

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

VI13 – Ponte su canale km 21+573,500 e km 21+589,500

Relazione di calcolo Pali di fondazione

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.
Il Direttore Tecnico

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data

firma (Gianguido Babini)

Data

firma (Massimo Facchini)

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	V I 1 3 0 3	0 0 5	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	L. de Sanctis	14/12/2022	S.Carozza	16/12/2022	T. Pelella	18/12/2022	
B	Revisione	P.Carandente T.	08/06/2023	S.Carozza	09/06/2023	T. Pelella	09/06/2023	
C	Revisione	P.Carandente T.	20/10/2023	S.Carozza	25/10/2023	T.Pelella	25/10/2023	

 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	1

INDICE

1.. PREMESSA	2
2.. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
2.1 Normativa di riferimento	3
2.2 Documenti di riferimento	3
2.3 Bibliografia di riferimento	3
3.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
3.1 Calcestruzzo pali e plinti di fondazione Rck > 30 Mpa (C25/30)	5
3.2 Acciaio d'armatura B450C	5
4.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	6
5.. AZIONI INTRADOSSO DELLA FONDAZIONE	7
6.. CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE	11
6.1 Metodologia di calcolo per le verifiche nei confronti del collasso per carichi verticali	11
6.2 Metodologia di calcolo per le verifiche nei confronti del collasso per carichi inclinati	12
7.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV VERTICALE	15
7.1 SPALLA 01	15
7.2 SPALLA 02	16
8.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV ORIZZONTALE	18
8.1 PALIFICATA SPALLA 01	19
8.2 PALIFICATE SPALLA 02	21
9.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLE	23
9.1 PALIFICATE SPALLA 01	23
9.2 PALIFICATE SPALLA 02	28
10. VERIFICHE STRUTTURALI PALI SLU/SLE	34
10.1 SPALLA 01	41
10.2 SPALLA 2	48
10.3 TABELLA RIEPILOGATIVA ARMATURA PALI	54
11. CURVE DI CAPACITÀ PORTANTE	55
11.1 STRATIGRAFIA 1	55

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	2

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la verifica delle fondazioni delle spalle che sostengono la campata a travi incorporate da 14.9 m del viadotto ferroviario denominato VI08, previsto tra le progressive chilometriche 18+066.60 e 18+081.50.

La piattaforma ha una larghezza totale di 13.70 m ed ospita due binari posti ad interasse di 4.0 m.

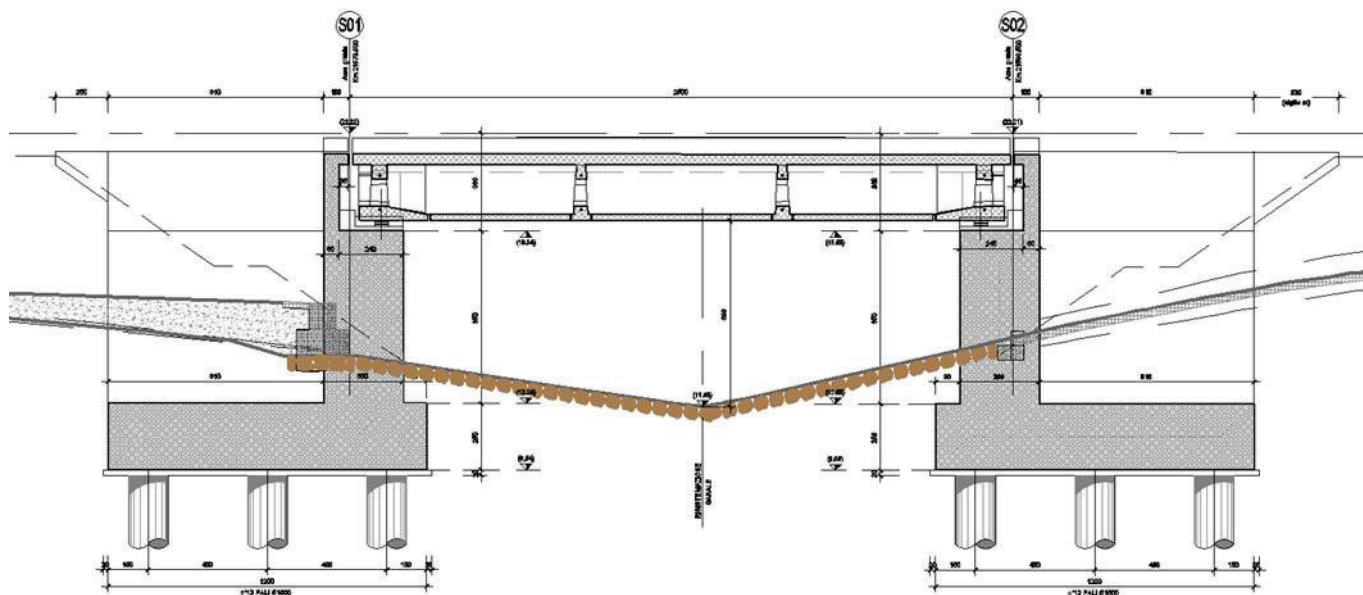


Figura 1. Rappresentazione del viadotto in esame

A scopo illustrativo vengono rappresentate le fondazioni delle pile e quelle delle spalle:

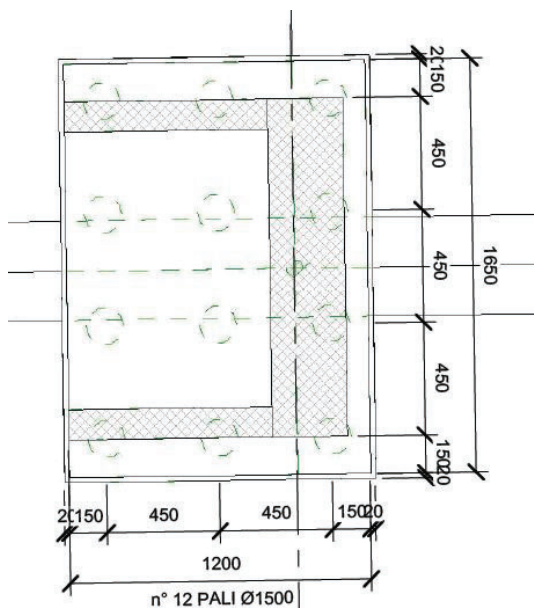


Figura 2. Pianta delle fondazioni delle pile e delle spalle

Nel presente documento si analizzano alcune fondazioni del viadotto in esame. Di seguito quindi si riporta un quadro riassuntivo delle analisi svolte per il viadotto in esame che vanno a coprire tutti i possibili scenari di progetto.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	3

Tabella 1. Descrizione delle opere.

WBS	PILE	Tipologia	H	Altezza di calcolo	Stratigrafia
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[-]
VI13	Spalla 1	Fissa	6.50	6.50	1
	Spalla 2	Mobile	6.50	6.50	1

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente normativa:

- D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 “Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018”;
- RFI DTC SI MA IFS 001 E “Manuale di Progettazione delle Opere Civili”;
- RFI DTC SI SP IFS 001 E “Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili”;

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti documenti.

- D.1. LI0B 02 EZZ RB GE0005 001 A - Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Lotti 2 e 3. Relazione geotecnica generale.

2.3 BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- Berezantsev VG (1965). Design of deep Foundations. Proc. 6th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol. 2, Montreal, 234-237.
- Broms, BB (1964a). Lateral resistance of piles in cohesive soils. J. Soil Mech. Found. Div. 90, No. SM2, 27–63.
- Broms, BB (1964b). Lateral resistance of piles in cohesionless soils. J. Soil Mech. Found. Div. 90, No. SM3, 123–156.
- Callisto L, Gorini DN (2022). Generalised ultimate loads for pile groups. Acta Geotechnica, 17(6), 2495-2516;
- de Sanctis L, Di Laora R, Garala TK, Madabhushi SPG, Viggiani GMB, Fagnoli P (2021). Centrifuge modelling of the behaviour of pile groups under vertical eccentric load. Soils & Foundations, 61(2), 465-479;

 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	4

- Dobry R, Gazetas G (1988). Simple method for dynamic stiffness and damping of floating pile groups. *Géotechnique*, 38(4), 557-574.
- de Sanctis L, Di Laora R, Maiorano RMS, Aversa S, Favata G (2021). Failure envelopes of pile groups under combined axial-moment loading: theoretical background and experimental evidence. *Soils & Foundations*, 61(5), 1419-1430;
- Di Laora R, de Sanctis L, Aversa S (2019). Bearing capacity of Pile Groups under vertical eccentric load. *Acta Geotechnica*, 14(1), 193-205;
- Di Laora R, Iodice C, Mandolini A (2022). A closed-form solution for the failure interaction diagrams of pile groups subjected to inclined eccentric load. *Acta Geotechnica*, 17(8), 3633-3646;
- Iovino M, Maiorano RMS, de Sanctis L, Aversa S (2021a). Failure envelopes of pile groups under inclined and eccentric loads. *Géotechnique Letters*, 11(4), 247-253;
- Iovino M, Di Laora R, de Sanctis L (2021b). Serviceability limit state analysis of piled foundations under combined axial-moment loading. *Acta Geotechnica*, 16(12), 3963-3973, doi: 10.1007/s11440-021-01340-4;
- Randolph MF, Wroth CP (1979). An analysis of vertical deformation of pile groups. *Géotechnique*, 29(4): 423-439
- Skempton AW (1951) The bearing capacity of clays. *Proceedings of building research congress*. ICE, London, pp 180–189
- Viggiani C, Mandolini A, Russo G (2011). *Piles and piles foundations*. Spon Press, London
- Associazione geotecnica italiana (1984) *Raccomandazioni sui pali di fondazione*.

 			LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	5

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PALI E PLINTI DI FONDAZIONE $R_{ck} > 30$ MPa (C25/30)

- $R_{ck} = 30$ MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
- $f_{ck} = 25$ MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33$ MPa resistenza cilindrica valore medio
- $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56$ MPa resistenza media a trazione semplice (assiale)
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.80$ MPa resistenza caratteristica a trazione
- $E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 31476$ MPa modulo elastico
- $\gamma = 25.0$ kN/m³ peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

- $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 14.2$ MPa; $\gamma_c = 1.50$ resistenza di progetto a compressione
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.20$ MPa resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

- $\sigma_{c,r} = 0.55 \cdot f_{ck} = 13.8$ MPa tensione limite in combinazione caratteristica (rara)
- $\sigma_{c,f} = 0.40 \cdot f_{ck} = 10.0$ MPa tensione limite in combinazione quasi permanente
- $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.13$ MPa tensione limite di fessurazione (trazione)

3.2 ACCIAIO D'ARMATURA B450C

- $f_{yk} = 450$ MPa resistenza caratteristica di snervamento
- $f_{tk} = 540$ MPa resistenza caratteristica a rottura
- $E_s = 210000$ MPa modulo elastico

Resistenza di progetto allo SLU

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391$ MPa ; $\gamma_s = 1.15$ resistenza di progetto a compressione

Resistenza di progetto allo SLE

- $\sigma_{s,r} = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.5$ MPa tensione limite in combinazione caratteristica (rara)

copriferro netto 60mm.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	6

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per una definizione delle caratteristiche geotecniche del sito ed in particolare dei valori dei parametri geotecnici utilizzati per il dimensionamento dei pali di fondazione delle opere in esame, si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale (LI0B02EZZRBGE0005001A). Di seguito vengono rappresentate le stratigrafie utilizzate per il dimensionamento delle fondazioni in oggetto:

Tabella 2. Stratigrafia 1 e parametri di calcolo

Unità geotecnica	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c_u [kPa]	q_b lim [kPa]	q_s lim [kPa]	N_q^*	E_o [MPa]
CGC1g	Da 0.0 a 5.0	19	39	-	5800	125	26	250
CGC2	Da 5.0 a 9.5	20	-	150	$9 \cdot c_u + \sigma_v$	100		350
CGC1g	Da 9.5 a 18.0	19	38	-	5800	115	23	600
SSR	Da 18.0 a 30.0	19.5	35	-	5800	80	15	700

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grande diametro $D=1500\text{mm}$ considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi considerando le seguenti ipotesi di calcolo:

- N°2 verticali di indagine, da cui $\xi_3=1.70$
- Coefficienti di sicurezza sulle portate laterali e alla base:

Resistenza	Simbolo	Trivellato
		γ_R
Base	γ_b	1.35
Lat. (compr.)	γ_s	1.15
Tot. (compr)	γ_t	1.30
Lat. (traz)	γ_{st}	1.25

- La falda viene assunta ad una profondità di 4,5 metri dal piano campagna.
- L'affondamento della fondazione (quota testa palo) è sempre posto a 2.5m dal piano campagna.

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	7

5 AZIONI INTRADOSSO DELLA FONDAZIONE

Vengono di seguito rappresentate le azioni all'intradosso delle fondazioni in esame considerate. Per quanto riguarda il sistema di riferimento si faccia riferimento alle figure seguenti (fondazioni delle spalle):

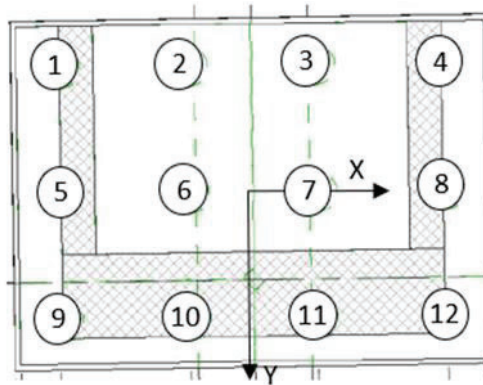


Figura 3. Sistema di riferimento per le fondazioni delle spalle con indicazione della numerazione dei pali

Si fa presente che la colonna con intestazione M e la colonna con intestazione H rappresentano, rispettivamente, la composizione vettoriale dei momenti e dei tagli sollecitanti.

Tabella 3. Azioni all'intradosso della Spalla 01.

Combinazione		Azioni							
		Fz	Fx	My	Fy	Mx	Mz	M	H
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]
Nvert Max	SLU6	74443	515	-6788	15793	111887	-1749	112092	15801
Nvert Min	SLU24	48310	-351	4344	10139	54624	1475	54796	10145
Vtrasv Max	SLU3	71888	530	-6651	15853	101727	-1690	101944	15861
Vtrasv Min	SLU24	48310	-351	4344	10139	54624	1475	54796	10145
Mtrasv Max	SLU6	66148	-351	4344	14592	65521	1475	65665	14596
Mtrasv Min	SLU24	53873	356	-10064	11925	95129	995	95660	11930
Vlong Max	SLU7	69246	283	-8769	17261	104150	3775	104518	17263
Vlong Min	SLU20	48620	0	0	10068	55239	-7	55239	10068
Mlong Max	SLU2	74443	515	-6788	15793	111887	-1749	112092	15801
Mlong Min	SLU22	48310	-351	4344	10139	54624	1475	54796	10145
Mtorc Max	SLU7	69246	283	-8769	17261	104150	3775	104518	17263
Mtorc Min	SLU13	56605	515	-6788	11689	104345	-1749	104565	11701
Nvert Max	SLV5	56011	4435	-26845	14126	83873	-3011	88064	14806
Nvert Min	SLV6	41229	4435	-26845	14126	73835	-3011	78564	14806
Vtrasv Max	SLV3	50837	14782	-89482	14126	80360	-10038	120270	20446
Vtrasv Min	SLV6	41229	4435	-26845	14126	73835	-3011	78564	14806
Mtrasv Max	SLV1	50837	4435	-26845	27530	155783	-3011	158079	27884
Mtrasv Min	SLV6	46402	14782	-89482	14126	77349	-10038	118279	20446
Vlong Max	SLV1	50837	4435	-26845	27530	155783	-3011	158079	27884
Vlong Min	SLV6	41229	4435	-26845	14126	73835	-3011	78564	14806
Mlong Max	SLV1	50837	4435	-26845	27530	155783	-3011	158079	27884

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	8

Mlong Min	SLV4	41229	4435	-26845	14126	73835	-3011	78564	14806
Mtorc Max	SLV5	56011	4435	-26845	14126	83873	-3011	88064	14806
Mtorc Min	SLV4	46402	14782	-89482	14126	77349	-10038	118279	20446
Nvert Max	RA1	52486	350	-4597	11033	83065	-1020	83193	11039
Nvert Min	RA12	48413	-234	2896	9485	51100	983	51182	9488
Vtrasv Max	RA3	52297	360	-4496	11099	82905	-930	83027	11105
Vtrasv Min	RA12	48413	-234	2896	9485	51100	983	51182	9488
Mtrasv Max	RA1	48413	-234	2896	9485	51100	983	51182	9488
Mtrasv Min	RA12	50587	240	-6732	10796	72815	1717	73126	10799
Vlong Max	RA7	50538	220	-6375	11584	80172	2493	80425	11586
Vlong Min	RA12	48413	-234	2896	9485	51100	983	51182	9488
Mlong Max	RA12	52486	350	-4597	11033	83065	-1020	83193	11039
Mlong Min	RA6	48413	-234	2896	9485	51100	983	51182	9488
Mtorc Max	RA7	50538	220	-6375	11584	80172	2493	80425	11586
Mtorc Min	RA10	52486	350	-4597	10487	77822	-1040	77958	10493
Nvert Max	FR1	51519	263	-3448	10370	73932	-765	74012	10374
Nvert Min	FR12	48465	-176	2172	9122	49119	737	49167	9124
Vtrasv Max	FR3	51378	270	-3372	10420	73811	-697	73888	10423
Vtrasv Min	FR12	48465	-176	2172	9122	49119	737	49167	9124
Mtrasv Max	FR1	48465	-176	2172	9209	49958	737	50005	9211
Mtrasv Min	FR12	50095	180	-5049	10105	65405	1287	65600	10107
Vlong Max	FR7	50058	165	-4781	10783	71762	1870	71921	10785
Vlong Min	FR12	48465	-176	2172	9122	49119	737	49167	9124
Mlong Max	FR12	51519	263	-3448	10370	73932	-765	74012	10374
Mlong Min	FR6	48465	-176	2172	9122	49119	737	49167	9124
Mtorc Max	FR7	50058	165	-4781	10783	71762	1870	71921	10785
Mtorc Min	FR10	51519	263	-3448	9873	69160	-780	69246	9877
Nvert Max	QP1	48620	0	0	8382	46530	0	46530	8382
Nvert Min	QP12	48620	0	0	8032	43174	0	43174	8032
Vtrasv Max	QP1	48620	0	0	8382	46530	0	46530	8382
Vtrasv Min	QP12	48620	0	0	8032	43174	0	43174	8032
Mtrasv Max	QP1	48620	0	0	8382	46530	0	46530	8382
Mtrasv Min	QP12	48620	0	0	8032	43174	0	43174	8032
Vlong Max	QP1	48620	0	0	8382	46530	0	46530	8382
Vlong Min	QP12	48620	0	0	8032	43174	0	43174	8032
Mlong Max	QP1	48620	0	0	8382	46530	0	46530	8382
Mlong Min	QP12	48620	0	0	8032	43174	0	43174	8032
Mtorc Max	QP1	48620	0	0	8382	46530	0	46530	8382
Mtorc Min	QP12	48620	0	0	8032	43174	0	43174	8032

