

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

VI11 – Ponte su canale km 20+580,00 e km 20+605,00

Relazione di calcolo Pali di fondazione

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.

Il Direttore Tecnico

(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data

firma

Data

firma

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 1 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	

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
<b>LI0B</b>		<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>1</b>

## INDICE

<b>1.. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
2.1 Normativa di riferimento .....	3
2.2 Documenti di riferimento .....	3
2.3 Bibliografia di riferimento .....	3
<b>3.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
3.1 Calcestruzzo pali e plinti di fondazione Rck > 30 Mpa (C25/30) .....	5
3.2 Acciaio d'armatura B450C .....	5
<b>4.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>6</b>
<b>5.. AZIONI INTRADOSSO DELLA FONDAZIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>6.. CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>11</b>
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
<b>7.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV VERTICALE .....</b>	<b>15</b>
7.1 SPALLA 01 .....	15
7.2 SPALLA 02 .....	16
<b>8.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV ORIZZONTALE .....</b>	<b>17</b>
8.1 PALIFICATA SPALLA 01 .....	18
8.2 PALIFICATE SPALLA 02 .....	20
<b>9.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLE .....</b>	<b>22</b>
9.1 PALIFICATE SPALLA 01 .....	22
9.2 PALIFICATE SPALLA 02 .....	27
<b>10. VERIFICHE STRUTTURALI PALI SLU/SLE .....</b>	<b>32</b>
10.1 SPALLA 01 .....	39
10.2 SPALLA 2 .....	46
10.3 TABELLA RIEPILOGATIVA ARMATURA PALI .....	52
<b>11. CURVE DI CAPACITÀ PORTANTE .....</b>	<b>53</b>
11.1 STRATIGRAFIA 1 .....	53

Relazione di calcolo Pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	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.

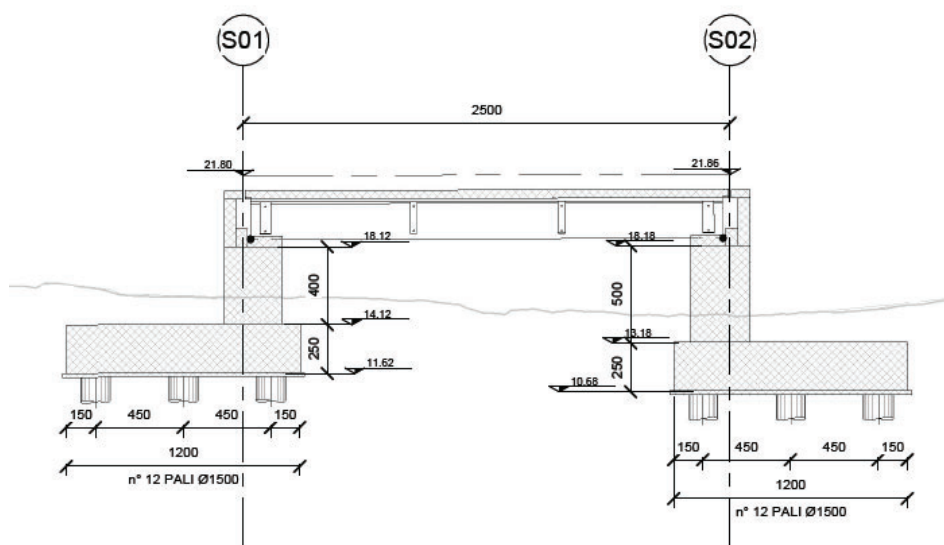


Figura 1. Rappresentazione del viadotto in esame

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

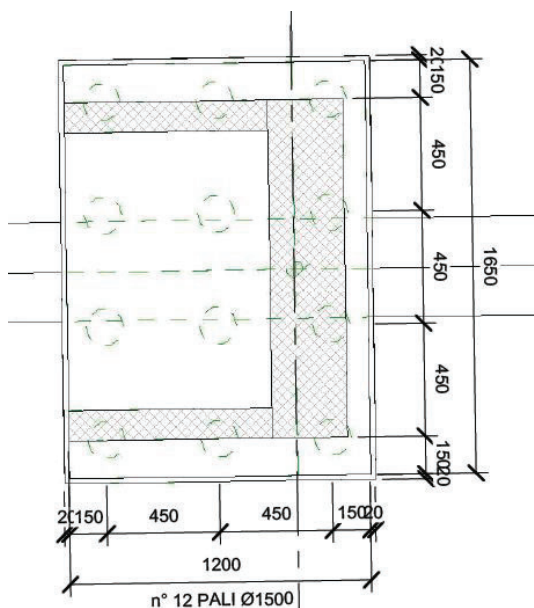


Figura 2. Pianta delle fondazioni delle pile e delle spalle

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

Tabella 1. Descrizione delle opere.

WBS	PILE	Tipologia	H	Altezza di calcolo	Stratigrafia
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[-]
VI11	Spalla 1	fissa	3.5	3.5	1
	Spalla 2	mobile	4	4	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;

 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>4</b>

- 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*.



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>6</b>

#### 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]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	cu [kPa]	$q_{blim}$ [kPa]	$q_{slim}$ [kPa]	$Nq^*[-]$
ba2	Da 0.0 a 2.0	19	33	-	4300	60	13
CGC1g	Da 2.0 a 4.0	19	39	-	5800	125	26
CGC1s	Da 4.0 a 13.5	19	36	-	4300	90	15
CGC1g	Da 13.5 a 17.0	19	39	-	5800	125	26
CGC1s	Da 17.0 a 22.0	19	36	-	4300	90	25
CGC2	Da 22.0 a 24.0	20	-	150	$9 \cdot cu + \sigma_v$	100	-
SSR	Da 24.0 a 30.0	19.5	35	-	5800	80	15

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

Resistenza	Simbolo	Trivellato
		$\gamma_R$
Base	$\gamma_b$	1.35
Lat. (compr.)	$\gamma_s$	1.15
Tot. (compr)	$\gamma_t$	1.30
Lat. (traz)	$\gamma_{st}$	1.25

- La falda viene assunta ad una profondità di 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	11	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):

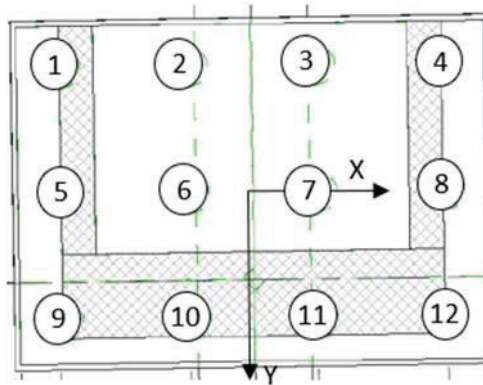


Figura 3. Sistema di riferimento per le fondazioni delle spalle con indicazione della numerazione dei pali

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	59513	515	-5242	10093	75263	-1749	75446	10107
Nvert Min	SLU24	37900	-351	3290	6166	30881	1475	31056	6176
Vtrasv Max	SLU15	43639	530	-5062	7775	65613	-1690	65808	7794
Vtrasv Min	SLU16	37900	-351	3290	6166	30881	1475	31056	6176
Mtrasv Max	SLU13	37900	-351	3290	6515	33188	1475	33351	6525
Mtrasv Min	SLU4	43462	356	-8996	7951	66029	995	66639	7959
Vlong Max	SLU7	54315	283	-7920	11562	63122	3775	63617	11565
Vlong Min	SLU20	38209	0	0	6094	31710	-7	31710	6094
Mlong Max	SLU14	46195	515	-5242	7716	75951	-1749	76132	7733
Mlong Min	SLU22	51218	-351	3290	8543	30193	1475	30372	8551
Mtorc Max	SLU19	40997	283	-7920	9184	63810	3775	64300	9188
Mtorc Min	SLU13	46195	515	-5242	7716	75951	-1749	76132	7733
Nvert Max	SLV5	44135	3556	-15814	9245	50590	-3052	53004	9905
Nvert Min	SLV6	32283	3556	-15814	9245	40417	-3052	43401	9905
Vtrasv Max	SLV3	39987	11852	-52713	9245	47030	-10173	70643	15031
Vtrasv Min	SLV6	32283	3556	-15814	9245	40417	-3052	43401	9905
Mtrasv Max	SLV1	39987	3556	-15814	19312	89560	-3052	90945	19637
Mtrasv Min	SLV6	36431	11852	-52713	9245	43978	-10173	68649	15031
Vlong Max	SLV1	39987	3556	-15814	19312	89560	-3052	90945	19637
Vlong Min	SLV6	32283	3556	-15814	9245	40417	-3052	43401	9905
Mlong Max	SLV1	39987	3556	-15814	19312	89560	-3052	90945	19637
Mlong Min	SLV4	32283	3556	-15814	9245	40417	-3052	43401	9905
Mtorc Max	SLV5	44135	3556	-15814	9245	50590	-3052	53004	9905



**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>8</b>

Mtorc Min	SLV4	36431	11852	-52713	9245	43978	-10173	68649	15031
Nvert Max	RA1	42075	350	-3546	7222	56398	-1020	56509	7230
Nvert Min	RA12	38003	-234	2194	5674	29076	983	29159	5679
Vtrasv Max	RA3	41886	360	-3414	7288	56039	-930	56143	7296
Vtrasv Min	RA12	38003	-234	2194	5674	29076	983	29159	5679
Mtrasv Max	RA1	38003	-234	2194	5674	29076	983	29159	5679
Mtrasv Min	RA12	40177	240	-6011	6985	46858	1717	47242	6989
Vlong Max	RA7	40127	220	-5714	7772	51852	2493	52165	7776
Vlong Min	RA12	38003	-234	2194	5674	29076	983	29159	5679
Mlong Max	RA12	42075	350	-3546	7222	56398	-1020	56509	7230
Mlong Min	RA6	38003	-234	2194	5674	29076	983	29159	5679
Mtorc Max	RA7	40127	220	-5714	7772	51852	2493	52165	7776
Mtorc Min	RA10	42075	350	-3546	6675	52793	-1040	52912	6685
Nvert Max	FR1	41109	263	-2659	6649	49117	-765	49189	6654
Nvert Min	FR12	38054	-176	1645	5400	28049	737	28098	5403
Vtrasv Max	FR3	40967	270	-2561	6698	48848	-697	48915	6704
Vtrasv Min	FR12	38054	-176	1645	5400	28049	737	28098	5403
Mtrasv Max	FR1	38054	-176	1645	5488	28626	737	28673	5491
Mtrasv Min	FR12	39685	180	-4508	6384	41386	1287	41631	6386
Vlong Max	FR7	39648	165	-4285	7062	45708	1870	45908	7064
Vlong Min	FR12	38054	-176	1645	5400	28049	737	28098	5403
Mlong Max	FR12	41109	263	-2659	6649	49117	-765	49189	6654
Mlong Min	FR6	38054	-176	1645	5400	28049	737	28098	5403
Mtorc Max	FR7	39648	165	-4285	7062	45708	1870	45908	7064
Mtorc Min	FR10	41109	263	-2659	6152	45837	-780	45914	6157
Nvert Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0	27277	4930
Nvert Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0	24969	4581
Vtrasv Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0	27277	4930
Vtrasv Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0	24969	4581
Mtrasv Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0	27277	4930
Mtrasv Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0	24969	4581
Vlong Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0	27277	4930
Vlong Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0	24969	4581
Mlong Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0	27277	4930
Mlong Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0	24969	4581
Mtorc Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0	27277	4930
Mtorc Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0	24969	4581

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	60169	363	-3906	9097	71738	-1510	71844	9104
Nvert Min	SLU24	38048	-351	3290	6166	31705	1475	31875	6176
Vtrasv Max	SLU15	44093	530	-5212	6719	60747	-2211	60970	6740
Vtrasv Min	SLU16	38048	-351	3290	6166	31705	1475	31875	6176

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>9</b>

Mtrasv Max	SLU13	38048	-351	3290	6515	34012	1475	34171	6525
Mtrasv Min	SLU4	41681	356	-9713	6719	50613	-1480	51536	6728
Vlong Max	SLU11	57486	530	-5212	9097	60471	-2211	60695	9112
Vlong Min	SLU20	38357	0	0	6094	32534	-7	32534	6094
Mlong Max	SLU14	46776	363	-3906	6719	72014	-1510	72120	6729
Mlong Min	SLU19	51441	-351	3290	8543	31429	1475	31601	8551
Mtorc Max	SLU14	38048	-351	3290	6515	34012	1475	34171	6525
Mtorc Min	SLU15	44093	530	-5212	6719	60747	-2211	60970	6740
Nvert Max	SLV5	44304	3568	-15861	8436	46649	-3121	49272	9160
Nvert Min	SLV6	32411	3568	-15861	8436	36244	-3121	39563	9160
Vtrasv Max	SLV3	40142	11894	-52870	8436	43007	-10405	68153	14582
Vtrasv Min	SLV6	32411	3568	-15861	8436	36244	-3121	39563	9160
Mtrasv Max	SLV1	40142	3568	-15861	16616	74148	-3121	75826	16995
Mtrasv Min	SLV6	36573	11894	-52870	8436	39886	-10405	66228	14582
Vlong Max	SLV1	40142	3568	-15861	16616	74148	-3121	75826	16995
Vlong Min	SLV6	32411	3568	-15861	8436	36244	-3121	39563	9160
Mlong Max	SLV1	40142	3568	-15861	16616	74148	-3121	75826	16995
Mlong Min	SLV4	32411	3568	-15861	8436	36244	-3121	39563	9160
Mtorc Max	SLV5	44304	3568	-15861	8436	46649	-3121	49272	9160
Mtorc Min	SLV4	36573	11894	-52870	8436	39886	-10405	66228	14582
Nvert Max	RA1	42582	308	-3273	6122	51466	-1286	51570	6129
Nvert Min	RA12	38151	-234	2194	5674	29900	983	29981	5679
Vtrasv Max	RA3	42372	360	-3580	6122	50585	-1504	50711	6132
Vtrasv Min	RA12	38151	-234	2194	5674	29900	983	29981	5679
Mtrasv Max	RA1	38151	-234	2194	5674	29900	983	29981	5679
Mtrasv Min	RA12	40768	220	-6702	5625	40566	-931	41116	5629
Vlong Max	RA11	42372	360	-3580	6122	50585	-1504	50711	6132
Vlong Min	RA8	42582	308	-3273	5575	47862	-1305	47973	5584
Mlong Max	RA12	42582	308	-3273	6122	51466	-1286	51570	6129
Mlong Min	RA6	38151	-234	2194	5674	29900	983	29981	5679
Mtorc Max	RA12	38151	-234	2194	5674	29900	983	29981	5679
Mtorc Min	RA3	42372	360	-3580	6122	50585	-1504	50711	6132
Nvert Max	FR1	41526	231	-2455	5824	45625	-964	45691	5828
Nvert Min	FR12	38203	-176	1645	5400	28874	737	28920	5403
Vtrasv Max	FR3	41369	270	-2685	5824	44964	-1128	45044	5830
Vtrasv Min	FR12	38203	-176	1645	5400	28874	737	28920	5403
Mtrasv Max	FR1	38203	-176	1645	5488	29450	737	29496	5491
Mtrasv Min	FR12	40165	165	-5026	5364	36873	-698	37214	5366
Vlong Max	FR11	41369	270	-2685	5824	44964	-1128	45044	5830
Vlong Min	FR8	41526	231	-2455	5327	42345	-979	42416	5332
Mlong Max	FR12	41526	231	-2455	5824	45625	-964	45691	5828
Mlong Min	FR6	38203	-176	1645	5400	28874	737	28920	5403
Mtorc Max	FR12	38203	-176	1645	5488	29450	737	29496	5491
Mtorc Min	FR3	41369	270	-2685	5736	44387	-1128	44468	5743
Nvert Max	QP1	38357	0	0	4930	28101	0	28101	4930
Nvert Min	QP12	38357	0	0	4581	25794	0	25794	4581
Vtrasv Max	QP1	38357	0	0	4930	28101	0	28101	4930

