SLU_gr3+vento_7	1200	32	7692	1.08	1259	1.88
	6794	671	E_103y_SLV_q=1.36_64			7692	1.13		
	4975	164	SLE_rar_gr3+vento_20			10088	2.03		
P 40-40 h<22.8	7124	200	A1_SLU_vento_gr4_12	1200	34	8160	1.15	1259	2.31
	6654	546	E_103x_SLV_q=1.36_63			8160	1.23		
	4993	132	SLE_rar_gr3+vento_20			10811	2.17		