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	9

Tabella 4. Azioni all'intradosso della Spalla 02

Combinazione		Azioni							
		Fz	Fx	My	Fy	Mx	Mz	M	H
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]
Nvert Max	SLU6	75524	363	-4995	14796	108001	-1510	108117	14800
Nvert Min	SLU24	48741	-351	4344	10139	57214	1475	57378	10145
Vtrasv Max	SLU3	72841	530	-6801	14796	96734	-2211	96973	14805
Vtrasv Min	SLU24	48741	-351	4344	10139	57214	1475	57378	10145
Mtrasv Max	SLU6	66796	-351	4344	14592	69388	1475	69524	14596
Mtrasv Min	SLU24	52373	356	-10780	10692	77781	-1480	78525	10698
Vlong Max	SLU11	72841	530	-6801	14796	96734	-2211	96973	14805
Vlong Min	SLU20	49050	0	0	10068	57829	-7	57829	10068
Mlong Max	SLU2	75524	363	-4995	14796	108001	-1510	108117	14800
Mlong Min	SLU19	48741	-351	4344	10139	57214	1475	57378	10145
Mtorc Max	SLU2	66796	-351	4344	14592	69388	1475	69524	14596
Mtorc Min	SLU15	54786	530	-6801	10692	87915	-2211	88178	10706
Nvert Max	SLV5	56502	4471	-27046	13341	79636	-3230	84104	14070
Nvert Min	SLV6	41598	4471	-27046	13341	68870	-3230	73990	14070
Vtrasv Max	SLV3	51286	14903	-90154	13341	75868	-10767	117829	20002
Vtrasv Min	SLV6	41598	4471	-27046	13341	68870	-3230	73990	14070
Mtrasv Max	SLV1	51286	4471	-27046	24913	134512	-3230	137204	25311
Mtrasv Min	SLV6	46815	14903	-90154	13341	72638	-10767	115776	20002
Vlong Max	SLV1	51286	4471	-27046	24913	134512	-3230	137204	25311
Vlong Min	SLV6	41598	4471	-27046	13341	68870	-3230	73990	14070
Mlong Max	SLV1	51286	4471	-27046	24913	134512	-3230	137204	25311
Mlong Min	SLV4	41598	4471	-27046	13341	68870	-3230	73990	14070
Mtorc Max	SLV5	56502	4471	-27046	13341	79636	-3230	84104	14070
Mtorc Min	SLV4	46815	14903	-90154	13341	72638	-10767	115776	20002
Nvert Max	RA1	53275	308	-4199	9933	76600	-1286	76715	9938
Nvert Min	RA12	48844	-234	2896	9485	53690	983	53768	9488
Vtrasv Max	RA3	53065	360	-4662	9933	75718	-1504	75862	9940
Vtrasv Min	RA12	48844	-234	2896	9485	53690	983	53768	9488
Mtrasv Max	RA1	48844	-234	2896	9485	53690	983	53768	9488
Mtrasv Min	RA12	51461	220	-7363	9436	64209	-931	64630	9439
Vlong Max	RA11	53065	360	-4662	9933	75718	-1504	75862	9940
Vlong Min	RA8	53275	308	-4199	9387	71357	-1305	71480	9392
Mlong Max	RA12	53275	308	-4199	9933	76600	-1286	76715	9938
Mlong Min	RA6	48844	-234	2896	9485	53690	983	53768	9488
Mtorc Max	RA12	48844	-234	2896	9485	53690	983	53768	9488
Mtorc Min	RA3	53065	360	-4662	9933	75718	-1504	75862	9940
Nvert Max	FR1	52219	231	-3149	9545	69730	-964	69801	9548
Nvert Min	FR12	48895	-176	2172	9122	51709	737	51754	9124
Vtrasv Max	FR3	52061	270	-3496	9545	69069	-1128	69157	9549

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	10

Vtrasv Min	FR12	48895	-176	2172	9122	51709	737	51754	9124
Mtrasv Max	FR1	48895	-176	2172	9209	52548	737	52592	9211
Mtrasv Min	FR12	50858	165	-5522	9085	59598	-698	59853	9087
Vlong Max	FR11	52061	270	-3496	9545	69069	-1128	69157	9549
Vlong Min	FR8	52219	231	-3149	9048	64959	-979	65035	9051
Mlong Max	FR12	52219	231	-3149	9545	69730	-964	69801	9548
Mlong Min	FR6	48895	-176	2172	9122	51709	737	51754	9124
Mtorc Max	FR12	48895	-176	2172	9209	52548	737	52592	9211
Mtorc Min	FR3	52061	270	-3496	9458	68230	-1128	68319	9462
Nvert Max	QP1	49050	0	0	8382	49120	0	49120	8382
Nvert Min	QP12	49050	0	0	8032	45764	0	45764	8032
Vtrasv Max	QP1	49050	0	0	8382	49120	0	49120	8382
Vtrasv Min	QP12	49050	0	0	8032	45764	0	45764	8032
Mtrasv Max	QP1	49050	0	0	8382	49120	0	49120	8382
Mtrasv Min	QP12	49050	0	0	8032	45764	0	45764	8032
Vlong Max	QP1	49050	0	0	8382	49120	0	49120	8382
Vlong Min	QP12	49050	0	0	8032	45764	0	45764	8032
Mlong Max	QP1	49050	0	0	8382	49120	0	49120	8382
Mlong Min	QP12	49050	0	0	8032	45764	0	45764	8032
Mtorc Max	QP1	49050	0	0	8382	49120	0	49120	8382
Mtorc Min	QP12	49050	0	0	8032	45764	0	45764	8032

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	11

6 CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO PER LE VERIFICHE NEI CONFRONTI DEL COLLASSO PER CARICHI VERTICALI

La resistenza di progetto dipende dal numero di verticali indagate e dalla tecnologia di esecuzione. In linea generale si può scrivere

$$R_d = S_d + P_d = \frac{S_k}{\gamma_s} + \frac{P_k}{\gamma_b} = \frac{S_{lim}}{\xi_3 \gamma_s} + \frac{P_{lim}}{\xi_3 \gamma_b} \quad (1)$$

in cui ξ_3 è un coefficiente che tiene conto del numero di verticali indagate e (γ_b, γ_s) sono i coefficienti parziali della resistenza alla punta e sulla laterale. Nel caso dei pali trivellati, si ha $\gamma_b = 1,35$ e $\gamma_s = 1,15$. Per il coefficiente ξ_3 si applica lo stesso valore del progetto definitivo.

Le capacità assiali di progetto a compressione, N_u , e a sfilamento, S_u , utili ai fini della costruzione dei domini di collasso si valutano con le equazioni:

$$N_u = R_d - P$$

$$S_u = S_d \frac{\gamma_s}{\gamma_{st}} + P \quad (2)$$

in cui $\gamma_{st} = 1,25$ è il coefficiente parziale della resistenza allo sfilamento e P il peso del palo. Nel caso dei terreni stratificati si pone:

$$S_{lim} = \pi d \sum_i s_{limi}(z)$$

in cui s_{limi} è la resistenza unitaria alla profondità z sul fusto di palo nel tratto i -esimo.

Terreni coesivi a grana fine

Nei terreni coesivi a grana fine, la resistenza unitaria lungo il fusto del palo può essere valutata con l'equazione di O'Neill & Reese (1999):

$$s_{lim} = \alpha c_u$$

$$\frac{c_u}{p_a} \leq 1.5 \quad \alpha = 0.55$$

$$1.5 \leq \frac{c_u}{p_a} \leq 2.5 \quad \alpha = 0.55 - 0.1 \cdot \left(\frac{c_u}{p_a} - 1.5 \right) \quad (3)$$

$$\frac{c_u}{p_a} \geq 2.5 \quad \alpha = 0.45$$

$$p_a = 100 \text{ kPa}$$

Fleming et al. (2009) suggeriscono invece di adottare un valore del coefficiente di adesione nell'intervallo $[0.5; 0.6]$, in sostanziale accordo con O'Neill & Reese. In alternativa si può utilizzare l'espressione di Salgado (2006)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	12

$$s_{lim} = \alpha c_u$$

$$\alpha = 0.4 \left[1 - 0.12 \ln \frac{c_u}{p_a} \right] \quad (4)$$

Si deve tenere conto tuttavia che la (3) conduce a previsioni molto cautelative nei casi in cui OCR è inferiore a 3. Essa è invece particolarmente affidabile nel caso in cui OCR si trovi nell'intervallo [3; 5]. In assenza di indicazioni specifiche sul profilo del grado preconsolidazione, si farà pertanto riferimento alle formule di O'Neill & Reese (1999).

Per la resistenza di calcolo alla punta si pone invece:

$$P_{lim} = \frac{\pi d^2}{4} (\sigma_{vL} + N_c c_{up}) \quad (5)$$

in cui c_{up} è il valore medio della coesione non drenata nell'intervallo $[L-4d, L+d]$ e σ_{vL} la tensione verticale totale alla profondità della punta del palo. Ai fini applicativi si assume $N_c = 9$ (Skempton 1951).

Nel caso dei pali nei terreni coesivi, oppure in alternanze che siano prevalentemente costituite da terreni coesivi a grana fine, si applica un coefficiente riduttivo η (efficienza) alla capacità assiale a compressione N_u pari a 0,9 per tenere conto dell'effetto di gruppo (Fleming et al. 2009, de Sanctis et al. 2021b).

Terreni incoerenti a grana grossa

Nei terreni di permeabilità medio-elevata, la resistenza unitaria sul fusto si può esprimere con l'equazione:

$$s_{lim}(z) = \mu k \cdot \sigma'_v(z) \quad (6)$$

in cui $\mu = \tan \phi$ = coefficiente di attrito; k = coefficiente che tiene conto della tecnologia di esecuzione dei pali (= 0,7 per i pali trivellati di grande diametro), $\sigma'_v(z)$ = tensione verticale efficace alla profondità generica z .

La resistenza unitaria alla punta può essere invece valutata con l'equazione:

$$P_{lim} = N_q^* \sigma'_{vL} \quad (7)$$

in cui σ'_{vL} è la tensione verticale efficace alla profondità della punta del palo ed N_q il coefficiente di carico limite ridotto per i pali di grande diametro (Berezantsev 1965). A tal riguardo si precisa che si è fatto riferimento all'abaco pubblicato nelle Raccomandazioni AGI (1984).

6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO PER LE VERIFICHE NEI CONFRONTI DEL COLLASSO PER CARICHI INCLINATI

Nella valutazione della capacità laterale dei gruppi si può tenere conto in modo conveniente dell'interazione fra le componenti dell'azione risultante, e cioè il carico assiale, il carico laterale e il momento. Iovino et al. (2021b) hanno elaborato un algoritmo incrementale per la costruzione del dominio di collasso nello spazio delle azioni che si può considerare una soluzione del teorema statico. L'interazione fra le componenti del carico applicato è sempre favorevole, infatti al crescere del carico assiale aumenta la capacità laterale del gruppo, mentre la componente momento ha soltanto un'influenza molto modesta sulla capacità laterale,

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	13

tant'è che è sufficiente fare riferimento alla sezione della superficie di collasso nello spazio delle azioni per $M = 0$.

Il dominio di collasso della palificata nel piano (Q, H) può essere costruito in modo agevole partendo dai valori estremi delle capacità laterali del gruppo:

$$H_{dc} = \eta_h n \frac{H_k(M_{yc})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yc})}{\xi_3 \gamma_{tr}} \quad (11)$$

$$H_{dt} = \eta_h n \frac{H_k(M_{yt})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yt})}{\xi_3 \gamma_{tr}}$$

in cui η_h è l'efficienza sotto azioni orizzontali, H_{lim} la capacità laterale del palo isolato, che è funzione del momento di plasticizzazione della sezione del palo, M_{yc} il momento di plasticizzazione della sezione del palo in corrispondenza di $(N_u - P)$ ed M_{yt} il momento di plasticizzazione in corrispondenza di $[-(S_u + P)]$.

Il carico limite orizzontale si valuta con la teoria di Broms (1964a,b) per pali impediti di ruotare in testa. Il meccanismo di collasso, se non diversamente specificato, è quello di palo lungo. In questa circostanza, nel caso di terreni coesivi si ha

$$H_{lim}(M_y) = -13.5 c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}} \quad (12)$$

mentre per terreni incoerenti, si ha:

$$H_{lim}(M_y) = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2} \quad (13)$$

in cui c_u è la coesione non drenata nello strato di terreno compreso fra le due cerniere plastiche e k_p il coefficiente di spinta passiva nell'ipotesi di contatto palo-terreno liscio. Ai fini della costruzione del dominio di plasticizzazione (N, M_y) della sezione strutturale del palo, si utilizza la soluzione in forma chiusa di Di Laora et al. (2020), in cui l'armatura è assimilata a un tubo sottile di acciaio di spessore equivalente. Per le resistenze caratteristiche dei materiali e i coefficienti parziali si assume infine

$$R_{ck} = 30 MPa$$

$$f_{yk} = 450 MPa$$

$$\gamma_s = 1$$

$$\gamma_c = 1$$
(14)

La frontiera del dominio di collasso di Iovino et al. (2021a) nei piani paralleli al piano (Q, H) può essere convenientemente idealizzata con un trapezio passante per i punti di coordinate:

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	14

$$A \equiv (Q_1, H_1)$$

$$B \equiv (Q_2, H_2)$$

$$Q_1 = \frac{Q_c + Q_t}{2} - \frac{Q_c - Q_t}{2} \sqrt{1 - \frac{M}{M_{\max}}}$$

$$Q_2 = \frac{Q_c + Q_t}{2} + \frac{Q_c - Q_t}{2} \sqrt{1 - \frac{M}{M_{\max}}}$$

(15)

$$H = H_t + i(Q - Q_t)$$

$$i = \frac{H_{dc} - H_{dt}}{Q_c - Q_t}$$

$$Q_t = -n \cdot (S_u + P)$$

$$Q_c = n \cdot (N_u - P)$$

in cui M_{\max} è il valore massimo del momento ultimo del gruppo di pali. Si tenga conto che, per un dato valore del momento M , la frontiera ha la concavità verso il basso, e dunque la linea passante per i punti A e B identifica un minorante della capacità laterale del gruppo di pali per qualunque valore di Q (Iodice et al. 2022). Come si è già detto, è sufficiente considerare la sezione della frontiera che passa per $M = 0$. In tal caso i punti A e B hanno coordinate:

$$A \equiv (Q_t, H_{dt})$$

$$B \equiv (Q_c, H_{dc})$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	15

7. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV VERTICALE

Vengono di seguito rappresentati i domini di resistenza con il quale sono state dimensionate le lunghezze dei pali. Per le ipotesi riguardanti il calcolo delle curve di capacità portante verticale a compressione ed a trazione si faccia riferimento alla relazione geotecnica generale.

Verranno mostrati i domini di resistenza con la soluzione del progetto esecutivo. Il progetto esecutivo del viadotto oggetto della presente è eseguito utilizzando i domini di collasso di Di Laora et al. (2019), di seguito definiti Innovativi. Nello specifico, si procederà alla rappresentazione dei domini di collasso innovativi in cui il vettore momento risultante è lungo all'asse X ($\alpha = 0^\circ$), all'asse Y ($\alpha = 90^\circ$) o inclinato di un angolo α rispetto all'asse X corrispondente alla diagonale del rettangolo che inscrive il sistema di pali.

Si fa presente che le azioni utilizzate per il dimensionamento tramite la teoria dei domini di collasso sono l'azione verticale e la composizione vettoriale dei momenti sollecitanti l'intradosso della fondazione. Se queste ultime saranno comprese nei domini di collasso calcolato con $\alpha = 0$, angolo α corrispondente alla diagonale del rettangolo che inscrive il sistema di pali e $\alpha = 90^\circ$, risulta ovvio che saranno verificate con tutti i possibili α .

7.1 SPALLA 01

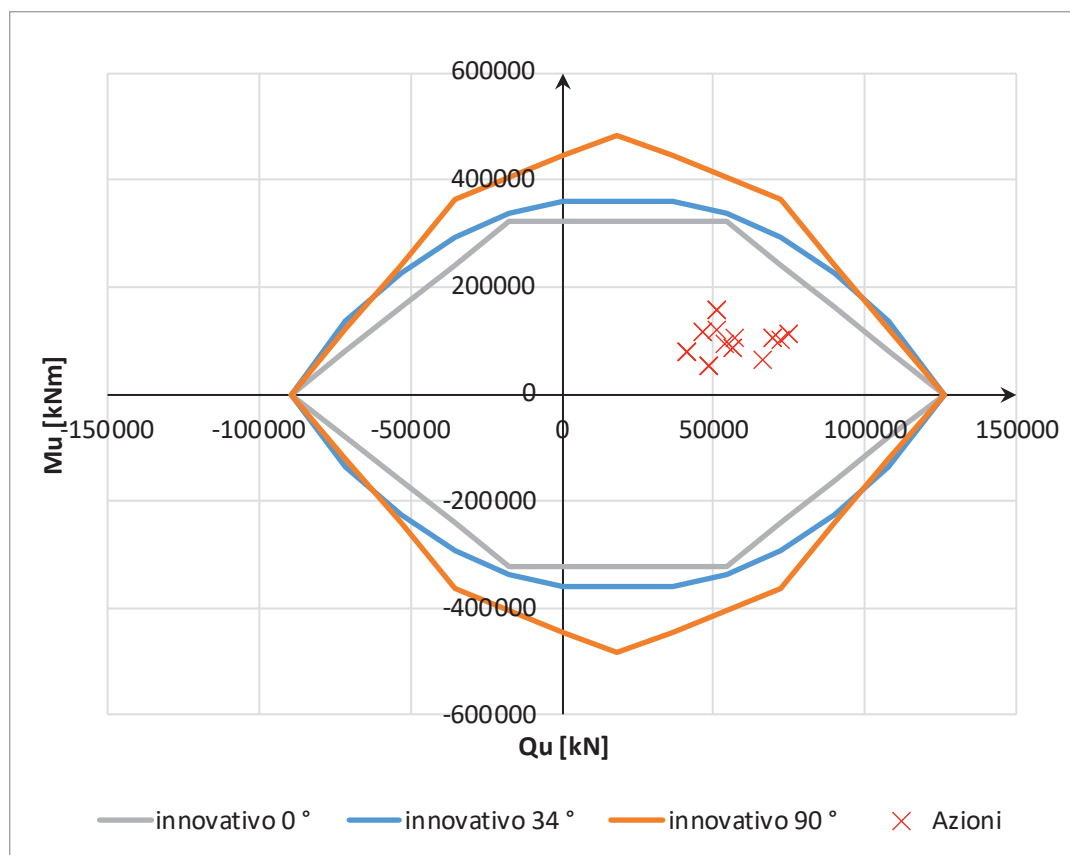
Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

Tabella 5. Resistenze di progetto.