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	10

Vtrasv Min	QP12	38357	0	0	4581	25794	0	25794	4581
Mtrasv Max	QP1	38357	0	0	4930	28101	0	28101	4930
Mtrasv Min	QP12	38357	0	0	4581	25794	0	25794	4581
Vlong Max	QP1	38357	0	0	4930	28101	0	28101	4930
Vlong Min	QP12	38357	0	0	4581	25794	0	25794	4581
Mlong Max	QP1	38357	0	0	4930	28101	0	28101	4930
Mlong Min	QP12	38357	0	0	4581	25794	0	25794	4581
Mtorc Max	QP1	38357	0	0	4930	28101	0	28101	4930
Mtorc Min	QP12	38357	0	0	4581	25794	0	25794	4581

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	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  $\xi_3$  è un coefficiente che tiene conto del numero di verticali indagate e  $(\gamma_b, \gamma_s)$  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  $\xi_3$  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)

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
<b>LI0B</b>		<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	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  $\sigma_{vL}$  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  $\eta$  (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  $\sigma'_{vL}$  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

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

gruppo, mentre la componente momento ha soltanto un'influenza molto modesta sulla capacità laterale, 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:

$$\begin{aligned}
 H_{dc} &= \eta_h n \frac{H_k(M_{yc})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yc})}{\xi_3 \gamma_{tr}} \\
 H_{dt} &= \eta_h n \frac{H_k(M_{yt})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yt})}{\xi_3 \gamma_{tr}}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

in cui  $\eta_h$  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

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

mentre per terreni incoerenti, si ha:

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

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

$$\begin{aligned}
 R_{ck} &= 30 MPa \\
 f_{yk} &= 450 MPa \\
 \gamma_s &= 1 \\
 \gamma_c &= 1
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	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:

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

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



Relazione di calcolo Pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	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  $\alpha$  rispetto all'asse X corrispondente alla diagonale del rettangolo che inscrive il sistema di pali.

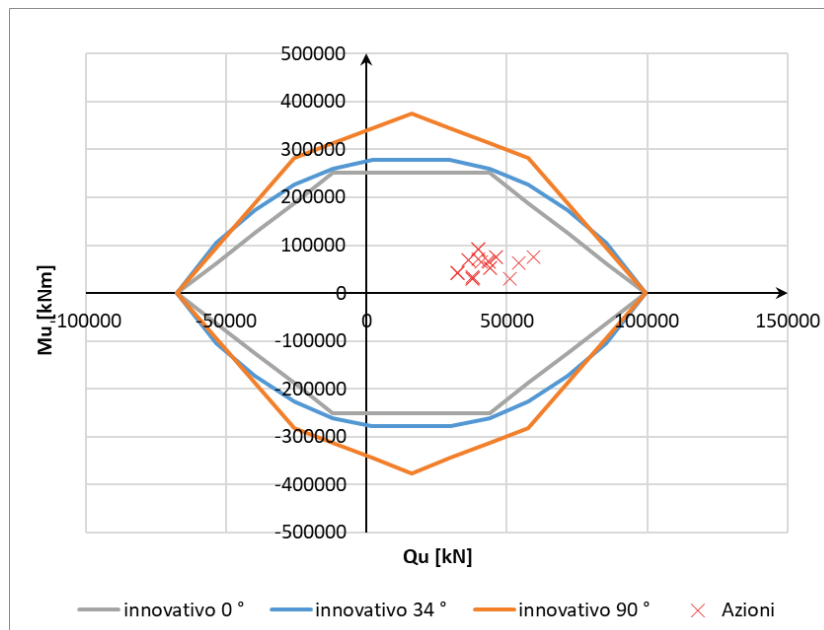
Si fa presente che le azioni utilizzate per il dimensionamento tramite la teoria dei domini di collasso sono l'azione verticale e la composizione vettoriale dei momenti sollecitanti l'intradosso della fondazione. Se queste ultime saranno comprese nei domini di collasso calcolato con  $\alpha = 0$ , angolo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

### 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]
28.0	8287	5629



Relazione di calcolo Pali di  
fondazione

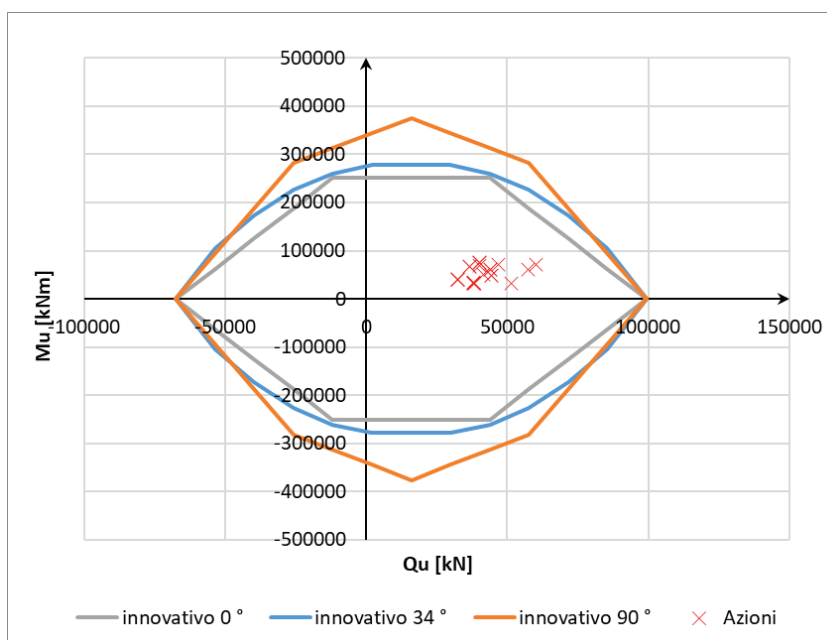
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	03	005	C	16

## 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]
28.0	8287	5629



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 11 03</b>			PROGR <b>005</b>

## 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 ( $\gamma_s$ ) ed il cls ( $\gamma_c$ ).

Tali momenti resistenti  $M_y$ , essendo dipendenti dallo sforzo normale agente sul palo stesso, sono stati determinati in corrispondenza dei valori limite (Nu-P)  $\rightarrow$  resistenza verticale a compressione ed Su +P  $\rightarrow$  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).

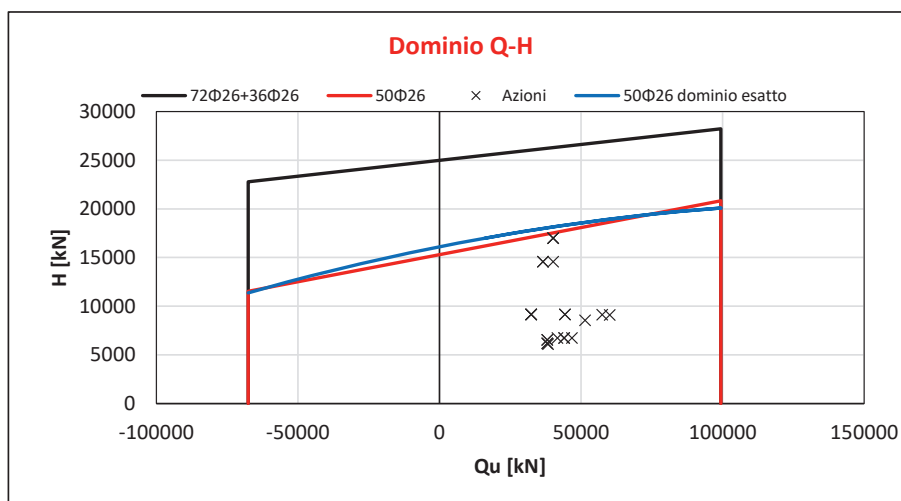
Il calcolo della resistenza orizzontale limite del terreno è stato effettuato considerando le reali successioni di strati di terreno a partire dalla quota testa palo che presenta un affondamento di 2.5m da piano campagna. Utilizzando la teoria di Broms non è possibile tenere conto del sovrappeso dato 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 02, 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	9321	3968
Di Laora et al. (2020)	9828	4057



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>18</b>

## 8.1 PALIFICATA SPALLA 01

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature utilizzate (**50Φ30**):

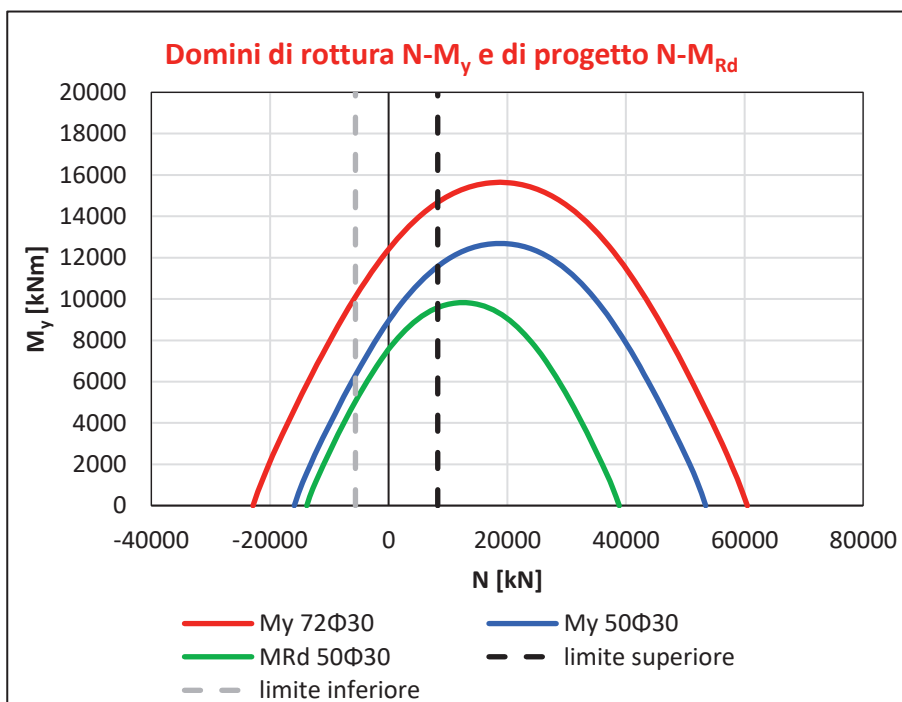


Figura 4. Dominio della sezione del palo con armature utilizzate.

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	$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
<b>50Φ30</b>	<b>28.0</b>	8287	11586	2152
		-5629	6304	1434

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 <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 11 03</b>			PROGR <b>005</b>

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

Q <sub>tot</sub> [kN]	H <sub>tot</sub> [kN]
99443	0
99443	23239
-67552	15487
-67552	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:

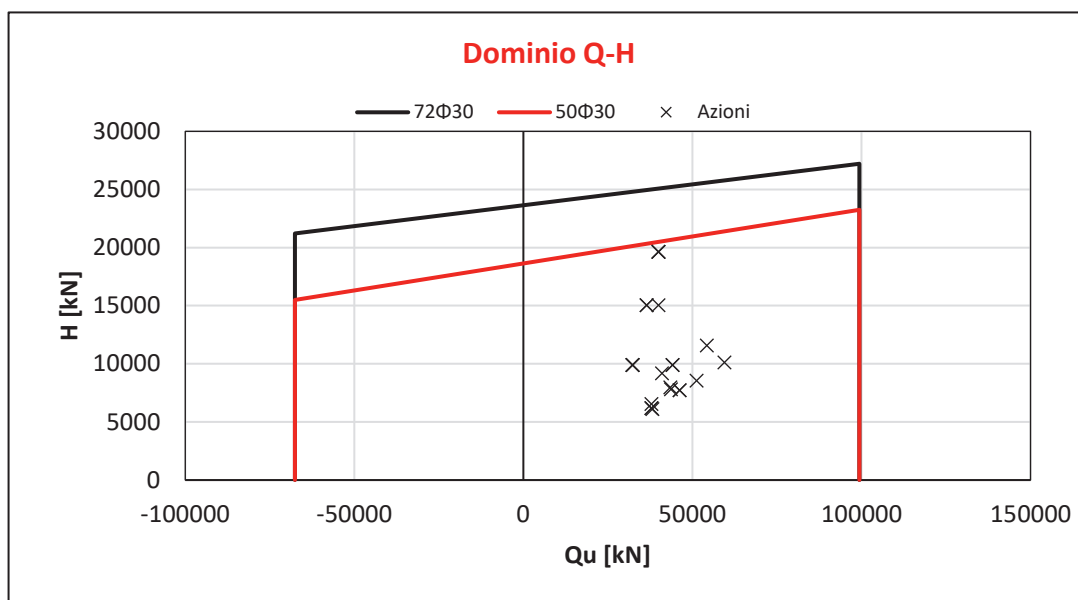


Figura 5. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	03	005	C	20

## 8.2 PALIFICATE SPALLA 02

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature utilizzate (50Φ26):

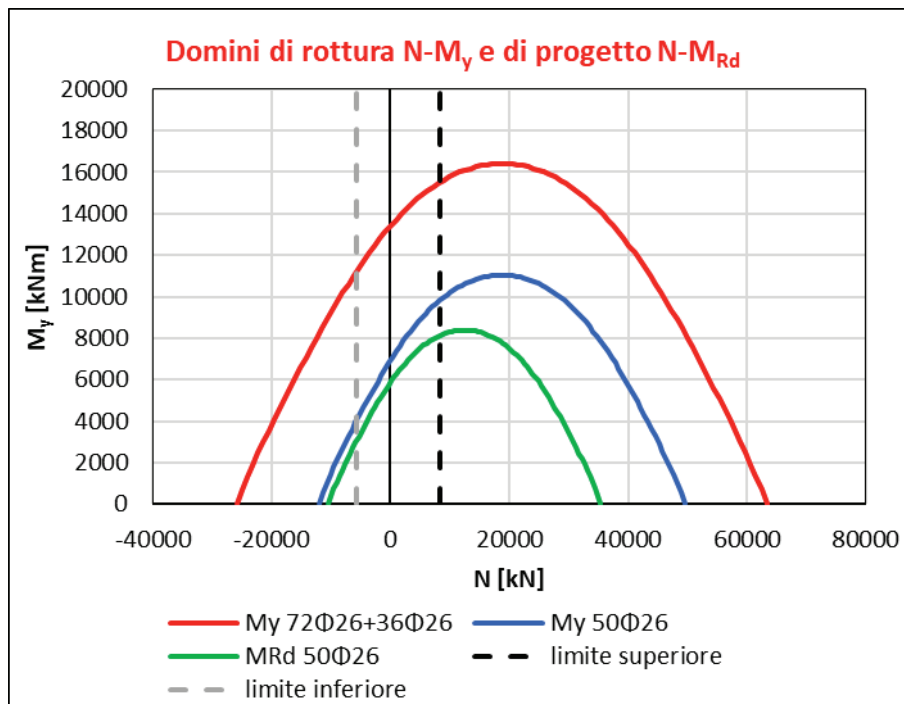


Figura 6. Dominio della sezione del palo con armature utilizzate.

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]
50Φ26	28.0	8287	9828	1928
		-5629	4057	1069

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 <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 11 03</b>			PROGR <b>005</b>

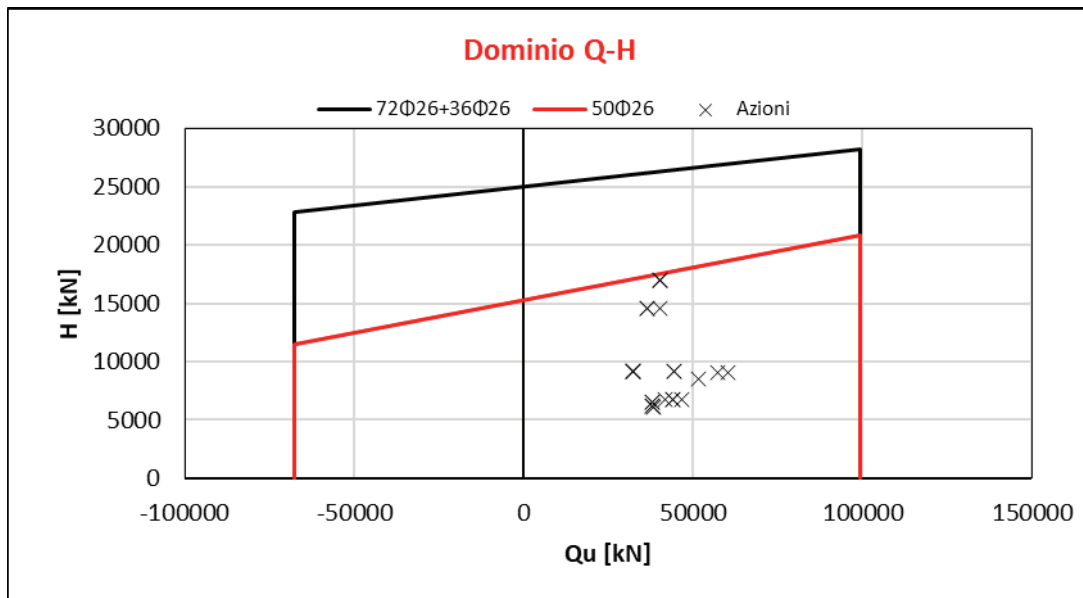
Tabella 10. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H

$Q_{tot}$	$H_{tot}$
[kN]	[kN]
99443	0
99443	20825
-67552	11544
-67552	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'armatura predisposta.





MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	22

## 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:

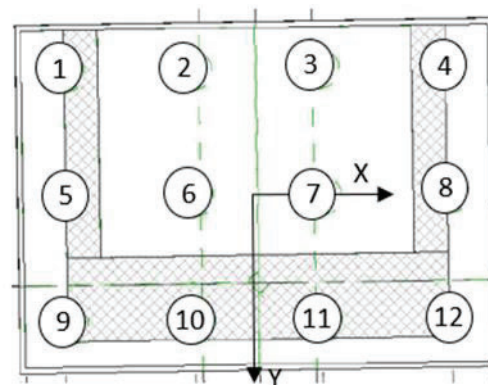
$$N_i = \frac{Q}{p} + \frac{M_y}{\sum x_i^2} x_i + \frac{M_x}{\sum y_i^2} y_i$$

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 assiale 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 <sub>max, singolo palo</sub>	M <sub>max, singolo palo</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	RA1	2018	1966	1913	1861	3585	3533	3480	3427	5152	5099	5047	4994	603	2410
Nvert Min	RA1 2	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Vtrasv Max	RA3	2010	1959	1909	1858	3566	3516	3465	3415	5123	5072	5022	4971	608	2432

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>23</b>

Vtrasv Min	RA1 2	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Mtrasv Max	RA1	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Mtrasv Min	RA1 2	2180	2091	2002	1913	3482	3393	3304	3214	4783	4694	4605	4516	582	2330
Vlong Max	RA7	2031	1946	1861	1777	3471	3386	3302	3217	4911	4827	4742	4657	648	2592
Vlong Min	RA1 2	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Mlong Max	RA1 2	2018	1966	1913	1861	3585	3533	3480	3427	5152	5099	5047	4994	603	2410
Mlong Min	RA6	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Mtorc Max	RA7	2031	1946	1861	1777	3471	3386	3302	3217	4911	4827	4742	4657	648	2592
Mtorc Min	RA1 0	2119	2066	2014	1961	3585	3533	3480	3427	5052	4999	4946	4894	557	2228
Nvert Max	FR1	2120	2081	2042	2002	3485	3445	3406	3367	4849	4810	4770	4731	554	2218
Nvert Min	FR1 2	2355	2380	2404	2429	3135	3159	3183	3208	3914	3938	3963	3987	450	1801
Vtrasv Max	FR3	2114	2076	2038	2000	3471	3433	3395	3357	4828	4790	4752	4714	559	2235
Vtrasv Min	FR1 2	2355	2380	2404	2429	3135	3159	3183	3208	3914	3938	3963	3987	450	1801
Mtrasv Max	FR1	2339	2364	2388	2413	3135	3159	3183	3208	3930	3954	3979	4003	458	1830
Mtrasv Min	FR1 2	2258	2191	2124	2057	3407	3340	3274	3207	4557	4490	4423	4356	532	2129
Vlong Max	FR7	2130	2066	2003	1939	3399	3336	3272	3209	4669	4605	4542	4478	589	2355
Vlong Min	FR1 2	2355	2380	2404	2429	3135	3159	3183	3208	3914	3938	3963	3987	450	1801
Mlong Max	FR1 2	2120	2081	2042	2002	3485	3445	3406	3367	4849	4810	4770	4731	554	2218
Mlong Min	FR6	2355	2380	2404	2429	3135	3159	3183	3208	3914	3938	3963	3987	450	1801
Mtorc Max	FR7	2130	2066	2003	1939	3399	3336	3272	3209	4669	4605	4542	4478	589	2355
Mtorc Min	FR1 0	2212	2172	2133	2093	3485	3445	3406	3367	4758	4719	4679	4640	513	2052
Nvert Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Nvert Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Vtrasv Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Vtrasv Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mtrasv Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mtrasv Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Vlong Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Vlong Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mlong Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mlong Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mtorc Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mtorc Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527

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

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	24

Tabella 12. Verifica secondo MdP Italferr

Verifica SLE da MdP Italferr				
Lp	Ned	QL	QL/1.25	FS
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
<b>28.0</b>	5151.7	9505.0	7604.0	<b>1.51</b>

### 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

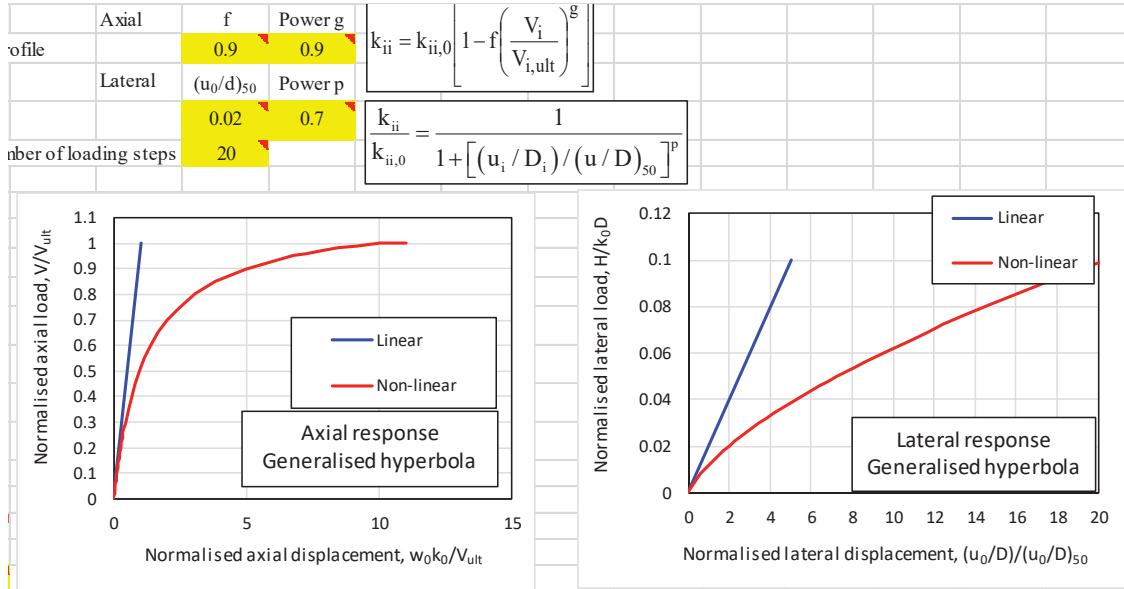
Soil details:			Symbols
Axial: Surface shear modulus, $G(0)$	67308		$G_{0a}$
Axial: Shear modulus gradient, $dG/dz$	6730		$Gm_a$
Axial: Shear modulus below base, $G_b$	269231		$G_b$
Lateral: Surface shear modulus, $G(0)$	67308		$G_{0l}$
Lateral: Shear modulus gradient, $dG/dz$	6730		$Gm_l$
Poisson's ratio (all loading modes)	0.3		$\nu$
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		$E_{p/xf}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: x-z)	30000000		$E_{p/x}$
Young's modulus: Free-standing part (lateral)	0		$E_{p/yf}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: y-z)	30000000		$E_{p/y}$
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).

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>25</b>

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.

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	0.0045	0.0001	0.0023	0.0000	0.0003	0.0000
RA12	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA3	0.0044	0.0001	0.0024	0.0000	0.0003	0.0000
RA12	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA1	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA12	0.0041	0.0001	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
RA7	0.0042	0.0001	0.0025	0.0000	0.0002	0.0000
RA12	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA12	0.0045	0.0001	0.0023	0.0000	0.0003	0.0000
RA6	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA7	0.0042	0.0001	0.0025	0.0000	0.0002	0.0000
RA10	0.0044	0.0001	0.0022	0.0000	0.0003	0.0000
FR1	0.0043	0.0001	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0038	-0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0000
FR3	0.0043	0.0001	0.0022	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0038	-0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0000
FR1	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
FR12	0.0041	0.0001	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000
FR7	0.0041	0.0001	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0038	-0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0000
FR12	0.0043	0.0001	0.0021	0.0000	0.0002	0.0000

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>												
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO		
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	03	005	C	26		

FR6	0.0038	-0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0000
FR7	0.0041	0.0001	0.0023	0.0000	0.0002	0.0000
FR10	0.0043	0.0001	0.0020	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	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.

$$H_{\max, \text{singolo palo}} = 648 \text{ kN}$$

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.

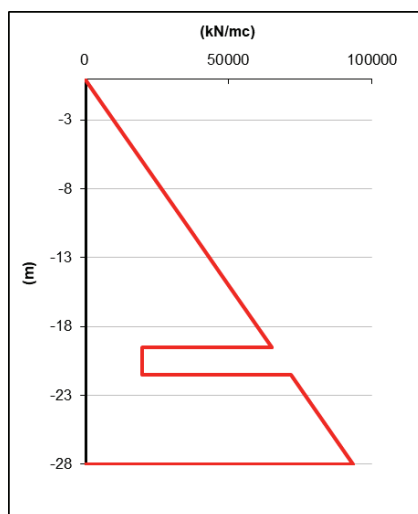


Figura 8. Rigidezze all'interfaccia terreno-palo

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>27</b>

Vengono infine mostrati i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo dal quale è possibile dedurre che il valore di  $\alpha$  (Med/Ved a quota testa palo) è pari a **4.00**.

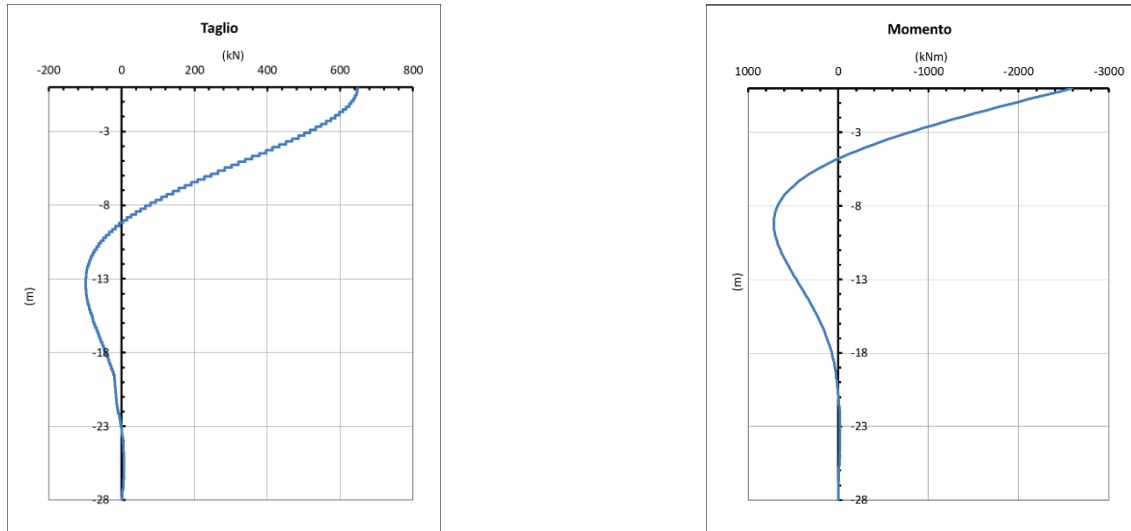
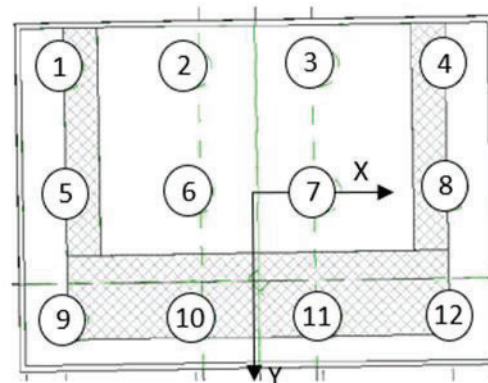


Figura 9. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock e Reese.