Resistenze		
L_p	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
$[m]$	$[kN]$	$[kN]$
36.0	10487	7439

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	16



7.2 SPALLA 02

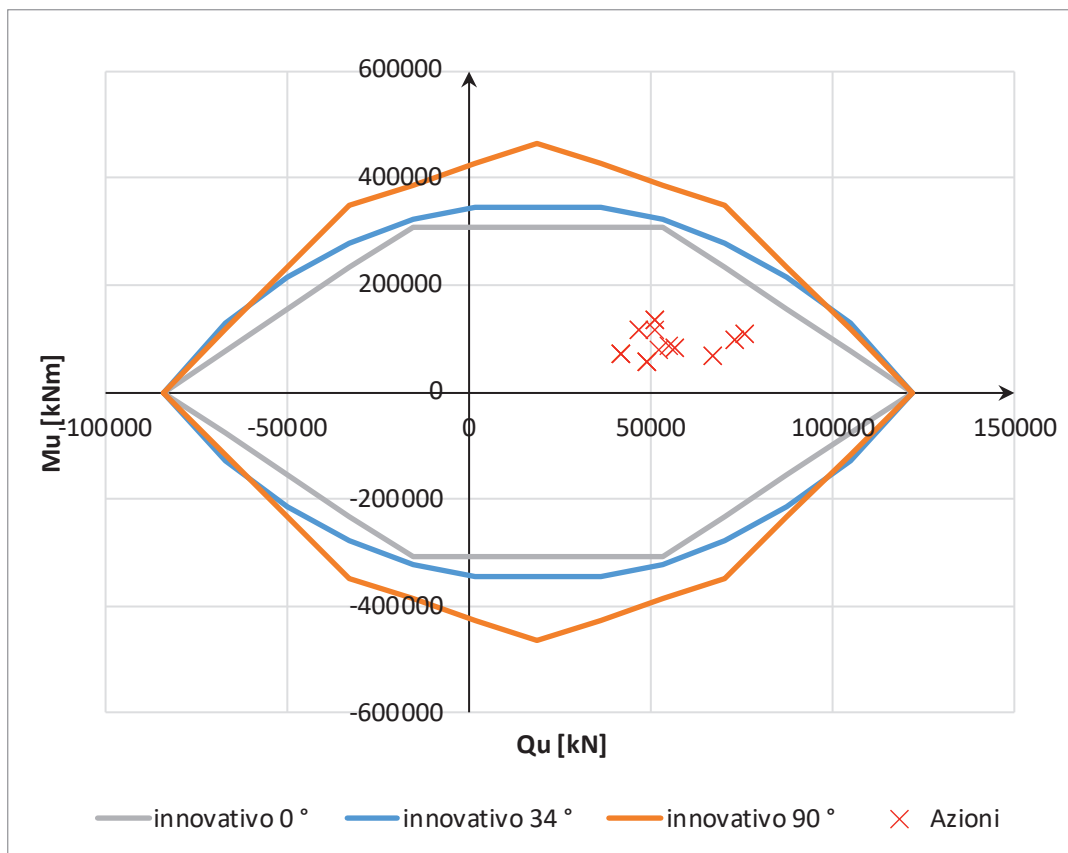
Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

Tabella 6. Resistenze di progetto.

Resistenze		
L_p	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
34.0	10154	7031

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	17



MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 13 03			PROGR 005

8. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV ORIZZONTALE

Analogamente ai domini di collasso nel piano Q-M (verticale – momento) è possibile rappresentare i domini di collasso della palificata nel piano Q-H (verticale – orizzontale).

La rappresentazione dei domini di collasso delle palificate nel piano Q-H (verticale – orizzontale) richiede, in primis, la determinazione dei momenti resistenti M_y dei pali, dai quali è possibile conoscere la resistenza orizzontale palo-terreno secondo la teoria di Broms. Si fa notare che l'indicazione M_y rappresenta il valore del momento resistente utilizzando valori unitari dei coefficienti di sicurezza sull'acciaio (γ_s) ed il cls (γ_c).

Tali momenti resistenti M_y , essendo dipendenti dallo sforzo normale agente sul palo stesso, sono stati determinati in corrispondenza dei valori limite (Nu-P) → resistenza verticale a compressione ed Su +P → resistenza verticale a trazione. Il calcolo del momento resistente M_y e del momento resistente M_{rd} (con $\gamma_s = 1.15$ e $\gamma_c = 1.5$) è stato condotto utilizzando la formula proposta da Di Laora et al. (2019).

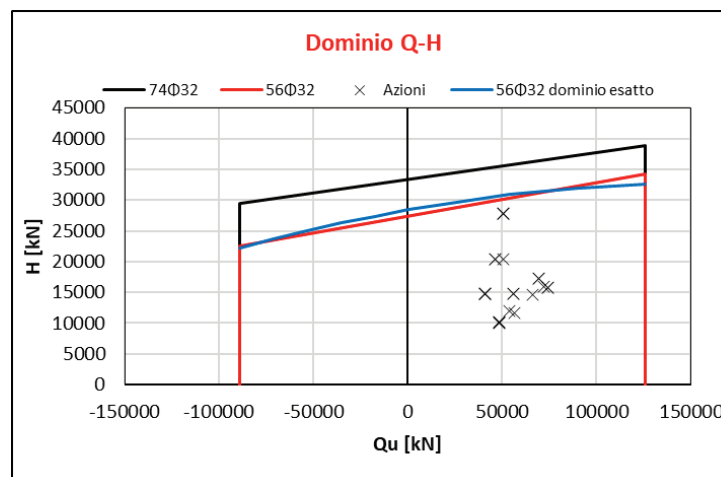
Il calcolo della resistenza orizzontale limite del terreno è stato effettuato considerando le reali successioni di strati di terreno a partire dalla quota testa palo che presenta un affondamento di 2.5m da piano campagna. Utilizzando la teoria di Broms non è possibile tenere conto del sovrappeso dato dal terreno eventualmente disposto al di sopra della quota testa palo. L'eventuale presenza di terreno al di sopra della quota testa palo, in grado di incrementare la resistenza orizzontale del terreno, è stata quindi cautelativamente trascurata.

L'adozione della relazione di Di Laora et al. (2020) conduce ad una lieve sovrastima del momento di plasticizzazione della sezione del palo. Questo comporterebbe un leggero incremento dei valori di H nel dominio Q-H rispetto al calcolo dello stesso effettuato con i momenti di plasticizzazione della sezione del palo attraverso il metodo rigoroso.

Tuttavia, la frontiera del dominio di collasso è stata idealizzata in via cautelativa con una retta che passa per i punti di coordinate A (Q_t , H_{dt}) e B (Q_c , H_{dc}). Questa retta identifica un minorante della capacità laterale per ogni valore del carico assiale, posto che la frontiera è una funzione di forma parabolica con la concavità verso il basso che passa per A e per B (Iovino et al. 2021).

Nella figura di seguito è rappresentato, per il caso più gravoso e relativo alla Spalla 01, in linea blu il dominio valutato combinando i valori esatti di M_y con la funzione parabolica e per confronto il dominio trapezio ottenuto applicando la soluzione approssimata di Di Laora et al. (2020). Lo scostamento fra i due domini è irrilevante e sul punto non vale la pena soffermarsi oltre.

MOMENTI RESISTENTI DELLA SEZIONE DEL PALO	$M_y (R_{c,d})$	$M_y (R_{tr,d})$
	[kNm]	[kNm]
Soluzione esatta	12985	7630
Di Laora et al. (2020)	13899	7792



MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione di calcolo Pali di fondazione		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	19

8.1 PALIFICATA SPALLA 01

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature utilizzate (56 Φ 32):

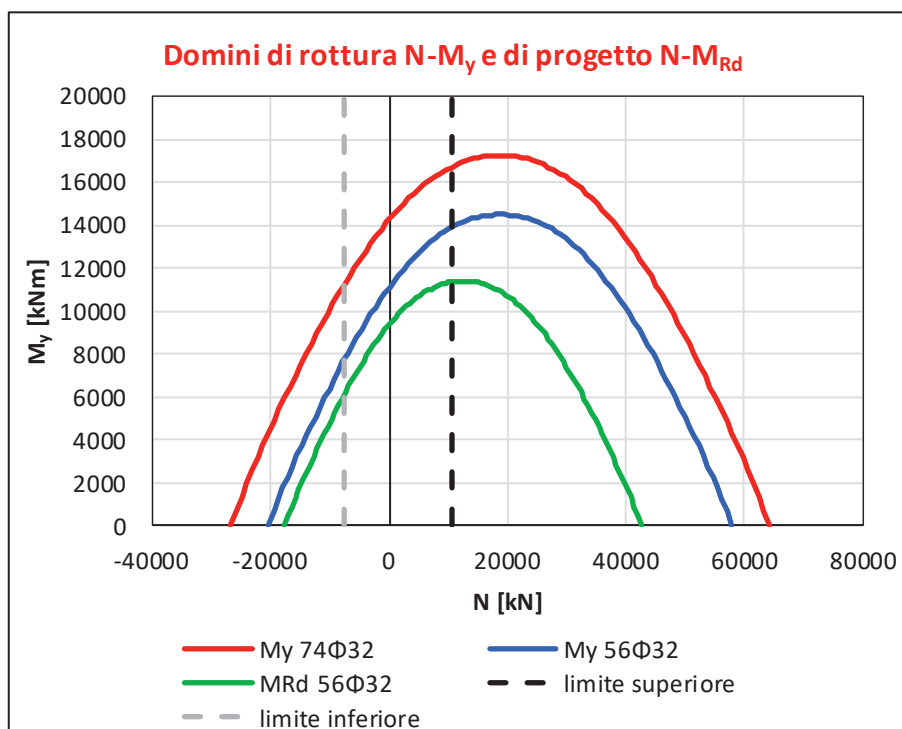


Figura 4. Dominio della sezione del palo con armature utilizzate.

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ($H_{\text{singolo palo}}$).

Tabella 7. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale.

Casi di calcolo				
Armatura	L _p	R _d	M _{Rd}	H _{singolo palo}
	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
56 Φ 32	36.0	10487	13899	3163
		-7439	7792	2082

A partire dai valori del carico limite orizzontale del palo singolo è possibile calcolare il carico limite orizzontale del gruppo di pali utilizzando un'efficienza pari a 0.9. Vengono quindi di seguito riportati i punti caratteristici del dominio Q-H:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 13 03			PROGR 005

Tabella 8. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H

Q_{tot}	H_{tot}
[kN]	[kN]
125840	0
125840	34165
-89269	22489
-89269	0

Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:

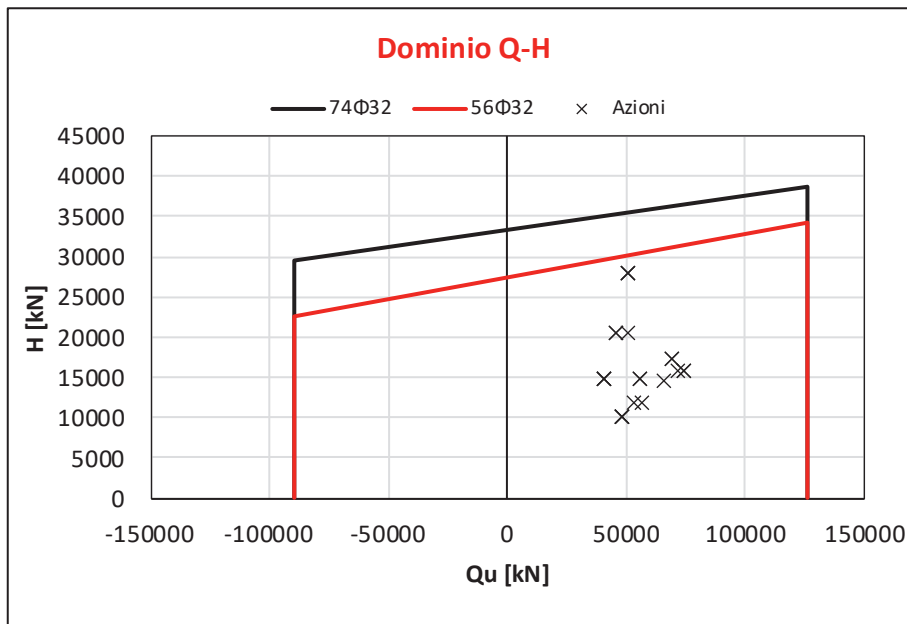


Figura 5. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	21

8.2 PALIFICATE SPALLA 02

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature utilizzate (50Φ32):

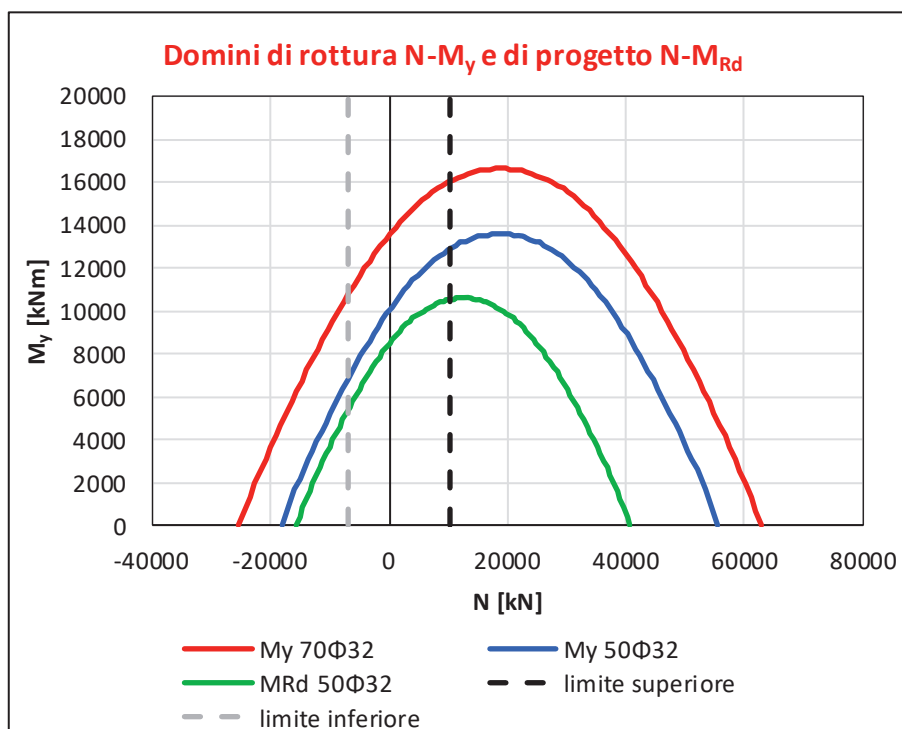


Figura 6. Dominio della sezione del palo con armature utilizzate.

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ($H_{\text{singolo palo}}$).

Tabella 9. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale.

Casi di calcolo				
Armatura	L_p	R_d	M_{Rd}	$H_{\text{singolo palo}}$
	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
50Φ32	34.0	10154	12903	3003
		-7031	6794	1878

A partire dai valori del carico limite orizzontale del palo singolo è possibile calcolare il carico limite orizzontale del gruppo di pali utilizzando un'efficienza pari a 0.9. Vengono quindi di seguito riportati i punti caratteristici del dominio Q-H:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 13 03			PROGR 005

Tabella 10. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H

Q_{tot}	H_{tot}
[kN]	[kN]
121848	0
121848	32431
-84375	20277
-84375	0

Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:

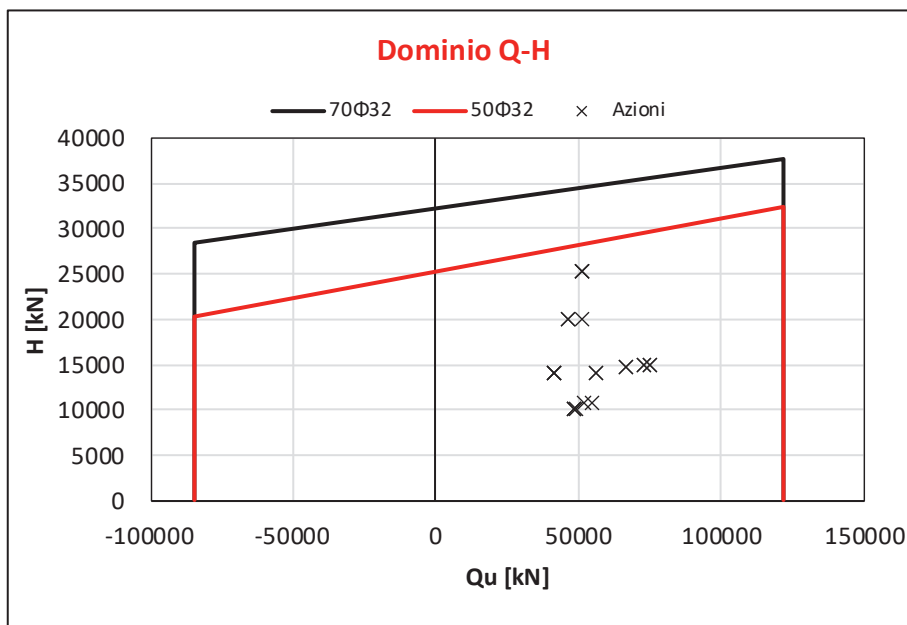


Figura 7. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche risultano soddisfatte con l'armature predisposta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	23

9. VERIFICHE GEOTECNICHE SLE

Le verifiche geotecniche SLE sono state condotte con i seguenti approcci:

- Con riferimento alle indicazioni del MdP di RFI ($N_{ed,max} < Q_{II}/1.25$);
- Calcolando i massimi cedimenti e rotazioni della palificata;
- È stato inoltre calcolato l'andamento del momento e del taglio lungo lo sviluppo del palo per poter condurre le verifiche a fessurazione del palo (non oggetto della presente relazione);

Ai fini dell'individuazione del palo più caricato a sforzo assiale nelle combinazioni SLE è stata usata la ben nota distribuzione a piastra rigida (Viggiani et al. 2011) delle azioni all'intradosso fondazione:

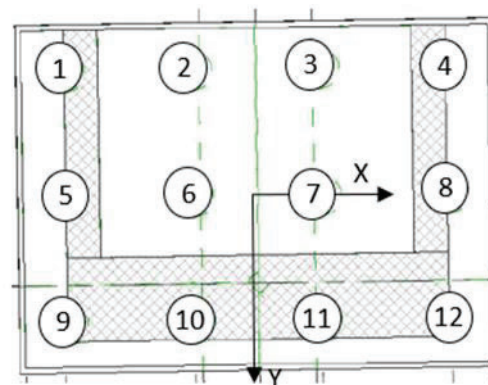
$$N_i = \frac{Q}{p} + \frac{M_y}{\sum x_i^2} x_i + \frac{M_x}{\sum y_i^2} y_i$$

Per quanto riguarda l'individuazione dei massimi cedimenti e rotazioni della palificata si è fatto uso del software PIGLET. Per i dettagli riguardanti le ipotesi di calcolo alla base del software PIGLET si faccia riferimento alla relazione geotecnica.

I diagrammi del momento e del taglio lungo il palo sono stati ottenuti con la teoria di Matlock e Reese (1960).

9.1 PALIFICATE SPALLA 01

9.1.1 Verifica secondo MdP di RFI



Basandosi sulla numerazione dei pali già presentata in

Figura 3 e sulle azioni SLE presentate al capitolo 5 è possibile valutare lo sforzo assiali su ogni palo per ogni combinazione.

È inoltre presentato il valore del taglio sollecitante sul palo singolo ottenuto banalmente dividendo la somma vettoriale dei tagli sollecitanti l'intradosso della fondazione rispetto al numero di pali.

Tabella 11. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLE secondo la teoria della piastra rigida.