**9.2 PALIFICATE SPALLA 02**

**9.2.1 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 16. 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 <sub>max, singolo palo</sub>	M <sub>max, singolo palo</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	RA1	2192	2143	2095	2046	3621	3573	3524	3476	5051	5002	4954	4905	511	2043
Nvert Min	RA1 2	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>28</b>

Vtrasv Max	RA3	2205	2152	2099	2046	3611	3558	3505	3451	5016	4963	4910	4857	511	2044
Vtrasv Min	RA1 2	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Mtrasv Max	RA1	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Mtrasv Min	RA1 2	2419	2320	2221	2122	3546	3447	3348	3248	4673	4574	4475	4375	469	1876
Vlong Max	RA1 1	2205	2152	2099	2046	3611	3558	3505	3451	5016	4963	4910	4857	511	2044
Vlong Min	RA8	2292	2243	2195	2146	3621	3573	3524	3476	4951	4902	4854	4805	465	1861
Mlong Max	RA1 2	2192	2143	2095	2046	3621	3573	3524	3476	5051	5002	4954	4905	511	2043
Mlong Min	RA6	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Mtorc Max	RA1 2	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Mtorc Min	RA3	2205	2152	2099	2046	3611	3558	3505	3451	5016	4963	4910	4857	511	2044
Nvert Max	FR1	2248	2211	2175	2139	3515	3479	3442	3406	4782	4746	4710	4673	486	1943
Nvert Min	FR1 2	2345	2369	2394	2418	3147	3171	3196	3220	3949	3973	3998	4022	450	1801
Vtrasv Max	FR3	2258	2218	2178	2139	3507	3467	3427	3388	4756	4716	4676	4637	486	1943
Vtrasv Min	FR1 2	2345	2369	2394	2418	3147	3171	3196	3220	3949	3973	3998	4022	450	1801
Mtrasv Max	FR1	2329	2353	2378	2402	3147	3171	3196	3220	3965	3989	4014	4038	458	1830
Mtrasv Min	FR1 2	2435	2360	2286	2211	3459	3384	3310	3235	4483	4409	4334	4260	447	1789
Vlong Max	FR1 1	2258	2218	2178	2139	3507	3467	3427	3388	4756	4716	4676	4637	486	1943
Vlong Min	FR8	2339	2302	2266	2230	3515	3479	3442	3406	4691	4655	4619	4582	444	1777
Mlong Max	FR1 2	2248	2211	2175	2139	3515	3479	3442	3406	4782	4746	4710	4673	486	1943
Mlong Min	FR6	2345	2369	2394	2418	3147	3171	3196	3220	3949	3973	3998	4022	450	1801
Mtorc Max	FR1 2	2329	2353	2378	2402	3147	3171	3196	3220	3965	3989	4014	4038	458	1830
Mtorc Min	FR3	2274	2234	2195	2155	3507	3467	3427	3388	4740	4700	4660	4621	479	1914
Nvert Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Nvert Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Vtrasv Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Vtrasv Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Mtrasv Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Mtrasv Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Vlong Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Vlong Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Mlong Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Mlong Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Mtorc Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Mtorc Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527

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



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 11 03</b>			PROGR <b>005</b>

Tabella 17. Verifica secondo MdP Italferr

Verifica SLE da MdP Italferr				
Lp	Ned	QL	QL/1.25	FS
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
28.0	5050.9	9505.0	7604.0	1.51

## 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:

Tabella 18. Caratteristiche del terreno e dei pali

Soil details:			Symbols
Axial: Surface shear modulus, $G(0)$	67308		$G_{0a}$
Axial: Shear modulus gradient, $dG/dz$	6730		$G_{0a}$
Axial: Shear modulus below base, $G_b$	269231		$G_b$
Lateral: Surface shear modulus, $G(0)$	67308		$G_{0l}$
Lateral: Shear modulus gradient, $dG/dz$	6730		$G_{0l}$
Poisson's ratio (all loading modes)	0.3		$\nu$
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		$E_{pfx}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: x-z)	30000000		$E_{plx}$
Young's modulus: Free-standing part (lateral)	0		$E_{pfy}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: y-z)	30000000		$E_{py}$
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 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).

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>30</b>

Tabella 19. Identificazione del comportamento non lineare del palo.

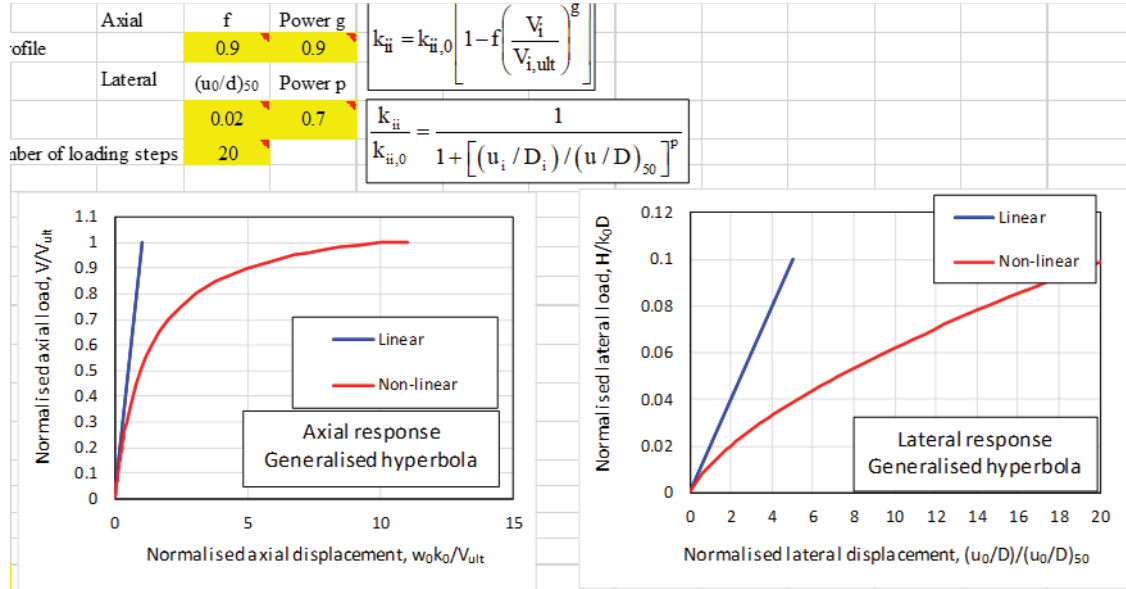


Tabella 20. Valori di cedimenti e rotazioni calcolati per le combinazioni SLE tramite PIGLET.

Cedimenti e rotazioni del plinto						
ID Combinazione	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	0.0045	0.0001	0.0020	0.0000	0.0003	0.0000
RA12	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA3	0.0045	0.0001	0.0020	0.0000	0.0003	0.0000
RA12	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA1	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA12	0.0042	0.0001	0.0018	0.0000	0.0002	0.0000
RA11	0.0045	0.0001	0.0020	0.0000	0.0003	0.0000
RA8	0.0045	0.0001	0.0018	0.0000	0.0002	0.0000
RA12	0.0045	0.0001	0.0020	0.0000	0.0003	0.0000
RA6	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA12	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
RA3	0.0045	0.0001	0.0020	0.0000	0.0003	0.0000
FR1	0.0043	0.0001	0.0019	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0038	-0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0000
FR3	0.0043	0.0001	0.0019	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0038	-0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0000
FR1	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
FR12	0.0041	0.0001	0.0017	0.0000	0.0002	0.0000
FR11	0.0043	0.0001	0.0019	0.0000	0.0002	0.0000
FR8	0.0043	0.0001	0.0017	0.0000	0.0002	0.0000
FR12	0.0043	0.0001	0.0019	0.0000	0.0002	0.0000
FR6	0.0038	-0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0000
FR12	0.0038	-0.0001	0.0018	0.0000	0.0001	0.0000
FR3	0.0043	0.0001	0.0018	0.0000	0.0002	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>31</b>

QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	0.0000
QP1	0.0038	0.0000	0.0016	0.0000	0.0001	0.0000
QP12	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	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.

$$H_{\max, \text{singolo palo}} = 511 \text{ kN}$$

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.

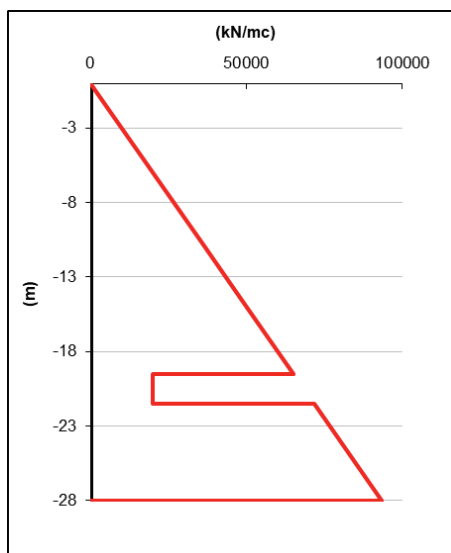


Figura 10. Rigidzze all'interfaccia terreno-palo

Vengono infine mostrati i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo dal quale è possibile dedurre che il valore di  $\alpha$  (Med/Ved a quota testa palo) è pari a **4.00**.

Relazione di calcolo Pali di  
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	03	005	C	32

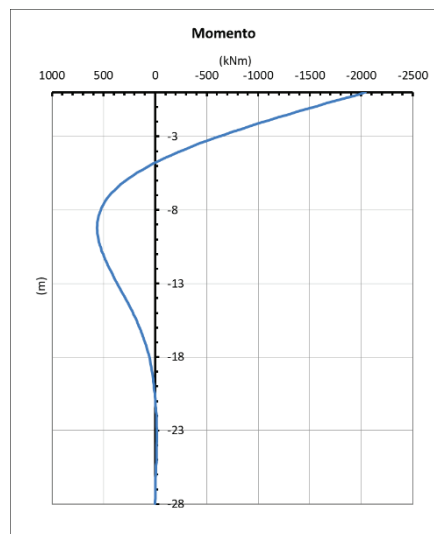
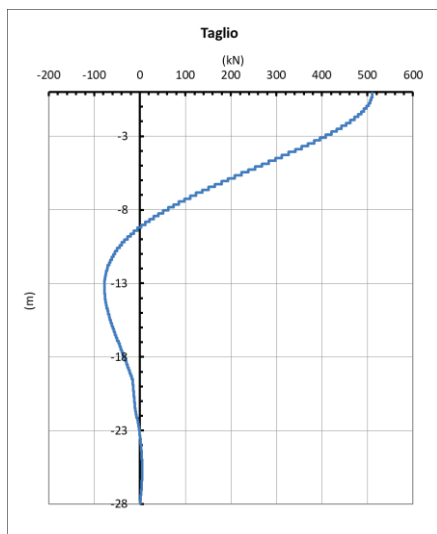


Figura 11. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock e Reese.

## 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.

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>33</b>

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 <sub>max</sub> , singolo palo	M <sub>max</sub> , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	SLU 6	2985	2908	2830	2752	5076	4998	4921	4843	7167	7089	7011	6934	842	3369
Nvert Min	SLU 24	2227	2276	2325	2374	3085	3134	3183	3231	3943	3992	4040	4089	515	2059
Vtrasv Max	SLU 15	1927	1852	1777	1702	3749	3674	3599	3524	5572	5497	5422	5347	649	2598
Vtrasv Min	SLU 16	2227	2276	2325	2374	3085	3134	3183	3231	3943	3992	4040	4089	515	2059
Mtrasv Max	SLU 13	2163	2212	2261	2310	3085	3134	3183	3231	4007	4056	4105	4153	544	2175
Mtrasv Min	SLU 4	1988	1854	1721	1588	3822	3688	3555	3422	5656	5523	5389	5256	663	2653
Vlong Max	SLU 7	2949	2832	2714	2597	4702	4585	4468	4350	6456	6338	6221	6104	964	3855
Vlong Min	SLU 20	2303	2303	2303	2303	3184	3184	3184	3184	4065	4065	4065	4065	508	2031
Mlong Max	SLU 14	1856	1779	1701	1623	3966	3888	3811	3733	6076	5998	5920	5843	644	2578
Mlong Min	SLU 22	3356	3405	3454	3503	4195	4244	4293	4341	5034	5082	5131	5180	713	2850
Mtorc Max	SLU 19	1820	1703	1585	1468	3592	3475	3358	3240	5365	5248	5130	5013	766	3063
Mtorc Min	SLU 13	1856	1779	1701	1623	3966	3888	3811	3733	6076	5998	5920	5843	644	2578
Nvert Max	SLV 5	2624	2390	2155	1921	4029	3795	3561	3326	5435	5200	4966	4732	825	3302
Nvert Min	SLV 6	1919	1685	1450	1216	3042	2807	2573	2339	4164	3930	3696	3462	825	3302
Vtrasv Max	SLV 3	3197	2416	1635	854	4504	3723	2942	2161	5810	5029	4248	3467	1253	5010
Vtrasv Min	SLV 6	1919	1685	1450	1216	3042	2807	2573	2339	4164	3930	3696	3462	825	3302
Mtrasv Max	SLV 1	1196	962	727	493	3684	3449	3215	2981	6171	5937	5703	5469	1636	6546
Mtrasv Min	SLV 6	2986	2205	1424	643	4207	3426	2645	1865	5429	4648	3867	3086	1253	5010
Vlong Max	SLV 1	1196	962	727	493	3684	3449	3215	2981	6171	5937	5703	5469	1636	6546
Vlong Min	SLV 6	1919	1685	1450	1216	3042	2807	2573	2339	4164	3930	3696	3462	825	3302
Mlong Max	SLV 1	1196	962	727	493	3684	3449	3215	2981	6171	5937	5703	5469	1636	6546
Mlong Min	SLV 4	1919	1685	1450	1216	3042	2807	2573	2339	4164	3930	3696	3462	825	3302
Mtorc Max	SLV 5	2624	2390	2155	1921	4029	3795	3561	3326	5435	5200	4966	4732	825	3302
Mtorc Min	SLV 4	2986	2205	1424	643	4207	3426	2645	1865	5429	4648	3867	3086	1253	5010

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>34</b>

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:

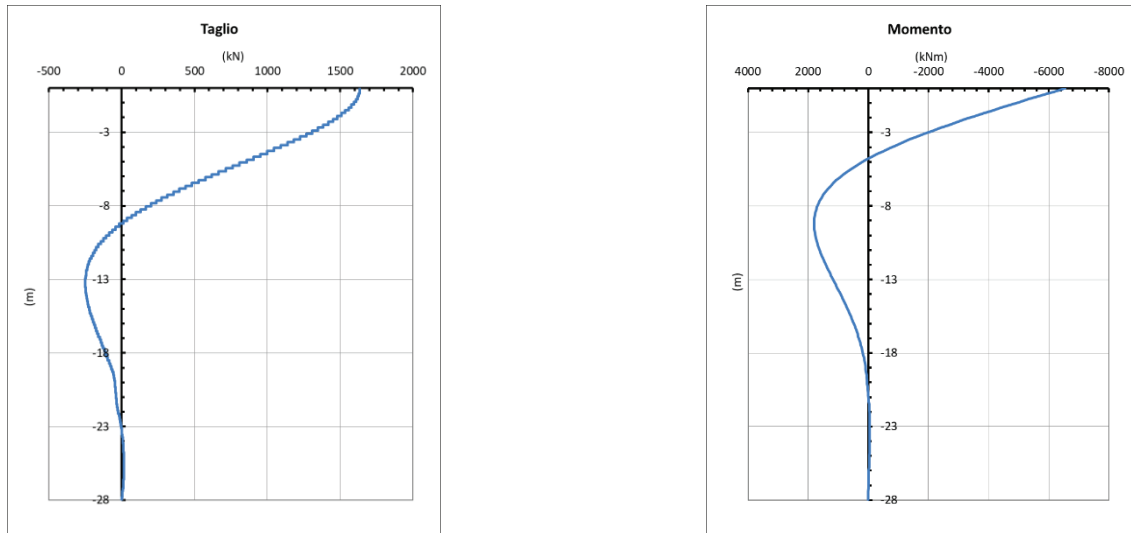


Figura 12. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLU/SLV.