Ripartizione delle azioni SLE sui pali della palificata															
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	H _{max} , singolo palo	M _{max} , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	RA1	2169	2101	2032	1964	4476	4408	4340	4272	6783	6715	6647	6579	920	3339
Nvert Min	RA12	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	24

Vtrasv Max	RA3	2155	2088	2022	1955	4458	4391	4325	4258	6761	6694	6628	6561	925	3359
Vtrasv Min	RA12	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Mtras v Max	RA1	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Mtras v Min	RA12	2343	2243	2143	2043	4365	4265	4166	4066	6388	6288	6188	6089	900	3267
Vlong Max	RA7	2126	2032	1937	1843	4353	4259	4164	4070	6580	6486	6391	6297	966	3505
Vlong Min	RA12	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Mlong Max	RA12	2169	2101	2032	1964	4476	4408	4340	4272	6783	6715	6647	6579	920	3339
Mlong Min	RA6	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Mtorc Max	RA7	2126	2032	1937	1843	4353	4259	4164	4070	6580	6486	6391	6297	966	3505
Mtorc Min	RA10	2314	2246	2178	2110	4476	4408	4340	4272	6638	6570	6502	6433	874	3174
Nvert Max	FR1	2316	2265	2214	2163	4370	4319	4268	4217	6424	6372	6321	6270	864	3138
Nvert Min	FR12	2626	2658	2690	2723	3990	4023	4055	4087	5355	5387	5419	5451	760	2760
Vtrasv Max	FR3	2306	2256	2206	2156	4356	4306	4256	4207	6407	6357	6307	6257	869	3153
Vtrasv Min	FR12	2626	2658	2690	2723	3990	4023	4055	4087	5355	5387	5419	5451	760	2760
Mtras v Max	FR1	2603	2635	2667	2699	3990	4023	4055	4087	5378	5410	5443	5475	768	2786
Mtras v Min	FR12	2470	2395	2320	2246	4287	4212	4137	4062	6104	6029	5954	5879	842	3057
Vlong Max	FR7	2284	2214	2143	2072	4278	4207	4136	4065	6271	6200	6129	6059	899	3262
Vlong Min	FR12	2626	2658	2690	2723	3990	4023	4055	4087	5355	5387	5419	5451	760	2760
Mlong Max	FR12	2316	2265	2214	2163	4370	4319	4268	4217	6424	6372	6321	6270	864	3138
Mlong Min	FR6	2626	2658	2690	2723	3990	4023	4055	4087	5355	5387	5419	5451	760	2760
Mtorc Max	FR7	2284	2214	2143	2072	4278	4207	4136	4065	6271	6200	6129	6059	899	3262
Mtorc Min	FR10	2449	2398	2347	2296	4370	4319	4268	4217	6291	6240	6189	6138	823	2988
Nvert Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Nvert Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Vtrasv Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Vtrasv Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Mtras v Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Mtras v Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Vlong Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Vlong Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Mlong Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Mlong Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	25	

Mtorc Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Mtorc Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430

Risulta essere facilmente individuabile il valore massimo dello sforzo normale sul singolo palo e da questo verificare lo SLE secondo MdP di Italferr:

Tabella 12. Verifica secondo MdP Italferr

Verifica SLE da MdP Italferr				
Lp	Ned	QL	QL/1.25	FS
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
36.0	6783.4	12680.4	10144.3	1.5

9.1.2 Determinazione cedimenti e rotazioni palificata

Per quanto riguarda l'identificazione dei valori massimi di cedimenti e rotazioni, sono stati utilizzati i seguenti parametri di input in PIGLET per il terreno e per i pali:

Tabella 13. Caratteristiche del terreno e dei pali

Soil details:			Symbols
Axial: Surface shear modulus, $G(0)$	96154	G_{0a}	
Axial: Shear modulus gradient, dG/dz	5769	Gm_a	
Axial: Shear modulus below base, G_b	153846	G_b	
Lateral: Surface shear modulus, $G(0)$	96154	G_{0l}	
Lateral: Shear modulus gradient, dG/dz	5769	Gm_l	
Poisson's ratio (all loading modes)	0.3	ν	
Pile details:			
Free-standing length	0	L_f	
Young's modulus: Free-standing part (axial)	0	E_{paf}	
Young's modulus: Embedded part (axial)	30000000	E_{pa}	
Young's modulus: Free-standing part (lateral)	0	$E_{p\ell xf}$	
Young's modulus: Embedded part (lateral: x-z)	30000000	$E_{p\ell x}$	
Young's modulus: Free-standing part (lateral)	0	$E_{p\ell yf}$	
Young's modulus: Embedded part (lateral: y-z)	30000000	$E_{p\ell y}$	
Piles pinned (0) to fixed (1) to pile cap	0	Fixity	

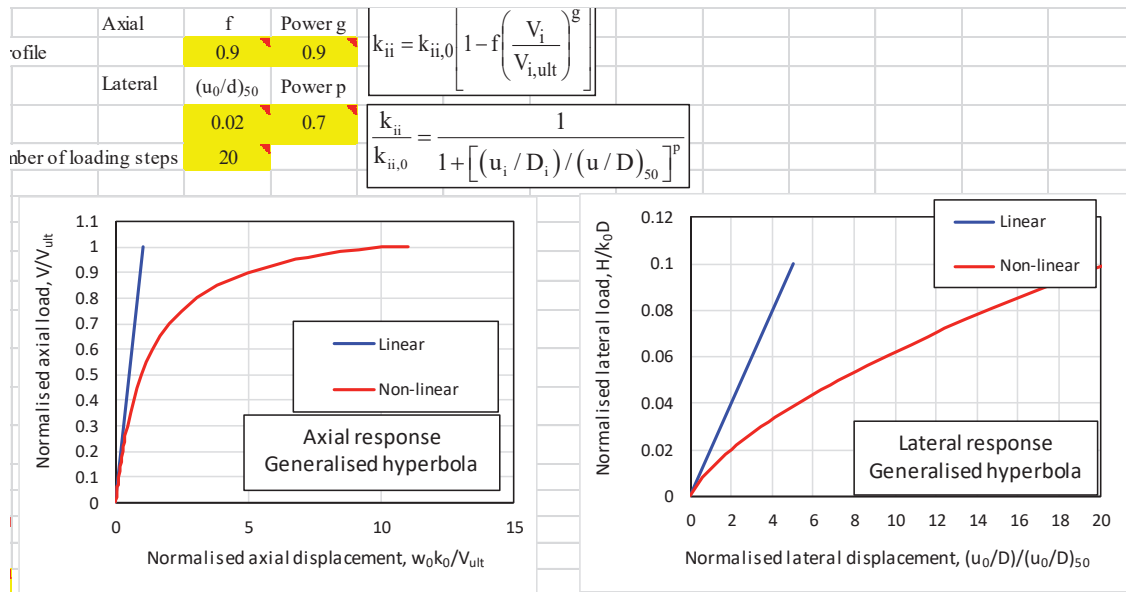
Tali parametri riflettono l'andamento della rigidità del terreno considerato attraverso una schematizzazione di terreno alla Gibson (incremento lineare della rigidità con la profondità). È inoltre possibile fornire in input il comportamento non lineare del palo attraverso l'indicazione della massima resistenza verticale a compressione ed a trazione (valori riportati al Cap.6). A partire da questi ultimi valori

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	26

è possibile modellare il comportamento non lineare della curva carico verticale – cedimento verticale e carico orizzontale – spostamento orizzontale del palo attraverso l'indicazione dei parametri di fitting $f, g, (u_0/d)_{50}, p$. Non essendo state realizzate prove di carico su pali si preferisce utilizzare i valori di default suggeriti dall'Autore (Randolph, 2021).

Tabella 14. Identificazione del comportamento non lineare del palo.



Vengono di seguito riportati i massimi valori di cedimento e di rotazione del plinto (nel baricentro del plinto) per tutte le combinazioni SLE.

Tabella 15. Valori di cedimenti e rotazioni calcolati per le combinazioni SLE tramite PIGLET.

ID Combinazione	Cedimenti e rotazioni del plinto					
	Cedimento verticale [m]	Cedimento orizzontale (x) [m]	Cedimento orizzontale (y) [m]	Rotazione (x su z) [rad]	Rotazione (y su z) [rad]	Torsione (x su y) [rad]
RA1	0.0054	0.0001	0.0028	0.0000	0.0004	0.0000
RA12	0.0047	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA3	0.0054	0.0001	0.0028	0.0000	0.0004	0.0000
RA12	0.0047	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA1	0.0047	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA12	0.0051	0.0001	0.0028	0.0000	0.0003	0.0000
RA7	0.0052	0.0001	0.0030	0.0000	0.0004	0.0000
RA12	0.0047	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA12	0.0054	0.0001	0.0028	0.0000	0.0004	0.0000
RA6	0.0047	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA7	0.0052	0.0001	0.0030	0.0000	0.0004	0.0000
RA10	0.0054	0.0001	0.0027	0.0000	0.0004	0.0000
FR1	0.0052	0.0001	0.0026	0.0000	0.0003	0.0000
FR12	0.0047	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR3	0.0052	0.0001	0.0027	0.0000	0.0003	0.0000
FR12	0.0047	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR1	0.0047	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0050	0.0000	0.0026	0.0000	0.0003	0.0000

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	27

FR7	0.0050	0.0000	0.0027	0.0000	0.0003	0.0000
FR12	0.0047	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0052	0.0001	0.0026	0.0000	0.0003	0.0000
FR6	0.0047	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR7	0.0050	0.0000	0.0027	0.0000	0.0003	0.0000
FR10	0.0052	0.0001	0.0025	0.0000	0.0003	0.0000
QP1	0.0047	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0047	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0047	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0047	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0047	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0047	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0047	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0047	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0047	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0047	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0047	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0047	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0047	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0047	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000

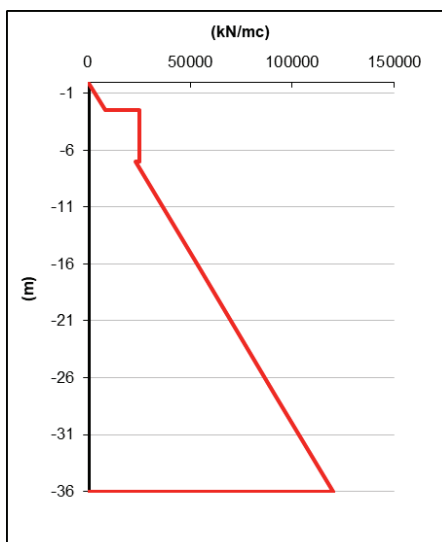
Come è possibile notare i valori di cedimenti e rotazioni sono notevolmente bassi e non in grado di pregiudicare difetti di livello trasversale e longitudinale per l'opera.

9.1.3 Diagrammi del momento e taglio per verifiche a fessurazione del palo.

Al fine delle verifiche a fessurazione del palo, non oggetto della presente relazione, è infine riportato il diagramma del momento e del taglio lungo il palo più caricato a taglio.

$$H_{\max, \text{singolo palo}} = 966 \text{ kN}$$

La distribuzione dei momenti e dei tagli lungo il palo è avvenuta tramite la teoria di Matlock e Reese (1960) facendo l'ipotesi cautelativa di palo impedito di ruotare in testa. Viene di seguito riportato l'andamento delle rigidezze all'interfaccia terreno-palo di fondazione necessarie per il calcolo dei momenti e tagli. Ulteriori dettagli circa il calcolo di k_h ed n_h sono forniti in relazione geotecnica.



LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	29

		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	palo	palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert	RA1	2405	2343	2281	2218	4533	4471	4408	4346	6661	6598	6536	6474	828	3006
Nvert	RA12	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Vtrasv	RA3	2422	2353	2284	2215	4526	4457	4388	4318	6629	6560	6491	6422	828	3007
Vtrasv	RA12	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Mtras	RA1	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Mtras	RA12	2668	2559	2450	2341	4452	4343	4234	4125	6236	6127	6017	5908	787	2855
Vlong	RA11	2422	2353	2284	2215	4526	4457	4388	4318	6629	6560	6491	6422	828	3007
Vlong	RA8	2551	2489	2426	2364	4533	4471	4408	4346	6515	6453	6391	6328	783	2841
Mlong	RA12	2405	2343	2281	2218	4533	4471	4408	4346	6661	6598	6536	6474	828	3006
Mlong	RA6	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Mtorc	RA12	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Mtorc	RA3	2422	2353	2284	2215	4526	4457	4388	4318	6629	6560	6491	6422	828	3007
Nvert	FR1	2485	2438	2391	2345	4422	4375	4328	4282	6358	6312	6265	6219	796	2888
Nvert	FR12	2590	2622	2654	2687	4026	4059	4091	4123	5463	5495	5527	5559	760	2760
Vtrasv	FR3	2498	2446	2394	2342	4416	4364	4313	4261	6335	6283	6231	6179	796	2889
Vtrasv	FR12	2590	2622	2654	2687	4026	4059	4091	4123	5463	5495	5527	5559	760	2760
Mtras	FR1	2567	2599	2631	2663	4026	4059	4091	4123	5486	5518	5550	5583	768	2786
Mtras	FR12	2705	2624	2542	2460	4361	4279	4197	4115	6016	5935	5853	5771	757	2749
Vlong	FR11	2498	2446	2394	2342	4416	4364	4313	4261	6335	6283	6231	6179	796	2889
Vlong	FR8	2617	2570	2524	2477	4422	4375	4328	4282	6226	6179	6133	6086	754	2738
Mlong	FR12	2485	2438	2391	2345	4422	4375	4328	4282	6358	6312	6265	6219	796	2888
Mlong	FR6	2590	2622	2654	2687	4026	4059	4091	4123	5463	5495	5527	5559	760	2760
Mtorc	FR12	2567	2599	2631	2663	4026	4059	4091	4123	5486	5518	5550	5583	768	2786
Mtorc	FR3	2521	2469	2417	2365	4416	4364	4313	4261	6311	6260	6208	6156	788	2862
Nvert	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Nvert	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Vtrasv	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Vtrasv	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Mtras	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Mtras	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Vlong	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA												
Relazione di calcolo Pali di fondazione						COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
						LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	30

Max															
Vlong Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Mlong Max	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Mlong Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Mtorc Max	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Mtorc Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430

Risulta essere facilmente individuabile il valore massimo dello sforzo normale sul singolo palo e da questo verificare lo SLE secondo MdP di Italferr:

Tabella 17. Verifica secondo MdP Italferr

Verifica SLE da MdP Italferr				
Lp	Ned	QL	QL/1.25	FS
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
34.0	6660.6	11979.4	9583.6	1.44

9.2.2 Determinazione cedimenti e rotazioni palificata

Per quanto riguarda l'identificazione dei valori massimi di cedimenti e rotazioni, sono stati utilizzati i seguenti parametri di input in PIGLET per il terreno e per i pali:

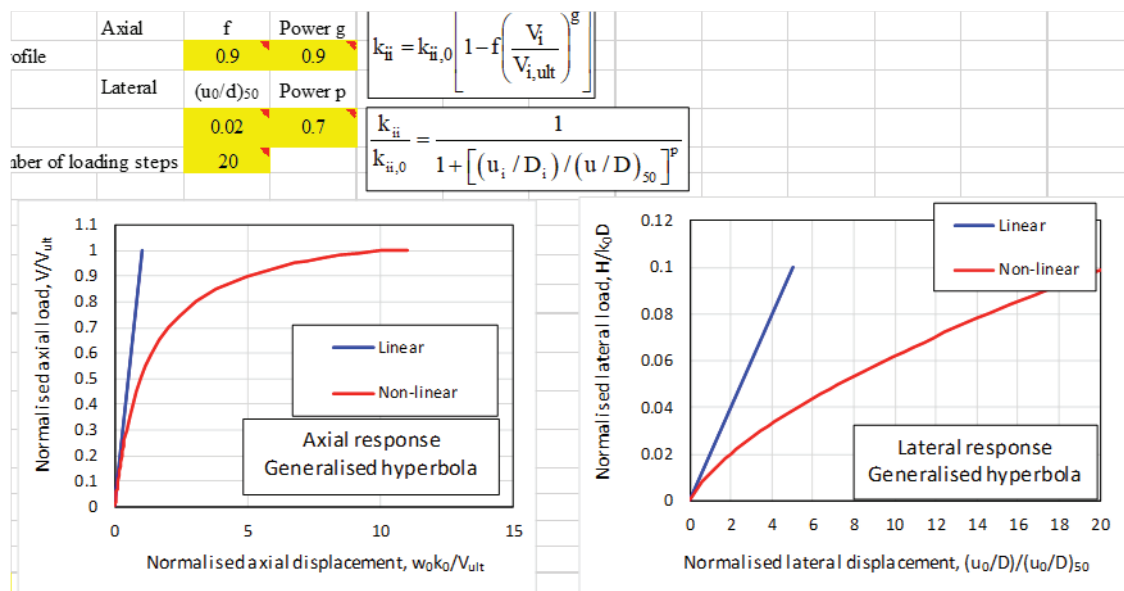
 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	31

Tabella 18. Caratteristiche del terreno e dei pali

Soil details:			Symbols
Axial: Surface shear modulus, $G(0)$		96154	G_{0a}
Axial: Shear modulus gradient, dG/dz		5769	Gm_a
Axial: Shear modulus below base, G_b		153846	G_b
Lateral: Surface shear modulus, $G(0)$		96154	G_{0l}
Lateral: Shear modulus gradient, dG/dz		5769	Gm_l
Poisson's ratio (all loading modes)		0.3	ν
Pile details:			
Free-standing length		0	L_f
Young's modulus: Free-standing part (axial)		0	E_{paf}
Young's modulus: Embedded part (axial)		30000000	E_{pa}
Young's modulus: Free-standing part (lateral: x-z)		0	$E_{p\ell xf}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: x-z)		30000000	$E_{p\ell x}$
Young's modulus: Free-standing part (lateral: y-z)		0	$E_{p\ell yf}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: y-z)		30000000	$E_{p\ell y}$
Piles pinned (0) to fixed (1) to pile cap		0	Fixity

Tali parametri riflettono l'andamento della rigidezza del terreno considerato attraverso una schematizzazione di terreno alla Gibson (incremento lineare della rigidezza con la profondità). È inoltre possibile fornire in input il comportamento non lineare del palo attraverso l'indicazione della massima resistenza verticale a compressione ed a trazione (valori riportati al Cap.6). A partire da questi ultimi valori è possibile modellare il comportamento non lineare della curva carico verticale – cedimento verticale e carico orizzontale – spostamento orizzontale del palo attraverso l'indicazione dei parametri di fitting $f, g, (u_0/d)_{50}, p$. Non essendo state realizzate prove di carico su pali si preferisce utilizzare i valori di default suggeriti dall'Autore (Randolph, 2021).

Tabella 19. Identificazione del comportamento non lineare del palo.



**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	32

Tabella 20. Valori di cedimenti e rotazioni calcolati per le combinazioni SLE tramite PIGLET.

Cedimenti e rotazioni del plinto						
ID Combinazione	Cedimento verticale	Cedimento orizzontale (x)	Cedimento orizzontale (y)	Rotazione (x su z)	Rotazione (y su z)	Torsione (x su y)
	[m]	[m]	[m]	[rad]	[rad]	[rad]
RA1	0.0056	0.0001	0.0025	0.0000	0.0004	0.0000
RA12	0.0048	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA3	0.0056	0.0001	0.0025	0.0000	0.0004	0.0000
RA12	0.0048	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA1	0.0048	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA12	0.0052	0.0001	0.0024	0.0000	0.0003	0.0000
RA11	0.0056	0.0001	0.0025	0.0000	0.0004	0.0000
RA8	0.0055	0.0001	0.0024	0.0000	0.0004	0.0000
RA12	0.0056	0.0001	0.0025	0.0000	0.0004	0.0000
RA6	0.0048	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA12	0.0048	-0.0001	0.0024	0.0000	0.0002	0.0000
RA3	0.0056	0.0001	0.0025	0.0000	0.0004	0.0000
FR1	0.0054	0.0001	0.0024	0.0000	0.0004	0.0000
FR12	0.0048	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR3	0.0054	0.0001	0.0024	0.0000	0.0003	0.0000
FR12	0.0048	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR1	0.0048	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0051	0.0000	0.0023	0.0000	0.0003	0.0000
FR11	0.0054	0.0001	0.0024	0.0000	0.0003	0.0000
FR8	0.0053	0.0001	0.0023	0.0000	0.0003	0.0000
FR12	0.0054	0.0001	0.0024	0.0000	0.0004	0.0000
FR6	0.0048	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0048	0.0000	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR3	0.0054	0.0001	0.0024	0.0000	0.0003	0.0000
QP1	0.0048	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0048	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0048	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0048	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0048	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0048	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0048	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0048	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0048	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0048	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0048	0.0000	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
QP12	0.0048	0.0000	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000

Come è possibile notare i valori di cedimenti e rotazioni sono notevolmente bassi e non in grado di pregiudicare difetti di livello trasversale e longitudinale per l'opera.

9.2.3 Diagrammi del momento e taglio per verifiche a fessurazione del palo.

Al fine delle verifiche a fessurazione del palo, non oggetto della presente relazione, è infine riportato il diagramma del momento e del taglio lungo il palo più caricato a taglio.