Tabella 22. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLE

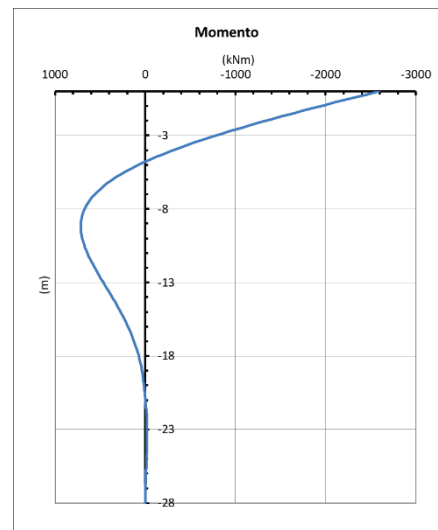
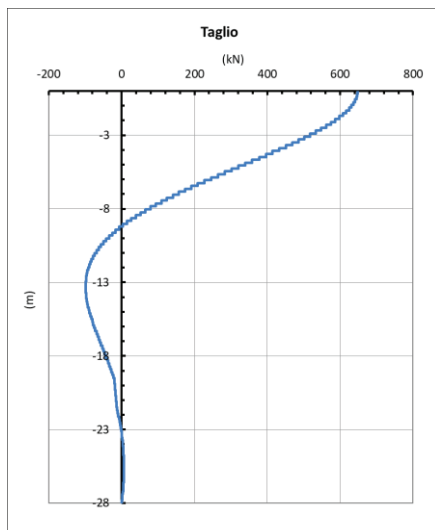
Ripartizione delle azioni SLE sui pali della palificata															
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	H <sub>max, singolo palo</sub>	M <sub>max, singolo palo</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	RA1	2018	1966	1913	1861	3585	3533	3480	3427	5152	5099	5047	4994	603	2410
Nvert Min	RA1 2	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Vtrasv Max	RA3	2010	1959	1909	1858	3566	3516	3465	3415	5123	5072	5022	4971	608	2432
Vtrasv Min	RA1 2	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Mtrasv Max	RA1	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Mtrasv Min	RA1 2	2180	2091	2002	1913	3482	3393	3304	3214	4783	4694	4605	4516	582	2330
Vlong Max	RA7	2031	1946	1861	1777	3471	3386	3302	3217	4911	4827	4742	4657	648	2592
Vlong Min	RA1 2	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Mlong Max	RA1 2	2018	1966	1913	1861	3585	3533	3480	3427	5152	5099	5047	4994	603	2410
Mlong Min	RA6	2310	2343	2375	2408	3118	3151	3183	3216	3926	3958	3991	4023	473	1893
Mtorc Max	RA7	2031	1946	1861	1777	3471	3386	3302	3217	4911	4827	4742	4657	648	2592
Mtorc Min	RA1 0	2119	2066	2014	1961	3585	3533	3480	3427	5052	4999	4946	4894	557	2228
Nvert Max	FR1	2120	2081	2042	2002	3485	3445	3406	3367	4849	4810	4770	4731	554	2218
Nvert Min	FR1 2	2355	2380	2404	2429	3135	3159	3183	3208	3914	3938	3963	3987	450	1801
Vtrasv Max	FR3	2114	2076	2038	2000	3471	3433	3395	3357	4828	4790	4752	4714	559	2235
Vtrasv Min	FR1 2	2355	2380	2404	2429	3135	3159	3183	3208	3914	3938	3963	3987	450	1801

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>35</b>

Mtrasv Max	FR1	2339	2364	2388	2413	3135	3159	3183	3208	3930	3954	3979	4003	458	1830
Mtrasv Min	FR1 2	2258	2191	2124	2057	3407	3340	3274	3207	4557	4490	4423	4356	532	2129
Vlong Max	FR7	2130	2066	2003	1939	3399	3336	3272	3209	4669	4605	4542	4478	589	2355
Vlong Min	FR1 2	2355	2380	2404	2429	3135	3159	3183	3208	3914	3938	3963	3987	450	1801
Mlong Max	FR1 2	2120	2081	2042	2002	3485	3445	3406	3367	4849	4810	4770	4731	554	2218
Mlong Min	FR6	2355	2380	2404	2429	3135	3159	3183	3208	3914	3938	3963	3987	450	1801
Mtorc Max	FR7	2130	2066	2003	1939	3399	3336	3272	3209	4669	4605	4542	4478	589	2355
Mtorc Min	FR1 0	2212	2172	2133	2093	3485	3445	3406	3367	4758	4719	4679	4640	513	2052
Nvert Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Nvert Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Vtrasv Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Vtrasv Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mtrasv Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mtrasv Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Vlong Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Vlong Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mlong Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mlong Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mtorc Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mtorc Min	QP1 2	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527

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:





MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>											
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>36</b>	

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 <sub>max</sub> , singolo palo	M <sub>max</sub> , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	SLU 6	3108	3050	2992	2935	5101	5043	4985	4927	7094	7036	6978	6920	759	3035
Nvert Min	SLU 24	2217	2266	2314	2363	3098	3146	3195	3244	3978	4027	4076	4124	515	2059
Vtrasv Max	SLU 15	2103	2026	1948	1871	3790	3713	3636	3559	5478	5400	5323	5246	562	2247
Vtrasv Min	SLU 16	2217	2266	2314	2363	3098	3146	3195	3244	3978	4027	4076	4124	515	2059
Mtrasv Max	SLU 13	2153	2202	2250	2299	3098	3146	3195	3244	4042	4091	4140	4189	544	2175
Mtrasv Min	SLU 4	2283	2139	1996	1852	3689	3545	3401	3258	5095	4951	4807	4663	561	2243
Vlong Max	SLU 11	3227	3149	3072	2995	4906	4829	4752	4675	6586	6509	6432	6354	759	3037
Vlong Min	SLU 20	2293	2293	2293	2293	3196	3196	3196	3196	4100	4100	4100	4100	508	2031
Mlong Max	SLU 14	1984	1927	1869	1811	3985	3927	3869	3811	5985	5927	5869	5812	561	2243
Mlong Min	SLU 19	3341	3389	3438	3487	4214	4262	4311	4360	5087	5135	5184	5233	713	2850
Mtorc Max	SLU 14	2153	2202	2250	2299	3098	3146	3195	3244	4042	4091	4140	4189	544	2175
Mtorc Min	SLU 15	2103	2026	1948	1871	3790	3713	3636	3559	5478	5400	5323	5246	562	2247
Nvert Max	SLV 5	2749	2514	2279	2044	4044	3810	3575	3340	5340	5105	4870	4635	763	3053
Nvert Min	SLV 6	2047	1812	1577	1342	3053	2818	2583	2348	4060	3825	3590	3355	763	3053
Vtrasv Max	SLV 3	3325	2542	1759	976	4520	3737	2953	2170	5715	4931	4148	3365	1215	4861
Vtrasv Min	SLV 6	2047	1812	1577	1342	3053	2818	2583	2348	4060	3825	3590	3355	763	3053
Mtrasv Max	SLV 1	1638	1403	1168	933	3698	3463	3228	2993	5757	5522	5287	5052	1416	5665
Mtrasv Min	SLV 6	3115	2331	1548	765	4223	3439	2656	1873	5331	4547	3764	2981	1215	4861
Vlong Max	SLV 1	1638	1403	1168	933	3698	3463	3228	2993	5757	5522	5287	5052	1416	5665
Vlong Min	SLV 6	2047	1812	1577	1342	3053	2818	2583	2348	4060	3825	3590	3355	763	3053
Mlong Max	SLV 1	1638	1403	1168	933	3698	3463	3228	2993	5757	5522	5287	5052	1416	5665
Mlong Min	SLV 4	2047	1812	1577	1342	3053	2818	2583	2348	4060	3825	3590	3355	763	3053
Mtorc Max	SLV 5	2749	2514	2279	2044	4044	3810	3575	3340	5340	5105	4870	4635	763	3053
Mtorc Min	SLV 4	3115	2331	1548	765	4223	3439	2656	1873	5331	4547	3764	2981	1215	4861

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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>37</b>

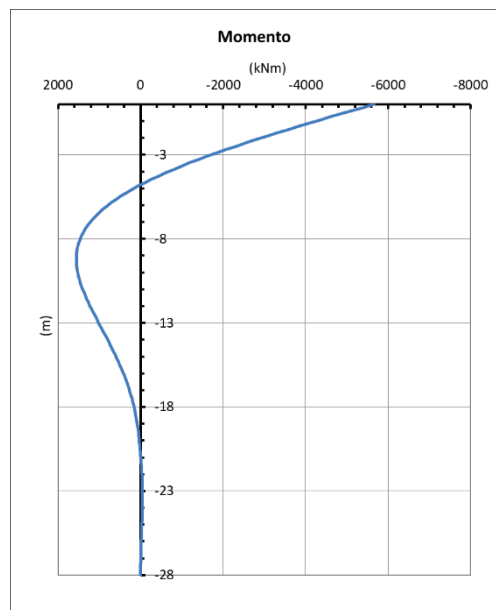
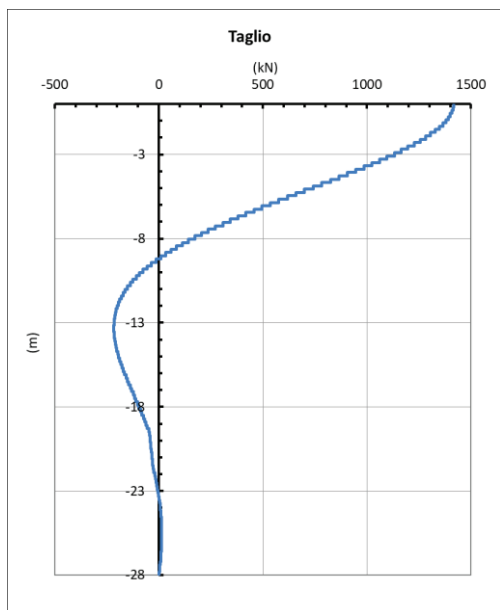


Figura 14. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLU/SLV.

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 <sub>max, singolo palo</sub>	M <sub>max, singolo palo</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	RA1	2192	2143	2095	2046	3621	3573	3524	3476	5051	5002	4954	4905	511	2043
Nvert Min	RA1 2	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Vtrasv Max	RA3	2205	2152	2099	2046	3611	3558	3505	3451	5016	4963	4910	4857	511	2044
Vtrasv Min	RA1 2	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Mtrasv Max	RA1	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Mtrasv Min	RA1 2	2419	2320	2221	2122	3546	3447	3348	3248	4673	4574	4475	4375	469	1876
Vlong Max	RA1 1	2205	2152	2099	2046	3611	3558	3505	3451	5016	4963	4910	4857	511	2044
Vlong Min	RA8	2292	2243	2195	2146	3621	3573	3524	3476	4951	4902	4854	4805	465	1861
Mlong Max	RA1 2	2192	2143	2095	2046	3621	3573	3524	3476	5051	5002	4954	4905	511	2043
Mlong Min	RA6	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Mtorc Max	RA1 2	2300	2332	2365	2397	3131	3163	3196	3228	3961	3994	4026	4059	473	1893
Mtorc Min	RA3	2205	2152	2099	2046	3611	3558	3505	3451	5016	4963	4910	4857	511	2044
Nvert Max	FR1	2248	2211	2175	2139	3515	3479	3442	3406	4782	4746	4710	4673	486	1943
Nvert Min	FR1 2	2345	2369	2394	2418	3147	3171	3196	3220	3949	3973	3998	4022	450	1801
Vtrasv Max	FR3	2258	2218	2178	2139	3507	3467	3427	3388	4756	4716	4676	4637	486	1943
Vtrasv Min	FR1 2	2345	2369	2394	2418	3147	3171	3196	3220	3949	3973	3998	4022	450	1801
Mtrasv Max	FR1	2329	2353	2378	2402	3147	3171	3196	3220	3965	3989	4014	4038	458	1830
Mtrasv Min	FR1 2	2435	2360	2286	2211	3459	3384	3310	3235	4483	4409	4334	4260	447	1789

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>38</b>

Vlong Max	FR1 1	2258	2218	2178	2139	3507	3467	3427	3388	4756	4716	4676	4637	486	1943
Vlong Min	FR8	2339	2302	2266	2230	3515	3479	3442	3406	4691	4655	4619	4582	444	1777
Mlong Max	FR1 2	2248	2211	2175	2139	3515	3479	3442	3406	4782	4746	4710	4673	486	1943
Mlong Min	FR6	2345	2369	2394	2418	3147	3171	3196	3220	3949	3973	3998	4022	450	1801
Mtorc Max	FR1 2	2329	2353	2378	2402	3147	3171	3196	3220	3965	3989	4014	4038	458	1830
Mtorc Min	FR3	2274	2234	2195	2155	3507	3467	3427	3388	4740	4700	4660	4621	479	1914
Nvert Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Nvert Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Vtrasv Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Vtrasv Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Mtrasv Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Mtrasv Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Vlong Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Vlong Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Mlong Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Mlong Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527
Mtorc Max	QP1	2416	2416	2416	2416	3196	3196	3196	3196	3977	3977	3977	3977	411	1643
Mtorc Min	QP1 2	2480	2480	2480	2480	3196	3196	3196	3196	3913	3913	3913	3913	382	1527

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:

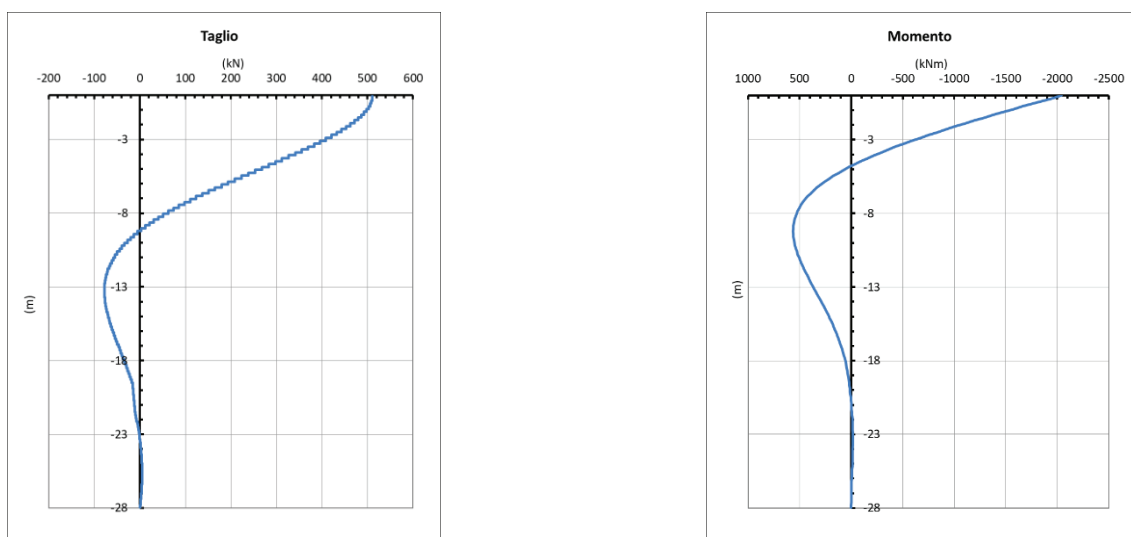


Figura 15. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLE.