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	33

$$H_{\max, \text{singolo palo}} = 828 \text{ kN}$$

La distribuzione dei momenti e dei tagli lungo il palo è avvenuta tramite la teoria di Matlock e Reese (1960) facendo l'ipotesi cautelativa di palo impedito di ruotare in testa. Viene di seguito riportato l'andamento delle rigidzze all'interfaccia terreno-palo di fondazione necessarie per il calcolo dei momenti e tagli. Ulteriori dettagli circa il calcolo di k_h ed n_h sono forniti in relazione geotecnica.

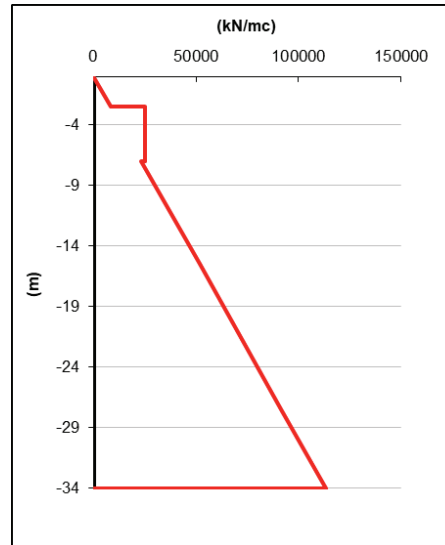


Figura 10. Rigidzze all'interfaccia terreno-palo

Vengono infine mostrati i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo dal quale è possibile dedurre che il valore di α (Med/Ved a quota testa palo) è pari a 3.63.

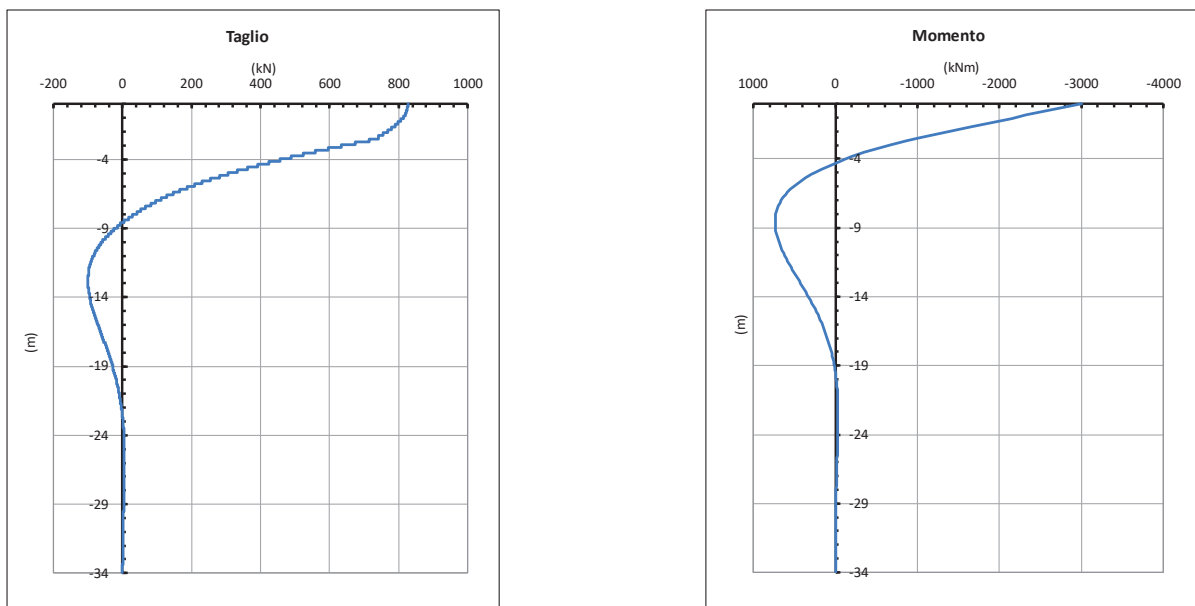


Figura 11. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock e Reese.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	34	

10. VERIFICHE STRUTTURALI PALI SLU/SLE

Le verifiche strutturali dei pali sono state eseguite in corrispondenza di quello più svantaggiato, per ogni tipologia di pila, ovvero quello sul quale si ha il valore minimo di sforzo normale.

Di seguito vengono riportati, per le diverse tipologie di pile individuate, i valori degli sforzi assiali sollecitanti i vari pali costituenti la palificata con l'indicazione del taglio sollecitante i pali stessi (banalmente ottenuto dividendo il taglio totale sul numero di pali) e del momento sollecitante la quota testa palo ottenuto dalla teoria di Matlock e Reese:

- Spalla 1

Tabella 21. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLU/SLV

Ripartizione delle azioni SLU sui pali della palificata															
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	H _{max} , singolo palo	M _{max} , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Nvert Max	SLU 6	3246	3146	3045	2945	6354	6254	6153	6053	9462	9362	9261	9161	1317	4780
Nvert Min	SLU 24	2412	2476	2541	2605	3929	3994	4058	4122	5447	5511	5575	5640	845	3069
Vtrasv Max	SLU 3	3313	3214	3116	3017	6138	6040	5941	5843	8964	8866	8767	8669	1322	4798
Vtrasv Min	SLU 24	2412	2476	2541	2605	3929	3994	4058	4122	5447	5511	5575	5640	845	3069

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	35

Mtrasv Max	SLU 6	3596	3660	3724	3789	5416	5480	5545	5609	7236	7300	7365	7429	1216	4415
Mtrasv Min	SLU 24	2071	1921	1772	1623	4713	4564	4415	4266	7355	7206	7057	6908	994	3609
Vlong Max	SLU 7	3072	2942	2812	2683	5965	5835	5706	5576	8858	8728	8599	8469	1439	5222
Vlong Min	SLU 20	2517	2517	2517	2517	4052	4052	4052	4052	5586	5586	5586	5586	839	3046
Mlong Max	SLU 2	3246	3146	3045	2945	6354	6254	6153	6053	9462	9362	9261	9161	1317	4780
Mlong Min	SLU 22	2412	2476	2541	2605	3929	3994	4058	4122	5447	5511	5575	5640	845	3069
Mtorc Max	SLU 7	3072	2942	2812	2683	5965	5835	5706	5576	8858	8728	8599	8469	1439	5222
Mtorc Min	SLU 13	1969	1869	1768	1668	4868	4767	4667	4566	7766	7666	7565	7465	975	3539
Nvert Max	SLV 5	2934	2537	2139	1741	5264	4866	4469	4071	7594	7196	6799	6401	1234	4479
Nvert Min	SLV 6	1981	1584	1186	788	4032	3635	3237	2839	6083	5686	5288	4890	1234	4479
Vtrasv Max	SLV 3	3993	2667	1341	16	6225	4899	3574	2248	8457	7131	5806	4480	1704	6185
Vtrasv Min	SLV 6	1981	1584	1186	788	4032	3635	3237	2839	6083	5686	5288	4890	1234	4479
Mtrasv Max	SLV 1	506	108	-290	-687	4833	4435	4038	3640	9160	8763	8365	7967	2324	8435
Mtrasv Min	SLV 6	3707	2381	1055	-270	5855	4530	3204	1878	8004	6678	5353	4027	1704	6185
Vlong Max	SLV 1	506	108	-290	-687	4833	4435	4038	3640	9160	8763	8365	7967	2324	8435
Vlong Min	SLV 6	1981	1584	1186	788	4032	3635	3237	2839	6083	5686	5288	4890	1234	4479
Mlong Max	SLV 1	506	108	-290	-687	4833	4435	4038	3640	9160	8763	8365	7967	2324	8435
Mlong Min	SLV 4	1981	1584	1186	788	4032	3635	3237	2839	6083	5686	5288	4890	1234	4479
Mtorc Max	SLV 5	2934	2537	2139	1741	5264	4866	4469	4071	7594	7196	6799	6401	1234	4479
Mtorc Min	SLV 4	3707	2381	1055	-270	5855	4530	3204	1878	8004	6678	5353	4027	1704	6185

Si riportano, per dovere di sintesi, il diagramma del taglio e del momento sollecitante, calcolati secondo la teoria di Matlock e Reese, per la combinazione SLU/SLV che genera il massimo taglio sollecitante sul palo singolo:

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	36

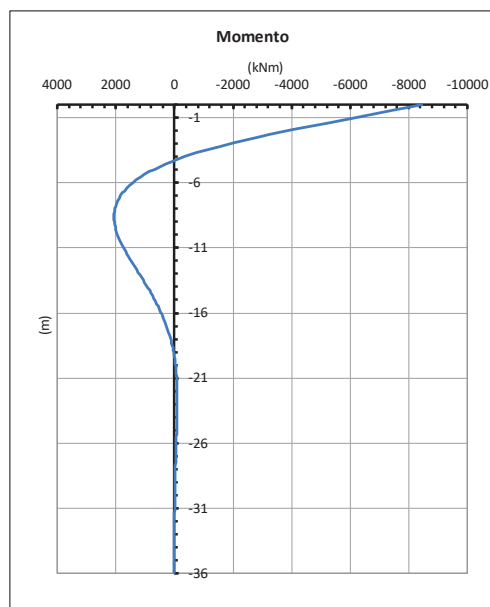
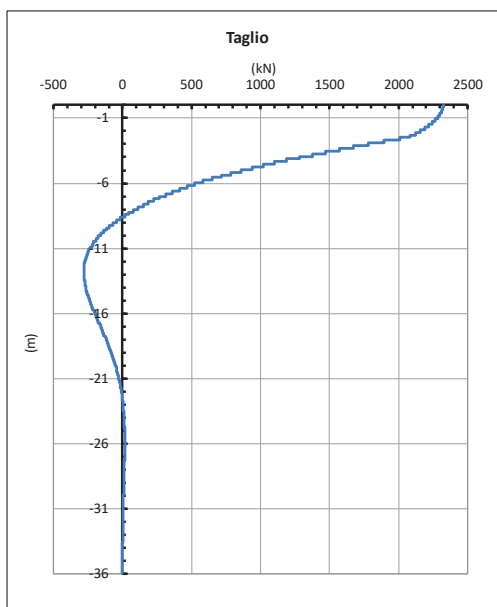


Figura 12. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLU/SLV.

Tabella 22. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLE

Ripartizione delle azioni SLE sui pali della palificata																
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	H _{max} , singolo palo	M _{max} , singolo palo	
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	
Nvert	Max	RA1	2169	2101	2032	1964	4476	4408	4340	4272	6783	6715	6647	6579	920	3339
Nvert	Min	RA12	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Vtrasv	Max	RA3	2155	2088	2022	1955	4458	4391	4325	4258	6761	6694	6628	6561	925	3359
Vtrasv	Min	RA12	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Mtrasv	Max	RA1	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Mtrasv	Min	RA12	2343	2243	2143	2043	4365	4265	4166	4066	6388	6288	6188	6089	900	3267
Vlong	Max	RA7	2126	2032	1937	1843	4353	4259	4164	4070	6580	6486	6391	6297	966	3505
Vlong	Min	RA12	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Mlong	Max	RA12	2169	2101	2032	1964	4476	4408	4340	4272	6783	6715	6647	6579	920	3339
Mlong	Min	RA6	2551	2594	2636	2679	3970	4013	4056	4099	5390	5432	5475	5518	791	2870
Mtorc	Max	RA7	2126	2032	1937	1843	4353	4259	4164	4070	6580	6486	6391	6297	966	3505
Mtorc	Min	RA10	2314	2246	2178	2110	4476	4408	4340	4272	6638	6570	6502	6433	874	3174
Nvert	Max	FR1	2316	2265	2214	2163	4370	4319	4268	4217	6424	6372	6321	6270	864	3138
Nvert	Min	FR12	2626	2658	2690	2723	3990	4023	4055	4087	5355	5387	5419	5451	760	2760
Vtrasv	Max	FR3	2306	2256	2206	2156	4356	4306	4256	4207	6407	6357	6307	6257	869	3153

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	37

Vtrasv Min	FR12	2626	2658	2690	2723	3990	4023	4055	4087	5355	5387	5419	5451	760	2760
Mtras v Max	FR1	2603	2635	2667	2699	3990	4023	4055	4087	5378	5410	5443	5475	768	2786
Mtras v Min	FR12	2470	2395	2320	2246	4287	4212	4137	4062	6104	6029	5954	5879	842	3057
Vlong Max	FR7	2284	2214	2143	2072	4278	4207	4136	4065	6271	6200	6129	6059	899	3262
Vlong Min	FR12	2626	2658	2690	2723	3990	4023	4055	4087	5355	5387	5419	5451	760	2760
Mlong Max	FR12	2316	2265	2214	2163	4370	4319	4268	4217	6424	6372	6321	6270	864	3138
Mlong Min	FR6	2626	2658	2690	2723	3990	4023	4055	4087	5355	5387	5419	5451	760	2760
Mtorc Max	FR7	2284	2214	2143	2072	4278	4207	4136	4065	6271	6200	6129	6059	899	3262
Mtorc Min	FR10	2449	2398	2347	2296	4370	4319	4268	4217	6291	6240	6189	6138	823	2988
Nvert Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Nvert Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Vtrasv Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Vtrasv Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Mtras v Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Mtras v Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Vlong Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Vlong Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Mlong Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Mlong Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430
Mtorc Max	QP1	2759	2759	2759	2759	4052	4052	4052	4052	5344	5344	5344	5344	698	2535
Mtorc Min	QP12	2852	2852	2852	2852	4052	4052	4052	4052	5251	5251	5251	5251	669	2430

Si riportano, per dovere di sintesi, il diagramma del taglio e del momento sollecitante, calcolati secondo la teoria di Matlock e Reese, per la combinazione SLE che genera il massimo taglio sollecitante sul palo singolo:

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	38

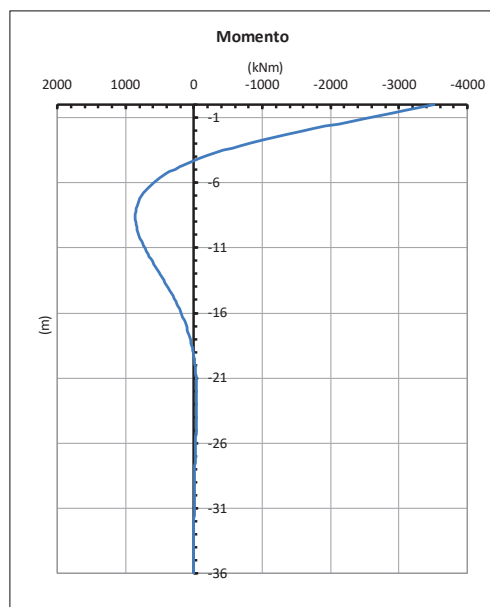
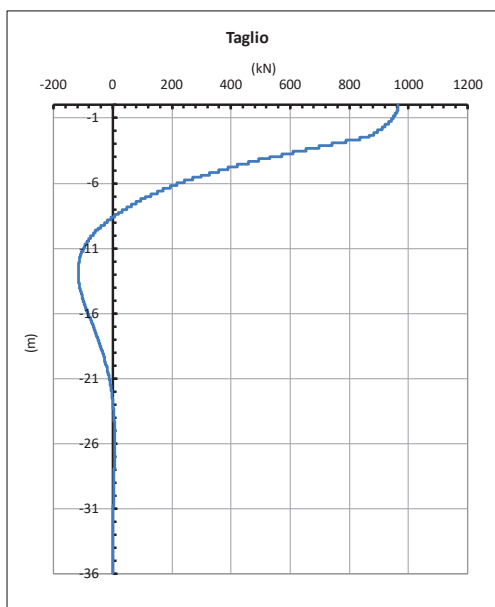


Figura 13. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLE.

- Spalla 2

Tabella 23. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLU/SLV

Ripartizione delle azioni SLU sui pali della palificata															
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	H _{max} , singolo palo	M _{max} , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert	SLU 6	3405	3331	3257	3183	6405	6331	6257	6183	9405	9331	9257	9183	1233	4477
Nvert	SLU 24	2376	2440	2505	2569	3965	4030	4094	4158	5554	5619	5683	5748	845	3069
Vtrasv	SLU 3	3534	3433	3333	3232	6221	6121	6020	5919	8908	8808	8707	8606	1234	4479
Vtrasv	SLU 24	2376	2440	2505	2569	3965	4030	4094	4158	5554	5619	5683	5748	845	3069
Mtrasv	SLU 6	3542	3607	3671	3735	5470	5534	5599	5663	7397	7462	7526	7590	1216	4415
Mtrasv	SLU 24	2443	2284	2124	1964	4604	4444	4285	4125	6765	6605	6445	6285	892	3236
Vlong	SLU 11	3534	3433	3333	3232	6221	6121	6020	5919	8908	8808	8707	8606	1234	4479
Vlong	SLU 20	2481	2481	2481	2481	4088	4088	4088	4088	5694	5694	5694	5694	839	3046
Mlong	SLU 2	3405	3331	3257	3183	6405	6331	6257	6183	9405	9331	9257	9183	1233	4477
Mlong	SLU 19	2376	2440	2505	2569	3965	4030	4094	4158	5554	5619	5683	5748	845	3069
Mtorc	SLU 2	3542	3607	3671	3735	5470	5534	5599	5663	7397	7462	7526	7590	1216	4415
Mtorc	SLU 15	2275	2174	2073	1972	4717	4616	4515	4414	7159	7058	6957	6856	892	3238
Nvert	SLV 5	3097	2697	2296	1895	5309	4909	4508	4107	7522	7121	6720	6320	1173	4256
Nvert	SLV	2155	1754	1353	952	4068	3667	3266	2866	5981	5580	5179	4779	1173	4256

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	39

Min	6														
Vtrasv Max	SLV 3	4170	2834	1499	163	6277	4942	3606	2270	8385	7049	5713	4378	1667	6051
Vtrasv Min	SLV 6	2155	1754	1353	952	4068	3667	3266	2866	5981	5580	5179	4779	1173	4256
Mtrasv Max	SLV 1	1138	738	337	-64	4875	4474	4073	3673	8611	8211	7810	7409	2109	7657
Mtrasv Min	SLV 6	3887	2551	1216	-120	5905	4569	3233	1898	7922	6587	5251	3916	1667	6051
Vlong Max	SLV 1	1138	738	337	-64	4875	4474	4073	3673	8611	8211	7810	7409	2109	7657
Vlong Min	SLV 6	2155	1754	1353	952	4068	3667	3266	2866	5981	5580	5179	4779	1173	4256
Mlong Max	SLV 1	1138	738	337	-64	4875	4474	4073	3673	8611	8211	7810	7409	2109	7657
Mlong Min	SLV 4	2155	1754	1353	952	4068	3667	3266	2866	5981	5580	5179	4779	1173	4256
Mtorc Max	SLV 5	3097	2697	2296	1895	5309	4909	4508	4107	7522	7121	6720	6320	1173	4256
Mtorc Min	SLV 4	3887	2551	1216	-120	5905	4569	3233	1898	7922	6587	5251	3916	1667	6051

Si riportano, per dovere di sintesi, il diagramma del taglio e del momento sollecitante, calcolati secondo la teoria di Matlock e Reese, per la combinazione SLU/SLV che genera il massimo taglio sollecitante sul palo singolo:

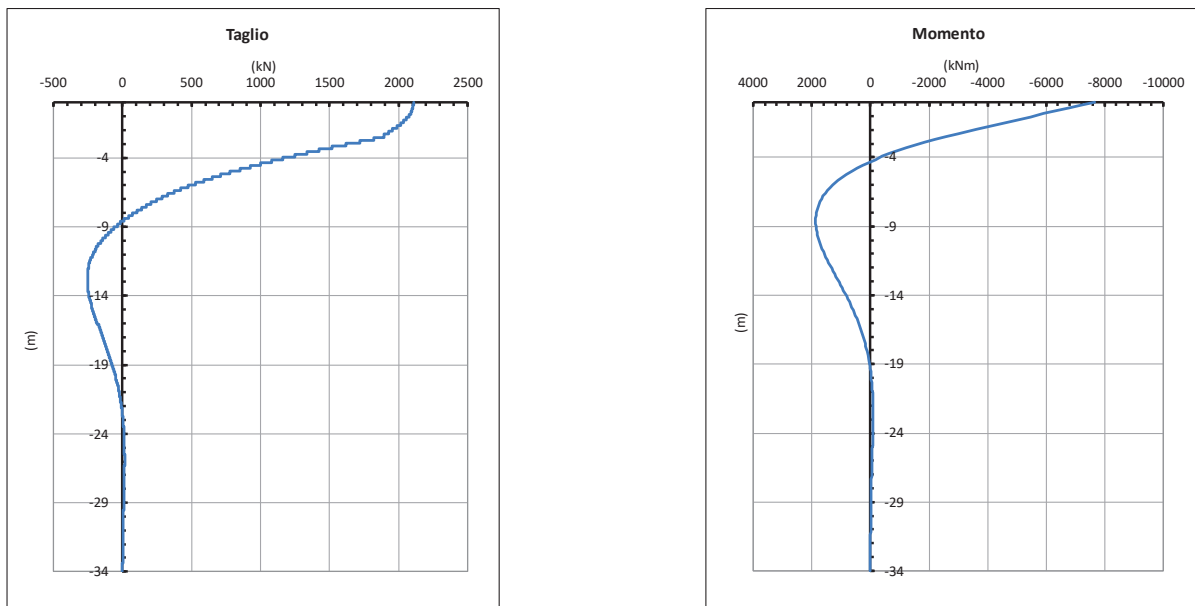


Figura 14. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLU/SLV.