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.

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**Relazione di calcolo Pali di  
 fondazione**

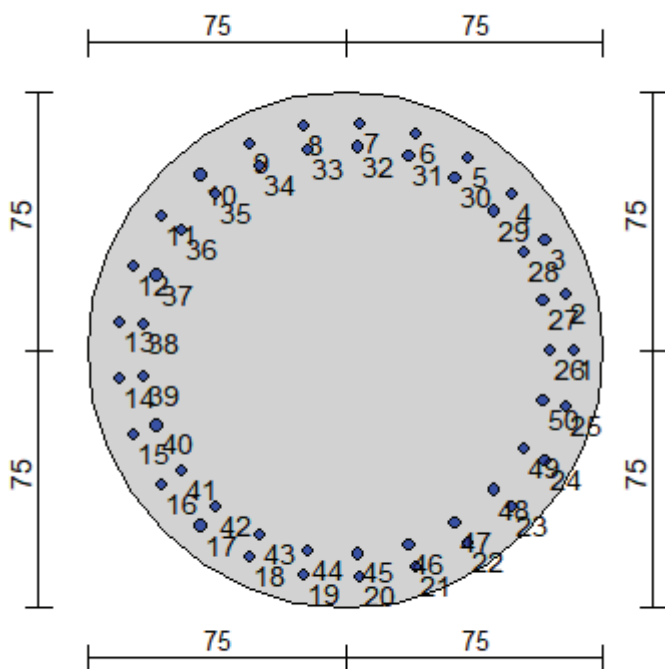
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>39</b>

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	11	03	005	C	40

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

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>41</b>

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	7.07	no
2	139.2	91.5	7.07	no
3	133.1	106.9	7.07	no
4	123.3	120.4	7.07	no
5	110.5	131.0	7.07	no
6	95.5	138.1	7.07	no
7	79.2	141.2	7.07	no
8	62.6	140.1	7.07	no
9	46.8	135.0	7.07	no
10	32.7	126.1	7.07	no
11	21.4	114.0	7.07	no
12	13.4	99.4	7.07	no
13	9.2	83.3	7.07	no
14	9.2	66.7	7.07	no
15	13.4	50.6	7.07	no
16	21.4	36.0	7.07	no
17	32.7	23.9	7.07	no
18	46.8	15.0	7.07	no
19	62.6	9.9	7.07	no
20	79.2	8.8	7.07	no
21	95.5	11.9	7.07	no
22	110.5	19.0	7.07	no
23	123.3	29.6	7.07	no
24	133.1	43.1	7.07	no
25	139.2	58.5	7.07	no
26	134.3	75.0	7.07	no
27	132.4	89.7	7.07	no
28	127.0	103.6	7.07	no
29	118.2	115.6	7.07	no
30	106.8	125.1	7.07	no
31	93.3	131.4	7.07	no
32	78.7	134.2	7.07	no
33	63.9	133.2	7.07	no
34	49.8	128.7	7.07	no
35	37.2	120.7	7.07	no
36	27.0	109.9	7.07	no
37	19.9	96.8	7.07	no
38	16.2	82.4	7.07	no
39	16.2	67.6	7.07	no
40	19.9	53.2	7.07	no
41	27.0	40.1	7.07	no
42	37.2	29.3	7.07	no
43	49.8	21.3	7.07	no
44	63.9	16.8	7.07	no
45	78.7	15.8	7.07	no
46	93.3	18.6	7.07	no
47	106.8	24.9	7.07	no
48	118.2	34.4	7.07	no
49	127.0	46.4	7.07	no
50	132.4	60.3	7.07	no

**Normativa di riferimento:**

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

**Note:**

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	42

Verifiche SLE per ambiente ordinario

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C25/30**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm<sup>2</sup>  
fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm<sup>2</sup>

fcd = 141.10 daN/cm<sup>2</sup> ( $\alpha_{cc} = 0.85$ ;  $\gamma_c = 1.50$ )

fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm<sup>2</sup>

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm<sup>2</sup>

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm<sup>2</sup>

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/cm<sup>2</sup>

fyd = 3913 daN/cm<sup>2</sup> ( $\gamma_a = 1.15$ )

fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>

ε<sub>uk</sub> (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm<sup>2</sup>

E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm<sup>2</sup>

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, M<sub>x</sub> e M<sub>y</sub>:**

asse N - (M<sub>x</sub> = 0, M<sub>y</sub> = 0)      Nu = -13829.8 kN  
 asse N + (M<sub>x</sub> = 0, M<sub>y</sub> = 0)      Nu = 38604.1 kN  
 asse M<sub>x</sub> + (N = 0, M<sub>y</sub> = 0)      M<sub>xu</sub> = 7042.0 kN m  
 asse M<sub>x</sub> - (N = 0, M<sub>y</sub> = 0)      M<sub>xu</sub> = -7042.0 kN m  
 asse M<sub>y</sub> + (N = 0, M<sub>x</sub> = 0)      M<sub>yu</sub> = 7053.0 kN m  
 asse M<sub>y</sub> - (N = 0, M<sub>x</sub> = 0)      M<sub>yu</sub> = -7038.3 kN m

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per M<sub>xu</sub>, M<sub>yu</sub> e Nu proporzionali (sigla tipo verifica: P)

Verifica con rapporto M<sub>xu</sub>, M<sub>yu</sub> assegnato (sigla tipo verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla tipo verifica: N)

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

Cmb	N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	t.v.	Nu	M <sub>xu</sub>	M <sub>yu</sub>	ε cls	ε acciaio	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	2752.0	3369.0	0.0	P	6980.6	8545.6	0.0	0.350	0.384	0.390	Ok
				M	31508.0	3367.2	0.0	0.341	0.031	0.090	Ok
				N	2752.0	7819.1	0.0	0.350	0.570	0.430	Ok
2	2374.0	2059.0	0.0	P	10043.3	8710.7	0.0	0.350	0.292	0.240	Ok
				M	34280.2	2057.1	0.0	0.300	0.080	0.070	Ok
				N	2374.0	7726.6	0.0	0.350	0.591	0.270	Ok
3	1702.0	2598.0	0.0	P	5469.8	8349.3	0.0	0.350	0.441	0.310	Ok
				M	33139.2	2596.3	0.0	0.318	0.059	0.050	Ok
				N	1702.0	7547.2	0.0	0.350	0.632	0.340	Ok
4	2374.0	2059.0	0.0	P	10043.3	8710.7	0.0	0.350	0.292	0.240	Ok
				M	34280.2	2057.1	0.0	0.300	0.080	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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>43</b>

				N	2374.0	7726.6	0.0	0.350	0.591	0.270	Ok
5	2310.0	2175.0	0.0	P	9235.4	8695.7	0.0	0.350	0.314	0.250	Ok
				M	34034.3	2173.4	0.0	0.304	0.075	0.070	Ok
				N	2310.0	7709.7	0.0	0.350	0.595	0.280	Ok
6	1588.0	2653.0	0.0	P	4945.8	8262.7	0.0	0.350	0.463	0.320	Ok
				M	33022.9	2651.3	0.0	0.320	0.057	0.050	Ok
				N	1588.0	7516.4	0.0	0.350	0.639	0.350	Ok
7	2597.0	3855.0	0.0	P	5642.1	8375.2	0.0	0.350	0.434	0.460	Ok
				M	30435.6	3852.5	0.0	0.350	0.016	0.090	Ok
				N	2597.0	7782.9	0.0	0.350	0.578	0.500	Ok
8	2303.0	2031.0	0.0	P	9874.2	8708.0	0.0	0.350	0.297	0.230	Ok
				M	34339.3	2029.2	0.0	0.299	0.081	0.070	Ok
				N	2303.0	7707.9	0.0	0.350	0.595	0.260	Ok
9	1623.0	2578.0	0.0	P	5232.6	8311.6	0.0	0.350	0.451	0.310	Ok
				M	33181.6	2576.3	0.0	0.318	0.059	0.050	Ok
				N	1623.0	7525.8	0.0	0.350	0.637	0.340	Ok
10	3503.0	2850.0	0.0	P	10696.9	8702.9	0.0	0.350	0.276	0.330	Ok
				M	32606.3	2848.1	0.0	0.326	0.049	0.110	Ok
				N	3503.0	7987.1	0.0	0.350	0.531	0.360	Ok
11	1468.0	3063.0	0.0	P	3865.3	8065.0	0.0	0.350	0.512	0.380	Ok
				M	32155.5	3061.2	0.0	0.332	0.042	0.050	Ok
				N	1468.0	7483.7	0.0	0.350	0.647	0.410	Ok
12	1623.0	2578.0	0.0	P	5232.6	8311.6	0.0	0.350	0.451	0.310	Ok
				M	33181.6	2576.3	0.0	0.318	0.059	0.050	Ok
				N	1623.0	7525.8	0.0	0.350	0.637	0.340	Ok
13	1921.0	3302.0	0.0	P	4791.5	8236.0	0.0	0.350	0.470	0.400	Ok
				M	31649.9	3300.2	0.0	0.339	0.033	0.060	Ok
				N	1921.0	7606.2	0.0	0.350	0.619	0.430	Ok
14	1216.0	3302.0	0.0	P	2891.2	7850.9	0.0	0.350	0.563	0.420	Ok
				M	31649.9	3300.2	0.0	0.339	0.033	0.040	Ok
				N	1216.0	7414.9	0.0	0.350	0.663	0.450	Ok
15	854.0	5010.0	0.0	P	1266.3	7428.7	0.0	0.350	0.660	0.670	Ok
				M	27462.6	5010.7	0.0	0.350	0.020	0.030	Ok
				N	854.0	7311.0	0.0	0.350	0.688	0.690	Ok
16	1216.0	3302.0	0.0	P	2891.2	7850.9	0.0	0.350	0.563	0.420	Ok
				M	31649.9	3300.2	0.0	0.339	0.033	0.040	Ok
				N	1216.0	7414.9	0.0	0.350	0.663	0.450	Ok
17	493.0	6546.0	0.0	P	543.3	7213.9	0.0	0.350	0.711	0.910	Ok
				M	22531.9	6547.0	0.0	0.350	0.082	0.020	Ok
				N	493.0	7198.1	0.0	0.350	0.714	0.910	Ok
18	643.0	5010.0	0.0	P	941.8	7338.2	0.0	0.350	0.681	0.680	Ok
				M	27462.6	5010.7	0.0	0.350	0.020	0.020	Ok
				N	643.0	7245.2	0.0	0.350	0.703	0.690	Ok
19	493.0	6546.0	0.0	P	543.3	7213.9	0.0	0.350	0.711	0.910	Ok
				M	22531.9	6547.0	0.0	0.350	0.082	0.020	Ok
				N	493.0	7198.1	0.0	0.350	0.714	0.910	Ok
20	1216.0	3302.0	0.0	P	2891.2	7850.9	0.0	0.350	0.563	0.420	Ok
				M	31649.9	3300.2	0.0	0.339	0.033	0.040	Ok
				N	1216.0	7414.9	0.0	0.350	0.663	0.450	Ok
21	493.0	6546.0	0.0	P	543.3	7213.9	0.0	0.350	0.711	0.910	Ok
				M	22531.9	6547.0	0.0	0.350	0.082	0.020	Ok
				N	493.0	7198.1	0.0	0.350	0.714	0.910	Ok
22	1216.0	3302.0	0.0	P	2891.2	7850.9	0.0	0.350	0.563	0.420	Ok
				M	31649.9	3300.2	0.0	0.339	0.033	0.040	Ok
				N	1216.0	7414.9	0.0	0.350	0.663	0.450	Ok
23	1921.0	3302.0	0.0	P	4791.5	8236.0	0.0	0.350	0.470	0.400	Ok
				M	31649.9	3300.2	0.0	0.339	0.033	0.060	Ok
				N	1921.0	7606.2	0.0	0.350	0.619	0.430	Ok
24	643.0	5010.0	0.0	P	941.8	7338.2	0.0	0.350	0.681	0.680	Ok
				M	27462.6	5010.7	0.0	0.350	0.020	0.020	Ok
				N	643.0	7245.2	0.0	0.350	0.703	0.690	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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>44</b>

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	493.0	6546.0	0.0	P	543.3	7213.9	0.0	0.350	0.711	0.910	Ok
10	3503.0	2850.0	0.0	M	32606.3	2848.1	0.0	0.326	0.049	0.110	Ok
17	493.0	6546.0	0.0	N	493.0	7198.1	0.0	0.350	0.714	0.910	Ok

**Verifiche taglio-torsione**

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.3 (per verif. Vx)

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.3 (per verif. Vy)

Staffe = Ø 12 / 15.0, 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	842.00	0.00	0.00	2752.00	1.111	2.50	<b>0.5021</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.5021	0.0000	0.0000	0.5021	
	4147.87	4147.87	1793.33	0.2030	0.0000	0.0000	0.2030	
2 SLU	515.00	0.00	0.00	2374.00	1.096	2.50	<b>0.3071</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.3071	0.0000	0.0000	0.3071	
	4090.91	4090.91	1793.33	0.1259	0.0000	0.0000	0.1259	
3 SLU	649.00	0.00	0.00	1702.00	1.069	2.50	<b>0.3870</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.3870	0.0000	0.0000	0.3870	
	3989.65	3989.65	1793.33	0.1627	0.0000	0.0000	0.1627	
4 SLU	515.00	0.00	0.00	2374.00	1.096	2.50	<b>0.3071</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.3071	0.0000	0.0000	0.3071	
	4090.91	4090.91	1793.33	0.1259	0.0000	0.0000	0.1259	
5 SLU	544.00	0.00	0.00	2310.00	1.093	2.50	<b>0.3244</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.3244	0.0000	0.0000	0.3244	
	4081.27	4081.27	1793.33	0.1333	0.0000	0.0000	0.1333	
6 SLU	663.00	0.00	0.00	1588.00	1.064	2.50	<b>0.3954</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.3954	0.0000	0.0000	0.3954	
	3972.47	3972.47	1793.33	0.1669	0.0000	0.0000	0.1669	
7 SLU	964.00	0.00	0.00	2597.00	1.105	2.50	<b>0.5749</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.5749	0.0000	0.0000	0.5749	
	4124.51	4124.51	1793.33	0.2337	0.0000	0.0000	0.2337	
8 SLU	508.00	0.00	0.00	2303.00	1.093	2.50	<b>0.3030</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.3030	0.0000	0.0000	0.3030	
	4080.21	4080.21	1793.33	0.1245	0.0000	0.0000	0.1245	
9 SLU	644.00	0.00	0.00	1623.00	1.066	2.50	<b>0.3841</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.3841	0.0000	0.0000	0.3841	
	3977.74	3977.74	1793.33	0.1619	0.0000	0.0000	0.1619	
10 SLU	713.00	0.00	0.00	3503.00	1.141	2.50	<b>0.4252</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.4252	0.0000	0.0000	0.4252	
	4261.04	4261.04	1793.33	0.1673	0.0000	0.0000	0.1673	
11 SLU	766.00	0.00	0.00	1468.00	1.059	2.50	<b>0.4568</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.4568	0.0000	0.0000	0.4568	
	3954.39	3954.39	1793.33	0.1937	0.0000	0.0000	0.1937	
12 SLU	644.00	0.00	0.00	1623.00	1.066	2.50	<b>0.3841</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.3841	0.0000	0.0000	0.3841	
	3977.74	3977.74	1793.33	0.1619	0.0000	0.0000	0.1619	
13 SLU	825.00	0.00	0.00	1921.00	1.078	2.50	<b>0.4920</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.4920	0.0000	0.0000	0.4920	
	4022.65	4022.65	1793.33	0.2051	0.0000	0.0000	0.2051	

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	45

14 SLU	825.00	0.00	0.00	1216.00	1.049	2.50	<b>0.4920</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.4920	0.0000	0.0000	0.4920	
	3916.41	3916.41	1793.33	0.2107	0.0000	0.0000	0.2107	
15 SLU	1253.00	0.00	0.00	854.00	1.034	2.50	<b>0.7472</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.7472	0.0000	0.0000	0.7472	
	3861.86	3861.86	1793.33	0.3245	0.0000	0.0000	0.3245	
16 SLU	825.00	0.00	0.00	1216.00	1.049	2.50	<b>0.4920</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.4920	0.0000	0.0000	0.4920	
	3916.41	3916.41	1793.33	0.2107	0.0000	0.0000	0.2107	
17 SLU	1636.00	0.00	0.00	493.00	1.020	2.50	<b>0.9756</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.9756	0.0000	0.0000	0.9756	
	3807.47	3807.47	1793.33	0.4297	0.0000	0.0000	0.4297	
18 SLU	1253.00	0.00	0.00	643.00	1.026	2.50	<b>0.7472</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.7472	0.0000	0.0000	0.7472	
	3830.07	3830.07	1793.33	0.3271	0.0000	0.0000	0.3271	
19 SLU	1636.00	0.00	0.00	493.00	1.020	2.50	<b>0.9756</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.9756	0.0000	0.0000	0.9756	
	3807.47	3807.47	1793.33	0.4297	0.0000	0.0000	0.4297	
20 SLU	825.00	0.00	0.00	1216.00	1.049	2.50	<b>0.4920</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.4920	0.0000	0.0000	0.4920	
	3916.41	3916.41	1793.33	0.2107	0.0000	0.0000	0.2107	
21 SLU	1636.00	0.00	0.00	493.00	1.020	2.50	<b>0.9756</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.9756	0.0000	0.0000	0.9756	
	3807.47	3807.47	1793.33	0.4297	0.0000	0.0000	0.4297	
22 SLU	825.00	0.00	0.00	1216.00	1.049	2.50	<b>0.4920</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.4920	0.0000	0.0000	0.4920	
	3916.41	3916.41	1793.33	0.2107	0.0000	0.0000	0.2107	
23 SLU	825.00	0.00	0.00	1921.00	1.078	2.50	<b>0.4920</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.4920	0.0000	0.0000	0.4920	
	4022.65	4022.65	1793.33	0.2051	0.0000	0.0000	0.2051	
24 SLU	1253.00	0.00	0.00	643.00	1.026	2.50	<b>0.7472</b>	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.7472	0.0000	0.0000	0.7472	
	3830.07	3830.07	1793.33	0.3271	0.0000	0.0000	0.3271	

**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	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
25	2410.0	0.0	1861.0	7847.7	0.53	-134569.4	0.37	Ok
26	1893.0	0.0	2408.0	6246.8	0.42	82818.2	0.22	Ok
27	2432.0	0.0	1858.0	7917.2	0.53	-136367.1	0.38	Ok
28	1893.0	0.0	2408.0	6246.8	0.42	82818.2	0.22	Ok
29	1893.0	0.0	2408.0	6246.8	0.42	82818.2	0.22	Ok
30	2330.0	0.0	1913.0	7599.0	0.51	-126881.0	0.35	Ok
31	2592.0	0.0	1777.0	8415.3	0.56	-151175.1	0.42	Ok
32	1893.0	0.0	2408.0	6246.8	0.42	82818.2	0.22	Ok
33	2410.0	0.0	1861.0	7847.7	0.53	-134569.4	0.37	Ok
34	1893.0	0.0	2408.0	6246.8	0.42	82818.2	0.22	Ok
35	2592.0	0.0	1777.0	8415.3	0.56	-151175.1	0.42	Ok
36	2228.0	0.0	1961.0	7279.4	0.49	-117638.3	0.33	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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>46</b>

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	2218.0	0.0	2002.0	0.16	0.40	Ok
38	1801.0	0.0	2429.0	0.08	0.21	Ok
39	2235.0	0.0	2000.0	0.16	0.40	Ok
40	1801.0	0.0	2429.0	0.08	0.21	Ok
41	1830.0	0.0	2413.0	0.09	0.22	Ok
42	2129.0	0.0	2057.0	0.14	0.36	Ok
43	2355.0	0.0	1939.0	0.18	0.46	Ok
44	1801.0	0.0	2429.0	0.08	0.21	Ok
45	2218.0	0.0	2002.0	0.16	0.40	Ok
46	1801.0	0.0	2429.0	0.08	0.21	Ok
47	2355.0	0.0	1939.0	0.18	0.46	Ok
48	2052.0	0.0	2093.0	0.13	0.32	Ok

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

Valori limite:

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

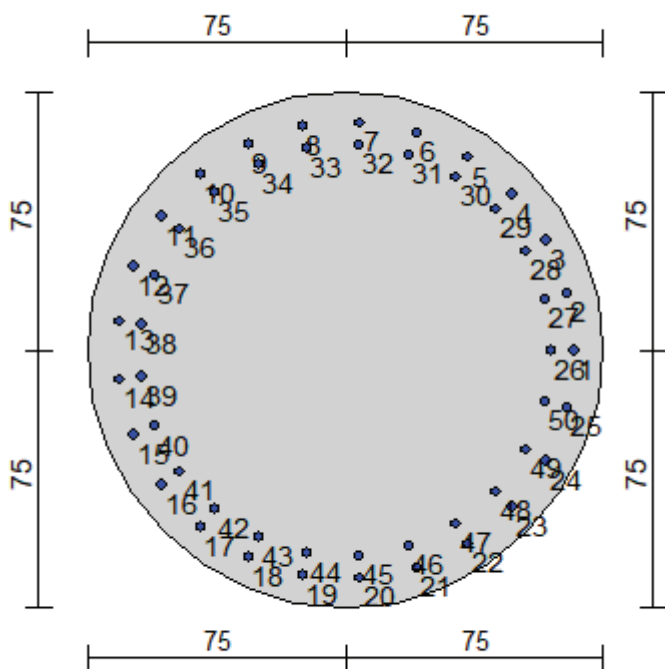
Fessure:  $WkL = 0.30$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
49	1643.0	0.0	2426.0	5447.4	0.49	0.07	0.24	Ok
50	1527.0	0.0	2490.0	5081.8	0.45	0.06	0.19	Ok
51	1643.0	0.0	2426.0	5447.4	0.49	0.07	0.24	Ok
52	1527.0	0.0	2490.0	5081.8	0.45	0.06	0.19	Ok
53	1643.0	0.0	2426.0	5447.4	0.49	0.07	0.24	Ok
54	1527.0	0.0	2490.0	5081.8	0.45	0.06	0.19	Ok
55	1643.0	0.0	2426.0	5447.4	0.49	0.07	0.24	Ok
56	1527.0	0.0	2490.0	5081.8	0.45	0.06	0.19	Ok
57	1643.0	0.0	2426.0	5447.4	0.49	0.07	0.24	Ok
58	1527.0	0.0	2490.0	5081.8	0.45	0.06	0.19	Ok
59	1643.0	0.0	2426.0	5447.4	0.49	0.07	0.24	Ok
60	1527.0	0.0	2490.0	5081.8	0.45	0.06	0.19	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	11	03	005	C	47

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

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>48</b>

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	141.5	75.0	5.31	no
2	139.4	91.5	5.31	no
3	133.3	107.0	5.31	no
4	123.5	120.5	5.31	no
5	110.6	131.1	5.31	no
6	95.5	138.2	5.31	no
7	79.2	141.4	5.31	no
8	62.5	140.3	5.31	no
9	46.7	135.2	5.31	no
10	32.6	126.2	5.31	no
11	21.2	114.1	5.31	no
12	13.2	99.5	5.31	no
13	9.0	83.3	5.31	no
14	9.0	66.7	5.31	no
15	13.2	50.5	5.31	no
16	21.2	35.9	5.31	no
17	32.6	23.8	5.31	no
18	46.7	14.8	5.31	no
19	62.5	9.7	5.31	no
20	79.2	8.6	5.31	no
21	95.5	11.8	5.31	no
22	110.6	18.9	5.31	no
23	123.5	29.5	5.31	no
24	133.3	43.0	5.31	no
25	139.4	58.5	5.31	no
26	134.9	75.0	5.31	no
27	133.0	89.9	5.31	no
28	127.5	103.9	5.31	no
29	118.7	116.0	5.31	no
30	107.1	125.6	5.31	no
31	93.5	132.0	5.31	no
32	78.8	134.8	5.31	no
33	63.8	133.8	5.31	no
34	49.5	129.2	5.31	no
35	36.8	121.2	5.31	no
36	26.5	110.2	5.31	no
37	19.3	97.1	5.31	no
38	15.6	82.5	5.31	no
39	15.6	67.5	5.31	no
40	19.3	52.9	5.31	no
41	26.5	39.8	5.31	no
42	36.8	28.8	5.31	no
43	49.5	20.8	5.31	no
44	63.8	16.2	5.31	no
45	78.8	15.2	5.31	no
46	93.5	18.0	5.31	no
47	107.1	24.4	5.31	no
48	118.7	34.0	5.31	no
49	127.5	46.1	5.31	no
50	133.0	60.1	5.31	no

**Normativa di riferimento:**

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

**Note:**

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	03	005	C	49

Verifiche SLE per ambiente ordinario

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C25/30**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 fcd = 141.10 daN/cm<sup>2</sup> ( $\alpha_{cc} = 0.85$ ;  $\gamma_c = 1.50$ )  
 fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm<sup>2</sup>  
 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/cm<sup>2</sup>  
 fyd = 3913 daN/cm<sup>2</sup> ( $\gamma_a = 1.15$ )  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{uk}$  (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 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 = -10387.7 kN  
 asse N + (Mx = 0, My = 0)      Nu = 35162.0 kN  
 asse Mx + (N = 0, My = 0)      Mxu = 5516.0 kN m  
 asse Mx - (N = 0, My = 0)      Mxu = -5516.0 kN m  
 asse My + (N = 0, Mx = 0)      Myu = 5512.3 kN m  
 asse My - (N = 0, Mx = 0)      Myu = -5525.0 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	$\epsilon_{cls}$	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	2935.0	3035.0	0.0	P	7029.6	7269.1	0.0	0.350	0.395	0.420	Ok
				M	28788.4	3033.6	0.0	0.344	0.027	0.100	Ok
				N	2935.0	6455.9	0.0	0.350	0.614	0.470	Ok
2	2363.0	2059.0	0.0	P	8507.6	7413.1	0.0	0.350	0.340	0.280	Ok
				M	30847.7	2057.4	0.0	0.312	0.066	0.080	Ok
				N	2363.0	6296.5	0.0	0.350	0.655	0.330	Ok
3	1871.0	2247.0	0.0	P	5917.0	7106.1	0.0	0.350	0.444	0.320	Ok
				M	30450.8	2245.5	0.0	0.319	0.058	0.060	Ok
				N	1871.0	6152.4	0.0	0.350	0.694	0.370	Ok
4	2363.0	2059.0	0.0	P	8507.6	7413.1	0.0	0.350	0.340	0.280	Ok
				M	30847.7	2057.4	0.0	0.312	0.066	0.080	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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>50</b>