Tabella 24. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLE

Ripartizione delle azioni SLE sui pali della palificata															
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	H _{max} , singolo palo	M _{max} , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	RA1	2405	2343	2281	2218	4533	4471	4408	4346	6661	6598	6536	6474	828	3006
Nvert Min	RA12	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	40

Vtrasv Max	RA3	2422	2353	2284	2215	4526	4457	4388	4318	6629	6560	6491	6422	828	3007
Vtrasv Min	RA12	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Mtras v Max	RA1	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Mtras v Min	RA12	2668	2559	2450	2341	4452	4343	4234	4125	6236	6127	6017	5908	787	2855
Vlong Max	RA11	2422	2353	2284	2215	4526	4457	4388	4318	6629	6560	6491	6422	828	3007
Vlong Min	RA8	2551	2489	2426	2364	4533	4471	4408	4346	6515	6453	6391	6328	783	2841
Mlong Max	RA12	2405	2343	2281	2218	4533	4471	4408	4346	6661	6598	6536	6474	828	3006
Mlong Min	RA6	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Mtorc Max	RA12	2515	2557	2600	2643	4006	4049	4092	4135	5497	5540	5583	5626	791	2870
Mtorc Min	RA3	2422	2353	2284	2215	4526	4457	4388	4318	6629	6560	6491	6422	828	3007
Nvert Max	FR1	2485	2438	2391	2345	4422	4375	4328	4282	6358	6312	6265	6219	796	2888
Nvert Min	FR12	2590	2622	2654	2687	4026	4059	4091	4123	5463	5495	5527	5559	760	2760
Vtrasv Max	FR3	2498	2446	2394	2342	4416	4364	4313	4261	6335	6283	6231	6179	796	2889
Vtrasv Min	FR12	2590	2622	2654	2687	4026	4059	4091	4123	5463	5495	5527	5559	760	2760
Mtras v Max	FR1	2567	2599	2631	2663	4026	4059	4091	4123	5486	5518	5550	5583	768	2786
Mtras v Min	FR12	2705	2624	2542	2460	4361	4279	4197	4115	6016	5935	5853	5771	757	2749
Vlong Max	FR11	2498	2446	2394	2342	4416	4364	4313	4261	6335	6283	6231	6179	796	2889
Vlong Min	FR8	2617	2570	2524	2477	4422	4375	4328	4282	6226	6179	6133	6086	754	2738
Mlong Max	FR12	2485	2438	2391	2345	4422	4375	4328	4282	6358	6312	6265	6219	796	2888
Mlong Min	FR6	2590	2622	2654	2687	4026	4059	4091	4123	5463	5495	5527	5559	760	2760
Mtorc Max	FR12	2567	2599	2631	2663	4026	4059	4091	4123	5486	5518	5550	5583	768	2786
Mtorc Min	FR3	2521	2469	2417	2365	4416	4364	4313	4261	6311	6260	6208	6156	788	2862
Nvert Max	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Nvert Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Vtrasv Max	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Vtrasv Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Mtras v Max	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Mtras v Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Vlong Max	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Vlong Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430
Mlong Max	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Mlong Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430

Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	41

Mtorc Max	QP1	2723	2723	2723	2723	4088	4088	4088	4088	5452	5452	5452	5452	698	2535
Mtorc Min	QP12	2816	2816	2816	2816	4088	4088	4088	4088	5359	5359	5359	5359	669	2430

Si riportano, per dovere di sintesi, il diagramma del taglio e del momento sollecitante, calcolati secondo la teoria di Matlock e Reese, per la combinazione SLE che genera il massimo taglio sollecitante sul palo singolo:

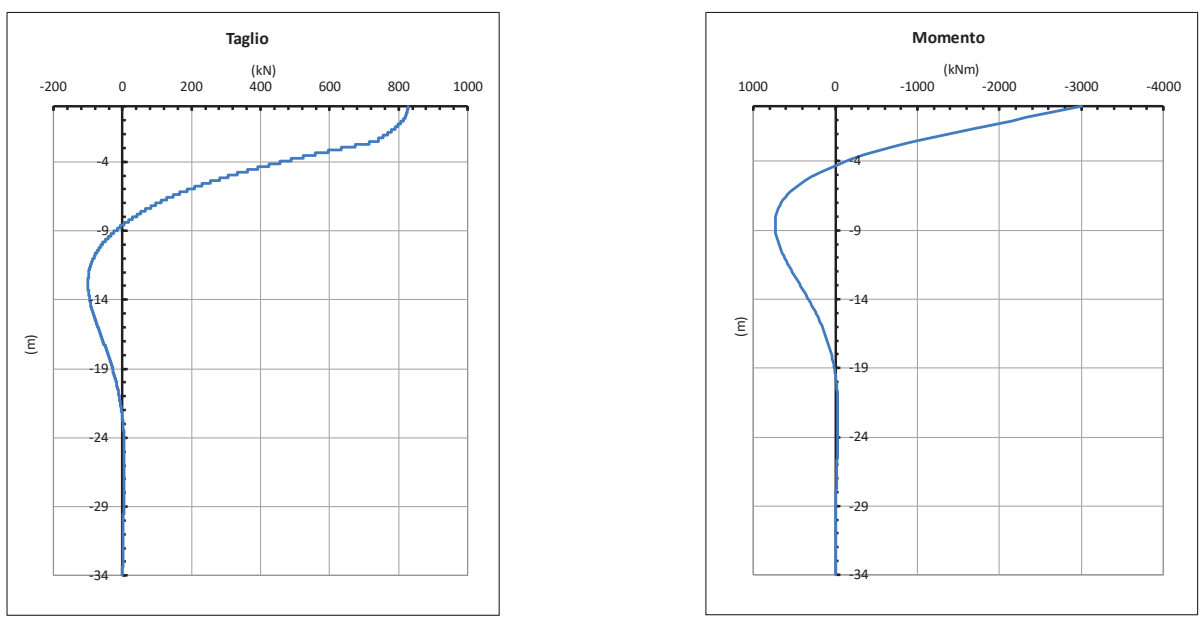


Figura 15. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLE.

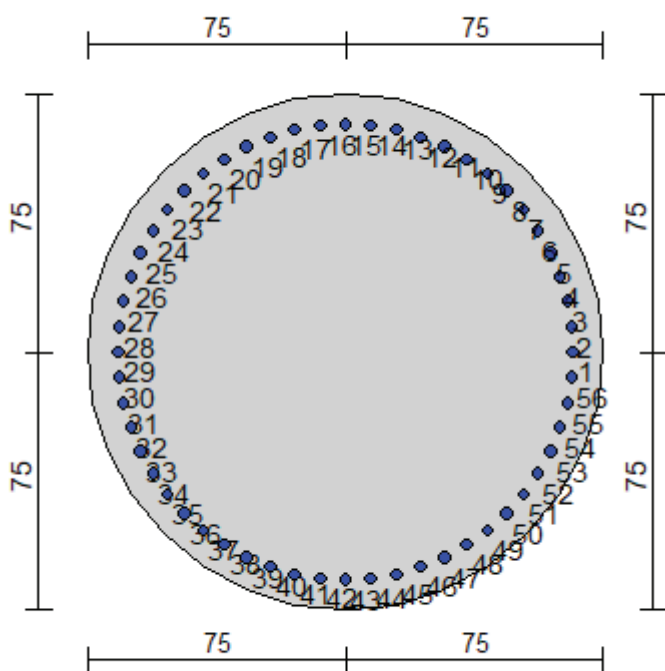
Sulla base di quanto descritto sopra in questo capitolo, sono state eseguite le verifiche strutturali per il Palo n°4 della Spalla 01 e della Spalla 02.

Nei paragrafi successivi si riportano i risultati delle verifiche strutturali per i pali appena citati.

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	42

10.1 SPALLA 01



Geometria della sezione:

Vertice	X	Y
n.	cm	cm
1	75.0	150.0
2	89.6	148.6
3	103.7	144.3
4	116.7	137.4
5	128.0	128.0
6	137.4	116.7
7	144.3	103.7
8	148.6	89.6
9	150.0	75.0
10	148.6	60.4
11	144.3	46.3
12	137.4	33.3
13	128.0	22.0
14	116.7	12.6
15	103.7	5.7
16	89.6	1.4
17	75.0	0.0
18	60.4	1.4
19	46.3	5.7
20	33.3	12.6
21	22.0	22.0
22	12.6	33.3
23	5.7	46.3
24	1.4	60.4
25	0.0	75.0
26	1.4	89.6
27	5.7	103.7

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	43

28	12.6	116.7
29	22.0	128.0
30	33.3	137.4
31	46.3	144.3
32	60.4	148.6

Armature:

Pos	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	sì / no
1	141.3	75.0	8.04	no
2	140.9	82.4	8.04	no
3	139.6	89.8	8.04	no
4	137.6	96.9	8.04	no
5	134.7	103.8	8.04	no
6	131.1	110.3	8.04	no
7	126.8	116.3	8.04	no
8	121.9	121.9	8.04	no
9	116.3	126.8	8.04	no
10	110.3	131.1	8.04	no
11	103.8	134.7	8.04	no
12	96.9	137.6	8.04	no
13	89.8	139.6	8.04	no
14	82.4	140.9	8.04	no
15	75.0	141.3	8.04	no
16	67.6	140.9	8.04	no
17	60.2	139.6	8.04	no
18	53.1	137.6	8.04	no
19	46.2	134.7	8.04	no
20	39.7	131.1	8.04	no
21	33.7	126.8	8.04	no
22	28.1	121.9	8.04	no
23	23.2	116.3	8.04	no
24	18.9	110.3	8.04	no
25	15.3	103.8	8.04	no
26	12.4	96.9	8.04	no
27	10.4	89.8	8.04	no
28	9.1	82.4	8.04	no
29	8.7	75.0	8.04	no
30	9.1	67.6	8.04	no
31	10.4	60.2	8.04	no
32	12.4	53.1	8.04	no
33	15.3	46.2	8.04	no
34	18.9	39.7	8.04	no
35	23.2	33.7	8.04	no
36	28.1	28.1	8.04	no
37	33.7	23.2	8.04	no
38	39.7	18.9	8.04	no
39	46.2	15.3	8.04	no
40	53.1	12.4	8.04	no
41	60.2	10.4	8.04	no
42	67.6	9.1	8.04	no
43	75.0	8.7	8.04	no
44	82.4	9.1	8.04	no
45	89.8	10.4	8.04	no
46	96.9	12.4	8.04	no
47	103.8	15.3	8.04	no
48	110.3	18.9	8.04	no
49	116.3	23.2	8.04	no
50	121.9	28.1	8.04	no
51	126.8	33.7	8.04	no
52	131.1	39.7	8.04	no
53	134.7	46.2	8.04	no
54	137.6	53.1	8.04	no
55	139.6	60.2	8.04	no
56	140.9	67.6	8.04	no

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	44

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm²

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm²

fcd = 141.10 daN/cm² ($\alpha_{cc} = 0.85$; $\gamma_c = 1.50$)

fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm²

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm²

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050

Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²

fyd = 3913 daN/cm² ($\gamma_a = 1.15$)

fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²

ϵ_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²

E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012

Peso specifico = 7850 daN/mc

Intersezioni del dominio con gli assi N, Mx e My:

asse N - (Mx = 0, My = 0)	Nu = -17623.5 kN
asse N + (Mx = 0, My = 0)	Nu = 42397.8 kN
asse Mx + (N = 0, My = 0)	Mxu = 9058.4 kN m
asse Mx - (N = 0, My = 0)	Mxu = -9058.4 kN m
asse My + (N = 0, Mx = 0)	Myu = 9058.4 kN m
asse My - (N = 0, Mx = 0)	Myu = -9058.4 kN m

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla tipo verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla tipo verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla tipo verifica: N)

Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ_{cls}	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	2945.0	4780.0	0.0	P	6370.1	10339.3	0.0	0.350	0.397	0.460	Ok
				M	32551.7	4776.3	0.0	0.350	0.012	0.090	Ok
				N	2945.0	9793.7	0.0	0.350	0.532	0.490	Ok
2	2605.0	3069.0	0.0	P	8924.3	10513.9	0.0	0.350	0.322	0.290	Ok
				M	36167.8	3066.8	0.0	0.314	0.063	0.070	Ok

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	45

				N	2605.0	9720.9	0.0	0.350	0.548	0.320	Ok
3	3017.0	4798.0	0.0	P	6511.5	10355.4	0.0	0.350	0.393	0.460	Ok
				M	32509.0	4794.4	0.0	0.350	0.012	0.090	Ok
				N	3017.0	9809.0	0.0	0.350	0.528	0.490	Ok
4	2605.0	3069.0	0.0	P	8924.3	10513.9	0.0	0.350	0.322	0.290	Ok
				M	36167.8	3066.8	0.0	0.314	0.063	0.070	Ok
				N	2605.0	9720.9	0.0	0.350	0.548	0.320	Ok
5	3789.0	4415.0	0.0	P	9026.5	10517.9	0.0	0.350	0.320	0.420	Ok
				M	33388.7	4412.9	0.0	0.349	0.022	0.110	Ok
				N	3789.0	9959.3	0.0	0.350	0.494	0.440	Ok
6	1623.0	3609.0	0.0	P	4536.9	10088.6	0.0	0.350	0.464	0.360	Ok
				M	35053.6	3606.9	0.0	0.329	0.046	0.050	Ok
				N	1623.0	9498.3	0.0	0.350	0.598	0.380	Ok
7	2683.0	5222.0	0.0	P	5239.9	10198.6	0.0	0.350	0.437	0.510	Ok
				M	31483.0	5220.4	0.0	0.350	0.001	0.090	Ok
				N	2683.0	9737.7	0.0	0.350	0.544	0.540	Ok
8	2517.0	3046.0	0.0	P	8679.8	10504.0	0.0	0.350	0.329	0.290	Ok
				M	36215.0	3043.9	0.0	0.314	0.064	0.070	Ok
				N	2517.0	9701.9	0.0	0.350	0.552	0.310	Ok
9	2945.0	4780.0	0.0	P	6370.1	10339.3	0.0	0.350	0.397	0.460	Ok
				M	32551.7	4776.3	0.0	0.350	0.012	0.090	Ok
				N	2945.0	9793.7	0.0	0.350	0.532	0.490	Ok
10	2605.0	3069.0	0.0	P	8924.3	10513.9	0.0	0.350	0.322	0.290	Ok
				M	36167.8	3066.8	0.0	0.314	0.063	0.070	Ok
				N	2605.0	9720.9	0.0	0.350	0.548	0.320	Ok
11	2683.0	5222.0	0.0	P	5239.9	10198.6	0.0	0.350	0.437	0.510	Ok
				M	31483.0	5220.4	0.0	0.350	0.001	0.090	Ok
				N	2683.0	9737.7	0.0	0.350	0.544	0.540	Ok
12	1668.0	3539.0	0.0	P	4773.8	10128.7	0.0	0.350	0.454	0.350	Ok
				M	35198.0	3536.9	0.0	0.327	0.048	0.050	Ok
				N	1668.0	9510.0	0.0	0.350	0.596	0.370	Ok
13	1741.0	4479.0	0.0	P	3877.2	9974.8	0.0	0.350	0.490	0.450	Ok
				M	33254.6	4476.1	0.0	0.350	0.020	0.050	Ok
				N	1741.0	9529.0	0.0	0.350	0.592	0.470	Ok
14	788.0	4479.0	0.0	P	1673.4	9511.4	0.0	0.350	0.595	0.470	Ok
				M	33254.6	4476.1	0.0	0.350	0.020	0.020	Ok
				N	788.0	9277.8	0.0	0.350	0.645	0.480	Ok
15	16.0	6185.0	0.0	P	23.5	9065.5	0.0	0.350	0.692	0.680	Ok
				M	28973.8	6184.6	0.0	0.350	0.026	0.000	Ok
				N	16.0	9063.2	0.0	0.350	0.692	0.680	Ok
16	788.0	4479.0	0.0	P	1673.4	9511.4	0.0	0.350	0.595	0.470	Ok
				M	33254.6	4476.1	0.0	0.350	0.020	0.020	Ok
				N	788.0	9277.8	0.0	0.350	0.645	0.480	Ok
17	-687.0	8435.0	0.0	P	-719.8	8838.2	0.0	0.350	0.743	0.950	Ok
				M	-1940.9	8436.7	0.0	0.350	0.838	0.350	Ok
				N	-687.0	8848.3	0.0	0.350	0.741	0.950	Ok
18	-270.0	6185.0	0.0	P	-390.2	8939.5	0.0	0.350	0.720	0.690	Ok
				M	-7288.9	6185.9	0.0	0.350	1.515	0.040	Ok
				N	-270.0	8976.3	0.0	0.350	0.712	0.690	Ok
19	-687.0	8435.0	0.0	P	-719.8	8838.2	0.0	0.350	0.743	0.950	Ok
				M	-1940.9	8436.7	0.0	0.350	0.838	0.350	Ok
				N	-687.0	8848.3	0.0	0.350	0.741	0.950	Ok
20	788.0	4479.0	0.0	P	1673.4	9511.4	0.0	0.350	0.595	0.470	Ok
				M	33254.6	4476.1	0.0	0.350	0.020	0.020	Ok
				N	788.0	9277.8	0.0	0.350	0.645	0.480	Ok
21	-687.0	8435.0	0.0	P	-719.8	8838.2	0.0	0.350	0.743	0.950	Ok
				M	-1940.9	8436.7	0.0	0.350	0.838	0.350	Ok
				N	-687.0	8848.3	0.0	0.350	0.741	0.950	Ok
22	788.0	4479.0	0.0	P	1673.4	9511.4	0.0	0.350	0.595	0.470	Ok
				M	33254.6	4476.1	0.0	0.350	0.020	0.020	Ok
				N	788.0	9277.8	0.0	0.350	0.645	0.480	Ok

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	46

23	1741.0	4479.0	0.0	P	3877.2	9974.8	0.0	0.350	0.490	0.450	Ok
				M	33254.6	4476.1	0.0	0.350	0.020	0.050	Ok
				N	1741.0	9529.0	0.0	0.350	0.592	0.470	Ok
24	-270.0	6185.0	0.0	P	-390.2	8939.5	0.0	0.350	0.720	0.690	Ok
				M	-7288.9	6185.9	0.0	0.350	1.515	0.040	Ok
				N	-270.0	8976.3	0.0	0.350	0.712	0.690	Ok

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ε cls	ε acciaio	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
17	-687.0	8435.0	0.0	P	-719.8	8838.2	0.0	0.350	0.743	0.950	Ok
17	-687.0	8435.0	0.0	M	-1940.9	8436.7	0.0	0.350	0.838	0.350	Ok
17	-687.0	8435.0	0.0	N	-687.0	8848.3	0.0	0.350	0.741	0.950	Ok

Verifiche taglio-torsione

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.2 (per verif. Vx)

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.2 (per verif. Vy)

Staffe = Ø 12 / 10.0, bracci: 2 dir. X, 2 dir. Y

Risultati delle verifiche:

Vx, Vy, T, N sollecitazioni (F = kN e M = kN m)

VRsd_x, VRsd_y, TRsd, resistenze acciaio

VRcd_x, VRcd_y, TRcd, resistenze cls

Verifiche cmb. SLU

Cmb	Vx	Vy	T	N	α c	Ctg θ	Verif Tot	Ver
	VRsd _x	VRsd _y	TRsd	Vx/VRsd _x	Vy/VRsd _y	T/TRsd	Verif acc	
	VRcd _x	VRcd _y	TRcd	Vx/VRcd _x	Vy/VRcd _y	T/TRcd	Verif cls	
1 SLU	1317.00	0.00	0.00	2945.00	1.119	2.50	0.5240	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.5240	0.0000	0.0000	0.5240	
	4173.65	4173.65	1793.33	0.3156	0.0000	0.0000	0.3156	
2 SLU	845.00	0.00	0.00	2605.00	1.105	2.50	0.3362	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3362	0.0000	0.0000	0.3362	
	4122.45	4122.45	1793.33	0.2050	0.0000	0.0000	0.2050	
3 SLU	1322.00	0.00	0.00	3017.00	1.122	2.50	0.5260	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.5260	0.0000	0.0000	0.5260	
	4184.49	4184.49	1793.33	0.3159	0.0000	0.0000	0.3159	
4 SLU	845.00	0.00	0.00	2605.00	1.105	2.50	0.3362	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3362	0.0000	0.0000	0.3362	
	4122.45	4122.45	1793.33	0.2050	0.0000	0.0000	0.2050	
5 SLU	1216.00	0.00	0.00	3789.00	1.153	2.50	0.4838	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4838	0.0000	0.0000	0.4838	
	4300.73	4300.73	1793.33	0.2827	0.0000	0.0000	0.2827	
6 SLU	994.00	0.00	0.00	1623.00	1.066	2.50	0.3955	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3955	0.0000	0.0000	0.3955	
	3974.59	3974.59	1793.33	0.2501	0.0000	0.0000	0.2501	
7 SLU	1439.00	0.00	0.00	2683.00	1.108	2.50	0.5726	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.5726	0.0000	0.0000	0.5726	
	4134.20	4134.20	1793.33	0.3481	0.0000	0.0000	0.3481	
8 SLU	839.00	0.00	0.00	2517.00	1.102	2.50	0.3338	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3338	0.0000	0.0000	0.3338	
	4109.20	4109.20	1793.33	0.2042	0.0000	0.0000	0.2042	
9 SLU	1317.00	0.00	0.00	2945.00	1.119	2.50	0.5240	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.5240	0.0000	0.0000	0.5240	
	4173.65	4173.65	1793.33	0.3156	0.0000	0.0000	0.3156	
10 SLU	845.00	0.00	0.00	2605.00	1.105	2.50	0.3362	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3362	0.0000	0.0000	0.3362	
	4122.45	4122.45	1793.33	0.2050	0.0000	0.0000	0.2050	
11 SLU	1439.00	0.00	0.00	2683.00	1.108	2.50	0.5726	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.5726	0.0000	0.0000	0.5726	
	4134.20	4134.20	1793.33	0.3481	0.0000	0.0000	0.3481	

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	47

12 SLU	975.00	0.00	0.00	1668.00	1.067	2.50	0.3879	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3879	0.0000	0.0000	0.3879	
	3981.37	3981.37	1793.33	0.2449	0.0000	0.0000	0.2449	
13 SLU	1234.00	0.00	0.00	1741.00	1.070	2.50	0.4910	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4910	0.0000	0.0000	0.4910	
	3992.36	3992.36	1793.33	0.3091	0.0000	0.0000	0.3091	
14 SLU	1234.00	0.00	0.00	788.00	1.032	2.50	0.4910	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4910	0.0000	0.0000	0.4910	
	3848.87	3848.87	1793.33	0.3206	0.0000	0.0000	0.3206	
15 SLU	1704.00	0.00	0.00	16.00	1.001	2.50	0.6780	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.6780	0.0000	0.0000	0.6780	
	3732.63	3732.63	1793.33	0.4565	0.0000	0.0000	0.4565	
16 SLU	1234.00	0.00	0.00	788.00	1.032	2.50	0.4910	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4910	0.0000	0.0000	0.4910	
	3848.87	3848.87	1793.33	0.3206	0.0000	0.0000	0.3206	
17 SLU	2324.00	0.00	0.00	-687.00	1.000	2.50	0.9247	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.9247	0.0000	0.0000	0.9247	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.6230	0.0000	0.0000	0.6230	
18 SLU	1704.00	0.00	0.00	-270.00	1.000	2.50	0.6780	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.6780	0.0000	0.0000	0.6780	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.4568	0.0000	0.0000	0.4568	
19 SLU	2324.00	0.00	0.00	-687.00	1.000	2.50	0.9247	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.9247	0.0000	0.0000	0.9247	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.6230	0.0000	0.0000	0.6230	
20 SLU	1234.00	0.00	0.00	788.00	1.032	2.50	0.4910	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4910	0.0000	0.0000	0.4910	
	3848.87	3848.87	1793.33	0.3206	0.0000	0.0000	0.3206	
21 SLU	2324.00	0.00	0.00	-687.00	1.000	2.50	0.9247	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.9247	0.0000	0.0000	0.9247	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.6230	0.0000	0.0000	0.6230	
22 SLU	1234.00	0.00	0.00	788.00	1.032	2.50	0.4910	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4910	0.0000	0.0000	0.4910	
	3848.87	3848.87	1793.33	0.3206	0.0000	0.0000	0.3206	
23 SLU	1234.00	0.00	0.00	1741.00	1.070	2.50	0.4910	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4910	0.0000	0.0000	0.4910	
	3992.36	3992.36	1793.33	0.3091	0.0000	0.0000	0.3091	
24 SLU	1704.00	0.00	0.00	-270.00	1.000	2.50	0.6780	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.6780	0.0000	0.0000	0.6780	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.4568	0.0000	0.0000	0.4568	

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (+) = compressione, (-) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 14940.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
25	3339.0	0.0	1964.0	8949.2	0.60	-153131.8	0.43	Ok
26	2870.0	0.0	2679.0	7889.2	0.53	-110688.4	0.31	Ok
27	3359.0	0.0	1955.0	8998.4	0.60	-154502.7	0.43	Ok
28	2870.0	0.0	2679.0	7889.2	0.53	-110688.4	0.31	Ok
29	2870.0	0.0	2679.0	7889.2	0.53	-110688.4	0.31	Ok
30	3267.0	0.0	2043.0	8782.0	0.59	-147188.0	0.41	Ok
31	3505.0	0.0	1843.0	9346.6	0.63	-165545.7	0.46	Ok
32	2870.0	0.0	2679.0	7889.2	0.53	-110688.4	0.31	Ok
33	3339.0	0.0	1964.0	8949.2	0.60	-153131.8	0.43	Ok
34	2870.0	0.0	2679.0	7889.2	0.53	-110688.4	0.31	Ok
35	3505.0	0.0	1843.0	9346.6	0.63	-165545.7	0.46	Ok
36	3174.0	0.0	2110.0	8558.1	0.57	-140292.3	0.39	Ok

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	48

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: $WkL = 0.40$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	mm		
37	3138.0	0.0	2163.0	0.19	0.49	Ok
38	2760.0	0.0	2723.0	0.13	0.34	Ok
39	3153.0	0.0	2156.0	0.20	0.49	Ok
40	2760.0	0.0	2723.0	0.13	0.34	Ok
41	2786.0	0.0	2699.0	0.14	0.34	Ok
42	3057.0	0.0	2246.0	0.18	0.46	Ok
43	3262.0	0.0	2072.0	0.21	0.53	Ok
44	2760.0	0.0	2723.0	0.13	0.34	Ok
45	3138.0	0.0	2163.0	0.19	0.49	Ok
46	2760.0	0.0	2723.0	0.13	0.34	Ok
47	3262.0	0.0	2072.0	0.21	0.53	Ok
48	2988.0	0.0	2296.0	0.17	0.43	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma cL = 11205.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma c/\sigma cL < 1$)

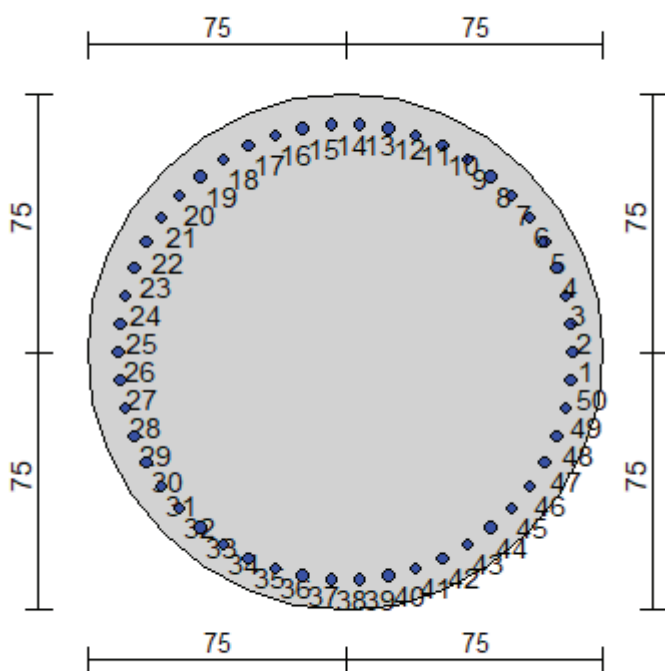
Fessure: $WkL = 0.30$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σc	$\sigma c/\sigma cL$	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
49	2535.0	0.0	2759.0	7039.9	0.63	0.11	0.37	Ok
50	2430.0	0.0	2852.0	6785.0	0.61	0.10	0.33	Ok
51	2535.0	0.0	2759.0	7039.9	0.63	0.11	0.37	Ok
52	2430.0	0.0	2852.0	6785.0	0.61	0.10	0.33	Ok
53	2535.0	0.0	2759.0	7039.9	0.63	0.11	0.37	Ok
54	2430.0	0.0	2852.0	6785.0	0.61	0.10	0.33	Ok
55	2535.0	0.0	2759.0	7039.9	0.63	0.11	0.37	Ok
56	2430.0	0.0	2852.0	6785.0	0.61	0.10	0.33	Ok
57	2535.0	0.0	2759.0	7039.9	0.63	0.11	0.37	Ok
58	2430.0	0.0	2852.0	6785.0	0.61	0.10	0.33	Ok
59	2535.0	0.0	2759.0	7039.9	0.63	0.11	0.37	Ok
60	2430.0	0.0	2852.0	6785.0	0.61	0.10	0.33	Ok

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	49

10.2 SPALLA 2



Geometria della sezione:

Vertice	X	Y
n.	cm	cm
1	75.0	150.0
2	89.6	148.6
3	103.7	144.3
4	116.7	137.4
5	128.0	128.0
6	137.4	116.7
7	144.3	103.7
8	148.6	89.6
9	150.0	75.0
10	148.6	60.4
11	144.3	46.3
12	137.4	33.3
13	128.0	22.0
14	116.7	12.6
15	103.7	5.7
16	89.6	1.4
17	75.0	0.0
18	60.4	1.4
19	46.3	5.7
20	33.3	12.6
21	22.0	22.0
22	12.6	33.3
23	5.7	46.3
24	1.4	60.4
25	0.0	75.0
26	1.4	89.6
27	5.7	103.7

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	50

28	12.6	116.7
29	22.0	128.0
30	33.3	137.4
31	46.3	144.3
32	60.4	148.6

Armature:

Pos	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	sì / no
1	141.3	75.0	8.04	no
2	140.8	83.3	8.04	no
3	139.2	91.5	8.04	no
4	136.6	99.4	8.04	no
5	133.1	106.9	8.04	no
6	128.6	114.0	8.04	no
7	123.3	120.4	8.04	no
8	117.3	126.1	8.04	no
9	110.5	131.0	8.04	no
10	103.2	135.0	8.04	no
11	95.5	138.1	8.04	no
12	87.4	140.1	8.04	no
13	79.2	141.2	8.04	no
14	70.8	141.2	8.04	no
15	62.6	140.1	8.04	no
16	54.5	138.1	8.04	no
17	46.8	135.0	8.04	no
18	39.5	131.0	8.04	no
19	32.7	126.1	8.04	no
20	26.7	120.4	8.04	no
21	21.4	114.0	8.04	no
22	16.9	106.9	8.04	no
23	13.4	99.4	8.04	no
24	10.8	91.5	8.04	no
25	9.2	83.3	8.04	no
26	8.7	75.0	8.04	no
27	9.2	66.7	8.04	no
28	10.8	58.5	8.04	no
29	13.4	50.6	8.04	no
30	16.9	43.1	8.04	no
31	21.4	36.0	8.04	no
32	26.7	29.6	8.04	no
33	32.7	23.9	8.04	no
34	39.5	19.0	8.04	no
35	46.8	15.0	8.04	no
36	54.5	11.9	8.04	no
37	62.6	9.9	8.04	no
38	70.8	8.8	8.04	no
39	79.2	8.8	8.04	no
40	87.4	9.9	8.04	no
41	95.5	11.9	8.04	no
42	103.2	15.0	8.04	no
43	110.5	19.0	8.04	no
44	117.3	23.9	8.04	no
45	123.3	29.6	8.04	no
46	128.6	36.0	8.04	no
47	133.1	43.1	8.04	no
48	136.6	50.6	8.04	no
49	139.2	58.5	8.04	no
50	140.8	66.7	8.04	no

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	51

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm²
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm²
 fcd = 141.10 daN/cm² ($\alpha_{cc} = 0.85$; $\gamma_c = 1.50$)
 fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm²
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm²
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm²
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²
 fyd = 3913 daN/cm² ($\gamma_a = 1.15$)
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²
 ϵ_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²
 E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Intersezioni del dominio con gli assi N, Mx e My:

asse N - (Mx = 0, My = 0) Nu = -15735.3 kN
 asse N + (Mx = 0, My = 0) Nu = 40509.5 kN
 asse Mx + (N = 0, My = 0) Mxu = 8198.6 kN m
 asse Mx - (N = 0, My = 0) Mxu = -8198.6 kN m
 asse My + (N = 0, Mx = 0) Myu = 8203.8 kN m
 asse My - (N = 0, Mx = 0) Myu = -8203.8 kN m

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
 Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla tipo verifica: P)
 Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla tipo verifica: M)
 Verifica con Nu costante (sigla tipo verifica: N)

Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ_{cls}	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3183.0	4477.0	0.0	P	6844.3	9626.7	0.0	0.350	0.387	0.470	Ok
				M	31275.0	4473.6	0.0	0.350	0.013	0.100	Ok
				N	3183.0	9039.3	0.0	0.350	0.538	0.500	Ok
2	2569.0	3069.0	0.0	P	8144.9	9730.1	0.0	0.350	0.345	0.320	Ok
				M	34266.9	3067.2	0.0	0.321	0.056	0.070	Ok
				N	2569.0	8907.2	0.0	0.350	0.569	0.340	Ok
3	3232.0	4479.0	0.0	P	6955.1	9638.6	0.0	0.350	0.383	0.460	Ok
				M	31270.3	4475.6	0.0	0.350	0.013	0.100	Ok
				N	3232.0	9049.6	0.0	0.350	0.535	0.490	Ok
4	2569.0	3069.0	0.0	P	8144.9	9730.1	0.0	0.350	0.345	0.320	Ok
				M	34266.9	3067.2	0.0	0.321	0.056	0.070	Ok

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	52

				N	2569.0	8907.2	0.0	0.350	0.569	0.340	Ok
5	3735.0	4415.0	0.0	P	8236.3	9735.8	0.0	0.350	0.342	0.450	Ok
				M	31422.1	4411.5	0.0	0.350	0.014	0.120	Ok
				N	3735.0	9154.2	0.0	0.350	0.510	0.480	Ok
6	1964.0	3236.0	0.0	P	5765.4	9499.4	0.0	0.350	0.424	0.340	Ok
				M	33922.0	3234.2	0.0	0.325	0.050	0.060	Ok
				N	1964.0	8754.1	0.0	0.350	0.603	0.370	Ok
7	3232.0	4479.0	0.0	P	6955.1	9638.6	0.0	0.350	0.383	0.460	Ok
				M	31270.3	4475.6	0.0	0.350	0.013	0.100	Ok
				N	3232.0	9049.6	0.0	0.350	0.535	0.490	Ok
8	2481.0	3046.0	0.0	P	7913.4	9715.5	0.0	0.350	0.352	0.310	Ok
				M	34314.5	3044.2	0.0	0.320	0.056	0.070	Ok
				N	2481.0	8887.5	0.0	0.350	0.573	0.340	Ok
9	3183.0	4477.0	0.0	P	6844.3	9626.7	0.0	0.350	0.387	0.470	Ok
				M	31275.0	4473.6	0.0	0.350	0.013	0.100	Ok
				N	3183.0	9039.3	0.0	0.350	0.538	0.500	Ok
10	2569.0	3069.0	0.0	P	8144.9	9730.1	0.0	0.350	0.345	0.320	Ok
				M	34266.9	3067.2	0.0	0.321	0.056	0.070	Ok
				N	2569.0	8907.2	0.0	0.350	0.569	0.340	Ok
11	3735.0	4415.0	0.0	P	8236.3	9735.8	0.0	0.350	0.342	0.450	Ok
				M	31422.1	4411.5	0.0	0.350	0.014	0.120	Ok
				N	3735.0	9154.2	0.0	0.350	0.510	0.480	Ok
12	1972.0	3238.0	0.0	P	5786.9	9502.0	0.0	0.350	0.424	0.340	Ok
				M	33917.9	3236.2	0.0	0.325	0.050	0.060	Ok
				N	1972.0	8756.2	0.0	0.350	0.603	0.370	Ok
13	1895.0	4256.0	0.0	P	4109.9	9230.6	0.0	0.350	0.493	0.460	Ok
				M	31795.9	4252.3	0.0	0.350	0.019	0.060	Ok
				N	1895.0	8735.9	0.0	0.350	0.607	0.490	Ok
14	952.0	4256.0	0.0	P	1957.8	8752.4	0.0	0.350	0.603	0.490	Ok
				M	31795.9	4252.3	0.0	0.350	0.019	0.030	Ok
				N	952.0	8484.5	0.0	0.350	0.664	0.500	Ok
15	163.0	6051.0	0.0	P	222.7	8267.8	0.0	0.350	0.715	0.730	Ok
				M	27188.1	6051.6	0.0	0.350	0.034	0.010	Ok
				N	163.0	8249.3	0.0	0.350	0.720	0.730	Ok
16	952.0	4256.0	0.0	P	1957.8	8752.4	0.0	0.350	0.603	0.490	Ok
				M	31795.9	4252.3	0.0	0.350	0.019	0.030	Ok
				N	952.0	8484.5	0.0	0.350	0.664	0.500	Ok
17	-64.0	7657.0	0.0	P	-68.4	8177.3	0.0	0.350	0.737	0.940	Ok
				M	-1613.6	7657.5	0.0	0.350	0.866	0.040	Ok
				N	-64.0	8178.7	0.0	0.350	0.737	0.940	Ok
18	-120.0	6051.0	0.0	P	-161.6	8148.2	0.0	0.350	0.744	0.740	Ok
				M	-5477.3	6051.6	0.0	0.350	1.363	0.020	Ok
				N	-120.0	8161.2	0.0	0.350	0.741	0.740	Ok
19	-64.0	7657.0	0.0	P	-68.4	8177.3	0.0	0.350	0.737	0.940	Ok
				M	-1613.6	7657.5	0.0	0.350	0.866	0.040	Ok
				N	-64.0	8178.7	0.0	0.350	0.737	0.940	Ok
20	952.0	4256.0	0.0	P	1957.8	8752.4	0.0	0.350	0.603	0.490	Ok
				M	31795.9	4252.3	0.0	0.350	0.019	0.030	Ok
				N	952.0	8484.5	0.0	0.350	0.664	0.500	Ok
21	-64.0	7657.0	0.0	P	-68.4	8177.3	0.0	0.350	0.737	0.940	Ok
				M	-1613.6	7657.5	0.0	0.350	0.866	0.040	Ok
				N	-64.0	8178.7	0.0	0.350	0.737	0.940	Ok
22	952.0	4256.0	0.0	P	1957.8	8752.4	0.0	0.350	0.603	0.490	Ok
				M	31795.9	4252.3	0.0	0.350	0.019	0.030	Ok
				N	952.0	8484.5	0.0	0.350	0.664	0.500	Ok
23	1895.0	4256.0	0.0	P	4109.9	9230.6	0.0	0.350	0.493	0.460	Ok
				M	31795.9	4252.3	0.0	0.350	0.019	0.060	Ok
				N	1895.0	8735.9	0.0	0.350	0.607	0.490	Ok
24	-120.0	6051.0	0.0	P	-161.6	8148.2	0.0	0.350	0.744	0.740	Ok
				M	-5477.3	6051.6	0.0	0.350	1.363	0.020	Ok
				N	-120.0	8161.2	0.0	0.350	0.741	0.740	Ok

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	53

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ε cls	ε acciaio	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
17	-64.0	7657.0	0.0	P	-68.4	8177.3	0.0	0.350	0.737	0.940	Ok
5	3735.0	4415.0	0.0	M	31422.1	4411.5	0.0	0.350	0.014	0.120	Ok
17	-64.0	7657.0	0.0	N	-64.0	8178.7	0.0	0.350	0.737	0.940	Ok

Verifiche taglio-torsione

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.2 (per verif. Vx)

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.2 (per verif. Vy)

Staffe = Ø 12 / 10.0, bracci: 2 dir. X, 2 dir. Y

Risultati delle verifiche:

Vx, Vy, T, N sollecitazioni (F = kN e M = kN m)

VRsdx, VRsdy, TRsd, resistenze acciaio

VRcdx, VRcdy, TRcd, resistenze cls

Verifiche cmb. SLU

Cmb	Vx	Vy	T	N	α c	Ctg θ	Verif Tot	Ver
	VRsdx	VRsdy	TRsd	Vx/VRsdx	Vy/VRsdy	T/TRsd	Verif acc	
	VRcdx	VRcdy	TRcd	Vx/VRcdx	Vy/VRcdy	T/TRcd	Verif cls	
1 SLU	1233.00	0.00	0.00	3183.00	1.128	2.50	0.4906	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4906	0.0000	0.0000	0.4906	
	4209.48	4209.48	1793.33	0.2929	0.0000	0.0000	0.2929	
2 SLU	845.00	0.00	0.00	2569.00	1.104	2.50	0.3362	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3362	0.0000	0.0000	0.3362	
	4117.03	4117.03	1793.33	0.2052	0.0000	0.0000	0.2052	
3 SLU	1234.00	0.00	0.00	3232.00	1.130	2.50	0.4910	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4910	0.0000	0.0000	0.4910	
	4216.86	4216.86	1793.33	0.2926	0.0000	0.0000	0.2926	
4 SLU	845.00	0.00	0.00	2569.00	1.104	2.50	0.3362	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3362	0.0000	0.0000	0.3362	
	4117.03	4117.03	1793.33	0.2052	0.0000	0.0000	0.2052	
5 SLU	1216.00	0.00	0.00	3735.00	1.151	2.50	0.4838	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4838	0.0000	0.0000	0.4838	
	4292.60	4292.60	1793.33	0.2833	0.0000	0.0000	0.2833	
6 SLU	892.00	0.00	0.00	1964.00	1.079	2.50	0.3549	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3549	0.0000	0.0000	0.3549	
	4025.94	4025.94	1793.33	0.2216	0.0000	0.0000	0.2216	
7 SLU	1234.00	0.00	0.00	3232.00	1.130	2.50	0.4910	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4910	0.0000	0.0000	0.4910	
	4216.86	4216.86	1793.33	0.2926	0.0000	0.0000	0.2926	
8 SLU	839.00	0.00	0.00	2481.00	1.100	2.50	0.3338	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3338	0.0000	0.0000	0.3338	
	4103.78	4103.78	1793.33	0.2044	0.0000	0.0000	0.2044	
9 SLU	1233.00	0.00	0.00	3183.00	1.128	2.50	0.4906	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4906	0.0000	0.0000	0.4906	
	4209.48	4209.48	1793.33	0.2929	0.0000	0.0000	0.2929	
10 SLU	845.00	0.00	0.00	2569.00	1.104	2.50	0.3362	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3362	0.0000	0.0000	0.3362	
	4117.03	4117.03	1793.33	0.2052	0.0000	0.0000	0.2052	
11 SLU	1216.00	0.00	0.00	3735.00	1.151	2.50	0.4838	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4838	0.0000	0.0000	0.4838	
	4292.60	4292.60	1793.33	0.2833	0.0000	0.0000	0.2833	
12 SLU	892.00	0.00	0.00	1972.00	1.080	2.50	0.3549	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3549	0.0000	0.0000	0.3549	
	4027.14	4027.14	1793.33	0.2215	0.0000	0.0000	0.2215	
13 SLU	1173.00	0.00	0.00	1895.00	1.076	2.50	0.4667	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4667	0.0000	0.0000	0.4667	
	4015.55	4015.55	1793.33	0.2921	0.0000	0.0000	0.2921	

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	54

14 SLU	1173.00	0.00	0.00	952.00	1.038	2.50	0.4667	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4667	0.0000	0.0000	0.4667	
	3873.56	3873.56	1793.33	0.3028	0.0000	0.0000	0.3028	
15 SLU	1667.00	0.00	0.00	163.00	1.007	2.50	0.6633	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.6633	0.0000	0.0000	0.6633	
	3754.76	3754.76	1793.33	0.4440	0.0000	0.0000	0.4440	
16 SLU	1173.00	0.00	0.00	952.00	1.038	2.50	0.4667	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4667	0.0000	0.0000	0.4667	
	3873.56	3873.56	1793.33	0.3028	0.0000	0.0000	0.3028	
17 SLU	2109.00	0.00	0.00	-64.00	1.000	2.50	0.8391	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.8391	0.0000	0.0000	0.8391	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.5654	0.0000	0.0000	0.5654	
18 SLU	1667.00	0.00	0.00	-120.00	1.000	2.50	0.6633	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.6633	0.0000	0.0000	0.6633	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.4469	0.0000	0.0000	0.4469	
19 SLU	2109.00	0.00	0.00	-64.00	1.000	2.50	0.8391	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.8391	0.0000	0.0000	0.8391	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.5654	0.0000	0.0000	0.5654	
20 SLU	1173.00	0.00	0.00	952.00	1.038	2.50	0.4667	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4667	0.0000	0.0000	0.4667	
	3873.56	3873.56	1793.33	0.3028	0.0000	0.0000	0.3028	
21 SLU	2109.00	0.00	0.00	-64.00	1.000	2.50	0.8391	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.8391	0.0000	0.0000	0.8391	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.5654	0.0000	0.0000	0.5654	
22 SLU	1173.00	0.00	0.00	952.00	1.038	2.50	0.4667	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4667	0.0000	0.0000	0.4667	
	3873.56	3873.56	1793.33	0.3028	0.0000	0.0000	0.3028	
23 SLU	1173.00	0.00	0.00	1895.00	1.076	2.50	0.4667	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.4667	0.0000	0.0000	0.4667	
	4015.55	4015.55	1793.33	0.2921	0.0000	0.0000	0.2921	
24 SLU	1667.00	0.00	0.00	-120.00	1.000	2.50	0.6633	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.6633	0.0000	0.0000	0.6633	
	3730.22	3730.22	1793.33	0.4469	0.0000	0.0000	0.4469	

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (+) = compressione, (-) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 14940.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
25	3006.0	0.0	2218.0	8657.7	0.58	-141278.9	0.39	Ok
26	2870.0	0.0	2643.0	8355.9	0.56	-122585.7	0.34	Ok
27	3007.0	0.0	2215.0	8659.9	0.58	-141415.1	0.39	Ok
28	2870.0	0.0	2643.0	8355.9	0.56	-122585.7	0.34	Ok
29	2870.0	0.0	2643.0	8355.9	0.56	-122585.7	0.34	Ok
30	2855.0	0.0	2341.0	8263.9	0.55	-128631.8	0.36	Ok
31	3007.0	0.0	2215.0	8659.9	0.58	-141415.1	0.39	Ok
32	2841.0	0.0	2364.0	8229.3	0.55	-127192.9	0.35	Ok
33	3006.0	0.0	2218.0	8657.7	0.58	-141278.9	0.39	Ok
34	2870.0	0.0	2643.0	8355.9	0.56	-122585.7	0.34	Ok
35	2870.0	0.0	2643.0	8355.9	0.56	-122585.7	0.34	Ok
36	3007.0	0.0	2215.0	8659.9	0.58	-141415.1	0.39	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	55

Fessure: $WkL = 0.40$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	mm		
37	2888.0	0.0	2345.0	0.19	0.47	Ok
38	2760.0	0.0	2687.0	0.16	0.39	Ok
39	2889.0	0.0	2342.0	0.19	0.47	Ok
40	2760.0	0.0	2687.0	0.16	0.39	Ok
41	2786.0	0.0	2663.0	0.16	0.40	Ok
42	2749.0	0.0	2460.0	0.16	0.41	Ok
43	2889.0	0.0	2342.0	0.19	0.47	Ok
44	2738.0	0.0	2477.0	0.16	0.41	Ok
45	2888.0	0.0	2345.0	0.19	0.47	Ok
46	2760.0	0.0	2687.0	0.16	0.39	Ok
47	2786.0	0.0	2663.0	0.16	0.40	Ok
48	2862.0	0.0	2365.0	0.18	0.46	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 11205.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Fessure: $WkL = 0.30$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
49	2535.0	0.0	2723.0	7442.4	0.66	0.13	0.43	Ok
50	2430.0	0.0	2816.0	7165.6	0.64	0.11	0.38	Ok
51	2535.0	0.0	2723.0	7442.4	0.66	0.13	0.43	Ok
52	2430.0	0.0	2816.0	7165.6	0.64	0.11	0.38	Ok
53	2535.0	0.0	2723.0	7442.4	0.66	0.13	0.43	Ok
54	2430.0	0.0	2816.0	7165.6	0.64	0.11	0.38	Ok
55	2535.0	0.0	2723.0	7442.4	0.66	0.13	0.43	Ok
56	2430.0	0.0	2816.0	7165.6	0.64	0.11	0.38	Ok
57	2535.0	0.0	2723.0	7442.4	0.66	0.13	0.43	Ok
58	2430.0	0.0	2816.0	7165.6	0.64	0.11	0.38	Ok
59	2535.0	0.0	2723.0	7442.4	0.66	0.13	0.43	Ok
60	2430.0	0.0	2816.0	7165.6	0.64	0.11	0.38	Ok

10.3 TABELLA RIEPILOGATIVA ARMATURA PALI

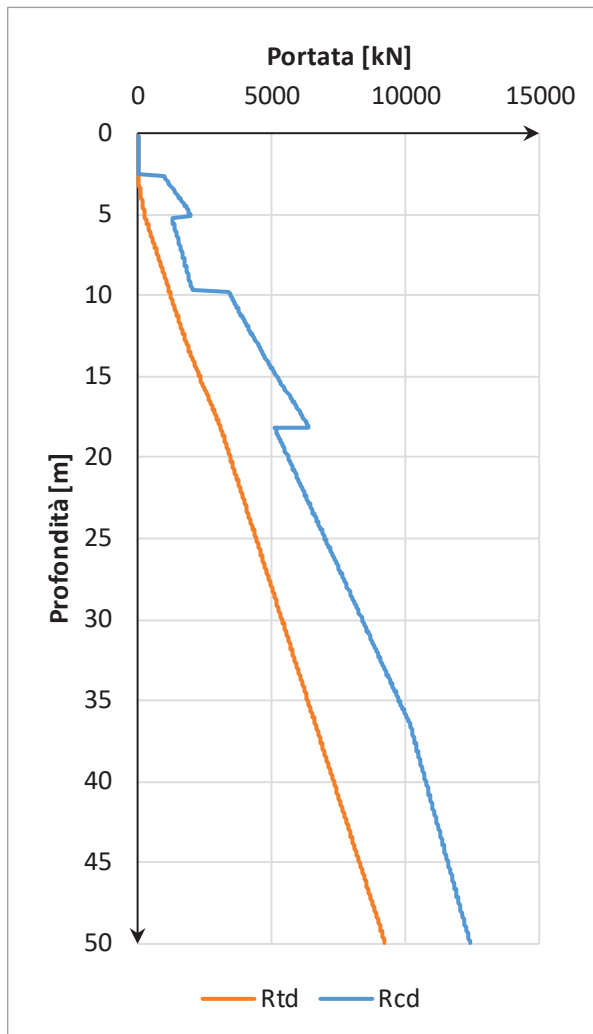
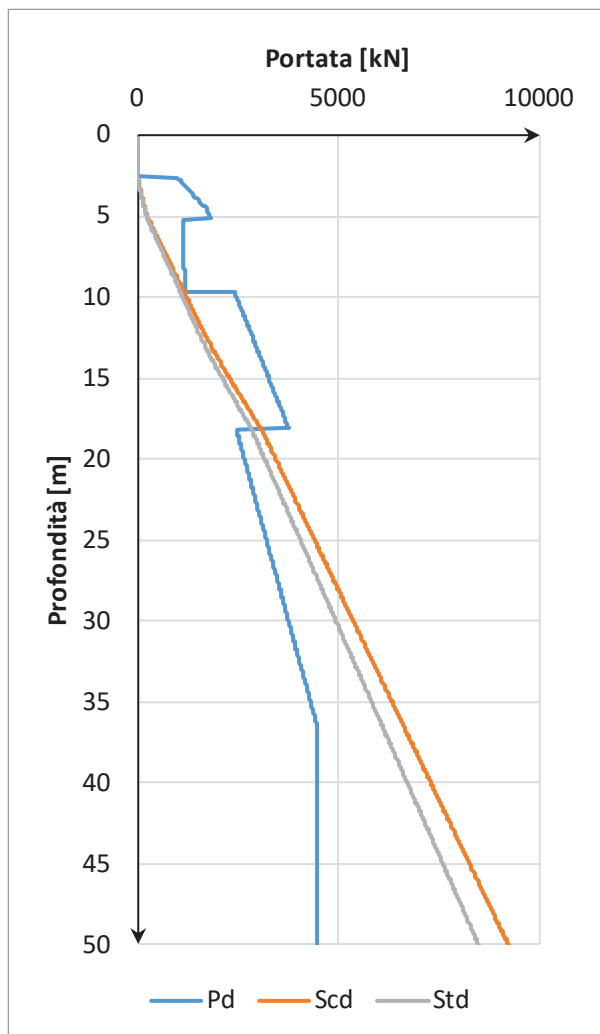
Pila	Lunghezza pali	Arm. Long. Verifiche Strutturali	Arm. Taglio Verifiche Strutturali
Spalla 1	36m	56 Φ 32	Φ 12/10cm
Spalla 2	34m	50 Φ 32	Φ 12/10cm

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	56

11. CURVE DI CAPACITÀ PORTANTE

11.1 STRATIGRAFIA 1



Profondità [m]	Pd [kN]	Scd [kN]	Std [kN]	Rcd [kN]	Rtd [kN]
2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.5	1331.3	79.2	72.8	1348.7	134.7
4.5	1711.7	184.3	169.6	1807.7	257.9
5.5	1120.3	336.5	309.6	1324.3	442.2
6.5	1135.7	535.4	492.6	1494.4	669.3
7.5	1151.1	734.3	675.5	1664.4	896.4
8.5	1166.5	933.1	858.5	1834.5	1123.5
9.5	1181.9	1132.0	1041.4	2004.6	1350.7
10.5	2550.2	1318.4	1213.0	3621.3	1460.4
11.5	2709.6	1514.8	1393.6	3950.5	1667.5

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	13	03	005	C	57

12.5	2869.0	1723.0	1585.2	4291.6	1885.6
13.5	3028.4	1943.1	1787.7	4644.6	2114.6
14.5	3187.8	2175.1	2001.0	5009.4	2354.5
15.5	3347.2	2418.9	2225.4	5386.1	2605.3
16.5	3506.6	2671.5	2457.8	5771.6	2864.2
17.5	3666.0	2924.6	2690.6	6157.6	3123.6
18.5	2497.1	3153.6	2901.3	5191.2	3360.7
19.5	2606.8	3346.4	3078.7	5467.3	3564.7
20.5	2716.6	3539.2	3256.1	5743.3	3768.6
21.5	2826.3	3732.1	3433.5	6019.4	3972.5
22.5	2936.0	3924.9	3610.9	6295.4	4176.4
23.5	3045.7	4117.7	3788.3	6571.5	4380.3
24.5	3155.5	4310.6	3965.7	6847.5	4584.2
25.5	3265.2	4503.4	4143.1	7123.6	4788.1
26.5	3374.9	4696.2	4320.5	7399.6	4992.1
27.5	3484.6	4889.1	4498.0	7675.7	5196.0
28.5	3594.4	5081.9	4675.4	7951.7	5399.9
29.5	3704.1	5274.8	4852.8	8227.8	5603.8
30.5	3813.8	5467.6	5030.2	8503.8	5807.7
31.5	3923.5	5660.4	5207.6	8779.9	6011.6
32.5	4033.3	5853.3	5385.0	9055.9	6215.6
33.5	4143.0	6046.1	5562.4	9332.0	6419.5
34.5	4252.7	6238.9	5739.8	9608.1	6623.4
35.5	4362.4	6431.8	5917.2	9884.1	6827.3
36.5	4466.0	6624.6	6094.6	10154.0	7031.2
37.5	4466.0	6817.4	6272.0	10320.3	7235.1
38.5	4466.0	7010.3	6449.4	10486.6	7439.0
39.5	4466.0	7203.1	6626.8	10653.0	7643.0
40.5	4466.0	7395.9	6804.3	10819.3	7846.9
41.5	4466.0	7588.8	6981.7	10985.6	8050.8
42.5	4466.0	7781.6	7159.1	11152.0	8254.7
43.5	4466.0	7974.4	7336.5	11318.3	8458.6
44.5	4466.0	8167.3	7513.9	11484.6	8662.5
45.5	4466.0	8360.1	7691.3	11650.9	8866.4
46.5	4466.0	8552.9	7868.7	11817.3	9070.4
47.5	4466.0	8745.8	8046.1	11983.6	9274.3
48.5	4466.0	8938.6	8223.5	12149.9	9478.2
49.5	4466.0	9131.4	8400.9	12316.2	9682.1