				N	2363.0	6296.5	0.0	0.350	0.655	0.330	Ok
5	2299.0	2175.0	0.0	P	7770.3	7351.2	0.0	0.350	0.366	0.300	Ok
				M	30602.9	2173.4	0.0	0.316	0.061	0.080	Ok
				N	2299.0	6278.4	0.0	0.350	0.660	0.350	Ok
6	1852.0	2243.0	0.0	P	5859.4	7096.5	0.0	0.350	0.446	0.320	Ok
				M	30459.3	2241.5	0.0	0.318	0.058	0.060	Ok
				N	1852.0	6146.4	0.0	0.350	0.695	0.360	Ok
7	2995.0	3037.0	0.0	P	7187.6	7288.4	0.0	0.350	0.389	0.420	Ok
				M	28784.2	3035.6	0.0	0.344	0.027	0.100	Ok
				N	2995.0	6472.4	0.0	0.350	0.610	0.470	Ok
8	2293.0	2031.0	0.0	P	8357.1	7402.2	0.0	0.350	0.345	0.270	Ok
				M	30906.7	2029.4	0.0	0.311	0.067	0.070	Ok
				N	2293.0	6276.7	0.0	0.350	0.660	0.320	Ok
9	1811.0	2243.0	0.0	P	5707.9	7069.5	0.0	0.350	0.454	0.320	Ok
				M	30459.3	2241.5	0.0	0.318	0.058	0.060	Ok
				N	1811.0	6133.3	0.0	0.350	0.699	0.370	Ok
10	3487.0	2850.0	0.0	P	9117.2	7451.7	0.0	0.350	0.319	0.380	Ok
				M	29179.0	2848.4	0.0	0.339	0.034	0.120	Ok
				N	3487.0	6603.3	0.0	0.350	0.577	0.430	Ok
11	2299.0	2175.0	0.0	P	7770.3	7351.2	0.0	0.350	0.366	0.300	Ok
				M	30602.9	2173.4	0.0	0.316	0.061	0.080	Ok
				N	2299.0	6278.4	0.0	0.350	0.660	0.350	Ok
12	1871.0	2247.0	0.0	P	5917.0	7106.1	0.0	0.350	0.444	0.320	Ok
				M	30450.8	2245.5	0.0	0.319	0.058	0.060	Ok
				N	1871.0	6152.4	0.0	0.350	0.694	0.370	Ok
13	2044.0	3053.0	0.0	P	4590.6	6856.7	0.0	0.350	0.511	0.450	Ok
				M	28750.5	3051.6	0.0	0.345	0.026	0.070	Ok
				N	2044.0	6205.9	0.0	0.350	0.679	0.490	Ok
14	1342.0	3053.0	0.0	P	2824.4	6425.4	0.0	0.350	0.622	0.480	Ok
				M	28750.5	3051.6	0.0	0.345	0.026	0.050	Ok
				N	1342.0	5982.4	0.0	0.350	0.740	0.510	Ok
15	976.0	4861.0	0.0	P	1191.3	5933.3	0.0	0.350	0.753	0.820	Ok
				M	24047.7	4862.1	0.0	0.350	0.037	0.040	Ok
				N	976.0	5862.6	0.0	0.350	0.773	0.830	Ok
16	1342.0	3053.0	0.0	P	2824.4	6425.4	0.0	0.350	0.622	0.480	Ok
				M	28750.5	3051.6	0.0	0.345	0.026	0.050	Ok
				N	1342.0	5982.4	0.0	0.350	0.740	0.510	Ok
17	933.0	5665.0	0.0	P	965.0	5859.0	0.0	0.350	0.774	0.970	Ok
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.c.	--
				N	933.0	5848.5	0.0	0.350	0.777	0.970	Ok
18	765.0	4861.0	0.0	P	919.7	5844.1	0.0	0.350	0.778	0.830	Ok
				M	24047.7	4862.1	0.0	0.350	0.037	0.030	Ok
				N	765.0	5792.9	0.0	0.350	0.793	0.840	Ok
19	933.0	5665.0	0.0	P	965.0	5859.0	0.0	0.350	0.774	0.970	Ok
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.c.	--
				N	933.0	5848.5	0.0	0.350	0.777	0.970	Ok
20	1342.0	3053.0	0.0	P	2824.4	6425.4	0.0	0.350	0.622	0.480	Ok
				M	28750.5	3051.6	0.0	0.345	0.026	0.050	Ok
				N	1342.0	5982.4	0.0	0.350	0.740	0.510	Ok
21	933.0	5665.0	0.0	P	965.0	5859.0	0.0	0.350	0.774	0.970	Ok
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.c.	--
				N	933.0	5848.5	0.0	0.350	0.777	0.970	Ok
22	1342.0	3053.0	0.0	P	2824.4	6425.4	0.0	0.350	0.622	0.480	Ok
				M	28750.5	3051.6	0.0	0.345	0.026	0.050	Ok
				N	1342.0	5982.4	0.0	0.350	0.740	0.510	Ok
23	2044.0	3053.0	0.0	P	4590.6	6856.7	0.0	0.350	0.511	0.450	Ok
				M	28750.5	3051.6	0.0	0.345	0.026	0.070	Ok
				N	2044.0	6205.9	0.0	0.350	0.679	0.490	Ok
24	765.0	4861.0	0.0	P	919.7	5844.1	0.0	0.350	0.778	0.830	Ok
				M	24047.7	4862.1	0.0	0.350	0.037	0.030	Ok
				N	765.0	5792.9	0.0	0.350	0.793	0.840	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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>51</b>

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	933.0	5665.0	0.0	P	965.0	5859.0	0.0	0.350	0.774	0.970	Ok
10	3487.0	2850.0	0.0	M	29179.0	2848.4	0.0	0.339	0.034	0.120	Ok
17	933.0	5665.0	0.0	N	933.0	5848.5	0.0	0.350	0.777	0.970	Ok

**Verifiche taglio-torsione**

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.5 (per verif. Vx)

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.5 (per verif. Vy)

Staffe = Ø 12 / 15.0, 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	759.00	0.00	0.00	2935.00	1.118	2.50	<b>0.4519</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4519	0.0000	0.0000	0.4519	
	4182.06	4182.06	1793.33	0.1815	0.0000	0.0000	0.1815	
2 SLU	515.00	0.00	0.00	2363.00	1.095	2.50	<b>0.3066</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3066	0.0000	0.0000	0.3066	
	4095.73	4095.73	1793.33	0.1257	0.0000	0.0000	0.1257	
3 SLU	562.00	0.00	0.00	1871.00	1.076	2.50	<b>0.3346</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3346	0.0000	0.0000	0.3346	
	4021.47	4021.47	1793.33	0.1397	0.0000	0.0000	0.1397	
4 SLU	515.00	0.00	0.00	2363.00	1.095	2.50	<b>0.3066</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3066	0.0000	0.0000	0.3066	
	4095.73	4095.73	1793.33	0.1257	0.0000	0.0000	0.1257	
5 SLU	544.00	0.00	0.00	2299.00	1.093	2.50	<b>0.3239</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3239	0.0000	0.0000	0.3239	
	4086.07	4086.07	1793.33	0.1331	0.0000	0.0000	0.1331	
6 SLU	561.00	0.00	0.00	1852.00	1.075	2.50	<b>0.3340</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3340	0.0000	0.0000	0.3340	
	4018.60	4018.60	1793.33	0.1396	0.0000	0.0000	0.1396	
7 SLU	759.00	0.00	0.00	2995.00	1.121	2.50	<b>0.4519</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4519	0.0000	0.0000	0.4519	
	4191.11	4191.11	1793.33	0.1811	0.0000	0.0000	0.1811	
8 SLU	508.00	0.00	0.00	2293.00	1.093	2.50	<b>0.3025</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3025	0.0000	0.0000	0.3025	
	4085.16	4085.16	1793.33	0.1244	0.0000	0.0000	0.1244	
9 SLU	561.00	0.00	0.00	1811.00	1.073	2.50	<b>0.3340</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3340	0.0000	0.0000	0.3340	
	4012.42	4012.42	1793.33	0.1398	0.0000	0.0000	0.1398	
10 SLU	713.00	0.00	0.00	3487.00	1.141	2.50	<b>0.4245</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4245	0.0000	0.0000	0.4245	
	4265.37	4265.37	1793.33	0.1672	0.0000	0.0000	0.1672	
11 SLU	544.00	0.00	0.00	2299.00	1.093	2.50	<b>0.3239</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3239	0.0000	0.0000	0.3239	
	4086.07	4086.07	1793.33	0.1331	0.0000	0.0000	0.1331	
12 SLU	562.00	0.00	0.00	1871.00	1.076	2.50	<b>0.3346</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.3346	0.0000	0.0000	0.3346	
	4021.47	4021.47	1793.33	0.1397	0.0000	0.0000	0.1397	
13 SLU	763.00	0.00	0.00	2044.00	1.083	2.50	<b>0.4543</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4543	0.0000	0.0000	0.4543	
	4047.58	4047.58	1793.33	0.1885	0.0000	0.0000	0.1885	



**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>52</b>

14 SLU	763.00	0.00	0.00	1342.00	1.054	2.50	<b>0.4543</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4543	0.0000	0.0000	0.4543	
	3941.63	3941.63	1793.33	0.1936	0.0000	0.0000	0.1936	
15 SLU	1215.00	0.00	0.00	976.00	1.039	2.50	<b>0.7234</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.7234	0.0000	0.0000	0.7234	
	3886.39	3886.39	1793.33	0.3126	0.0000	0.0000	0.3126	
16 SLU	763.00	0.00	0.00	1342.00	1.054	2.50	<b>0.4543</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4543	0.0000	0.0000	0.4543	
	3941.63	3941.63	1793.33	0.1936	0.0000	0.0000	0.1936	
17 SLU	1416.00	0.00	0.00	933.00	1.038	2.50	<b>0.8431</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.8431	0.0000	0.0000	0.8431	
	3879.90	3879.90	1793.33	0.3650	0.0000	0.0000	0.3650	
18 SLU	1215.00	0.00	0.00	765.00	1.031	2.50	<b>0.7234</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.7234	0.0000	0.0000	0.7234	
	3854.55	3854.55	1793.33	0.3152	0.0000	0.0000	0.3152	
19 SLU	1416.00	0.00	0.00	933.00	1.038	2.50	<b>0.8431</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.8431	0.0000	0.0000	0.8431	
	3879.90	3879.90	1793.33	0.3650	0.0000	0.0000	0.3650	
20 SLU	763.00	0.00	0.00	1342.00	1.054	2.50	<b>0.4543</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4543	0.0000	0.0000	0.4543	
	3941.63	3941.63	1793.33	0.1936	0.0000	0.0000	0.1936	
21 SLU	1416.00	0.00	0.00	933.00	1.038	2.50	<b>0.8431</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.8431	0.0000	0.0000	0.8431	
	3879.90	3879.90	1793.33	0.3650	0.0000	0.0000	0.3650	
22 SLU	763.00	0.00	0.00	1342.00	1.054	2.50	<b>0.4543</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4543	0.0000	0.0000	0.4543	
	3941.63	3941.63	1793.33	0.1936	0.0000	0.0000	0.1936	
23 SLU	763.00	0.00	0.00	2044.00	1.083	2.50	<b>0.4543</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.4543	0.0000	0.0000	0.4543	
	4047.58	4047.58	1793.33	0.1885	0.0000	0.0000	0.1885	
24 SLU	1215.00	0.00	0.00	765.00	1.031	2.50	<b>0.7234</b>	Ok
	1679.50	1679.50	1456.92	0.7234	0.0000	0.0000	0.7234	
	3854.55	3854.55	1793.33	0.3152	0.0000	0.0000	0.3152	

**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	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
25	2043.0	0.0	2046.0	7594.2	0.51	-126737.4	0.35	Ok
26	1893.0	0.0	2397.0	7022.0	0.47	-99935.4	0.28	Ok
27	2044.0	0.0	2046.0	7598.0	0.51	-126835.7	0.35	Ok
28	1893.0	0.0	2397.0	7022.0	0.47	-99935.4	0.28	Ok
29	1893.0	0.0	2397.0	7022.0	0.47	-99935.4	0.28	Ok
30	1876.0	0.0	2122.0	6967.3	0.47	-107711.1	0.30	Ok
31	2044.0	0.0	2046.0	7598.0	0.51	-126835.7	0.35	Ok
32	1861.0	0.0	2146.0	6910.4	0.46	-105422.6	0.29	Ok
33	2043.0	0.0	2046.0	7594.2	0.51	-126737.4	0.35	Ok
34	1893.0	0.0	2397.0	7022.0	0.47	-99935.4	0.28	Ok
35	1893.0	0.0	2397.0	7022.0	0.47	-99935.4	0.28	Ok
36	2044.0	0.0	2046.0	7598.0	0.51	-126835.7	0.35	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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>53</b>

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	1943.0	0.0	2139.0	0.14	0.36	Ok
38	1801.0	0.0	2418.0	0.11	0.27	Ok
39	1943.0	0.0	2139.0	0.14	0.36	Ok
40	1801.0	0.0	2418.0	0.11	0.27	Ok
41	1830.0	0.0	2402.0	0.11	0.28	Ok
42	1789.0	0.0	2211.0	0.12	0.29	Ok
43	1943.0	0.0	2139.0	0.14	0.36	Ok
44	1777.0	0.0	2230.0	0.11	0.28	Ok
45	1943.0	0.0	2139.0	0.14	0.36	Ok
46	1801.0	0.0	2418.0	0.11	0.27	Ok
47	1830.0	0.0	2402.0	0.11	0.28	Ok
48	1914.0	0.0	2155.0	0.14	0.34	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	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
49	1643.0	0.0	2416.0	6082.7	0.54	0.09	0.30	Ok
50	1527.0	0.0	2480.0	5646.5	0.50	0.08	0.26	Ok
51	1643.0	0.0	2416.0	6082.7	0.54	0.09	0.30	Ok
52	1527.0	0.0	2480.0	5646.5	0.50	0.08	0.26	Ok
53	1643.0	0.0	2416.0	6082.7	0.54	0.09	0.30	Ok
54	1527.0	0.0	2480.0	5646.5	0.50	0.08	0.26	Ok
55	1643.0	0.0	2416.0	6082.7	0.54	0.09	0.30	Ok
56	1527.0	0.0	2480.0	5646.5	0.50	0.08	0.26	Ok
57	1643.0	0.0	2416.0	6082.7	0.54	0.09	0.30	Ok
58	1527.0	0.0	2480.0	5646.5	0.50	0.08	0.26	Ok
59	1643.0	0.0	2416.0	6082.7	0.54	0.09	0.30	Ok
60	1527.0	0.0	2480.0	5646.5	0.50	0.08	0.26	Ok

**10.3 TABELLA RIEPILOGATIVA ARMATURA PALI**

Pila	Lunghezza pali	Arm. Long. Verifiche Strutturali	Arm. Taglio Verifiche Strutturali
Spalla 1	28m	50Φ30	Φ12/15cm
Spalla 2	28m	50Φ26	Φ12/15cm

Relazione di calcolo Pali di  
fondazione

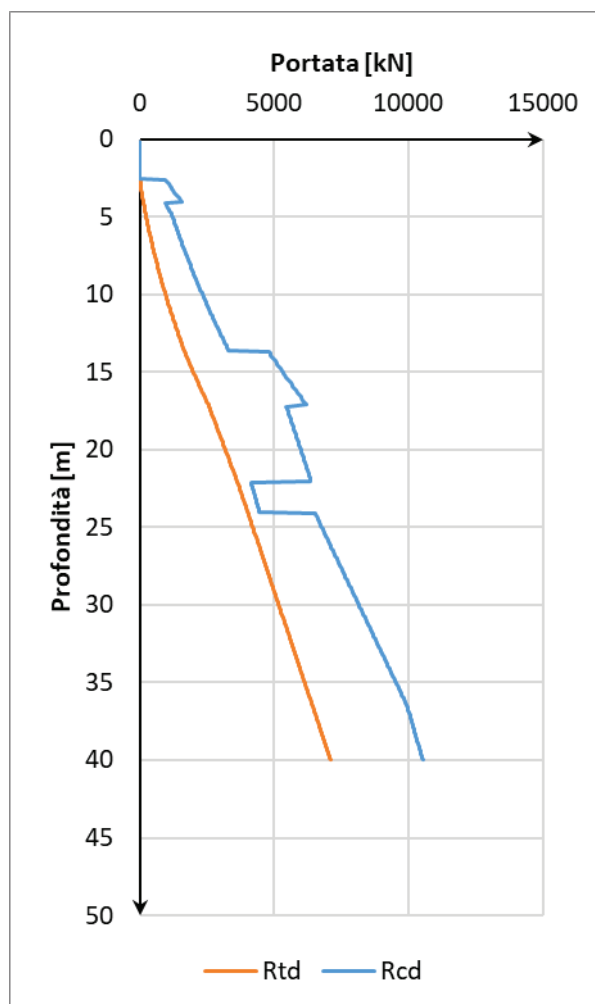
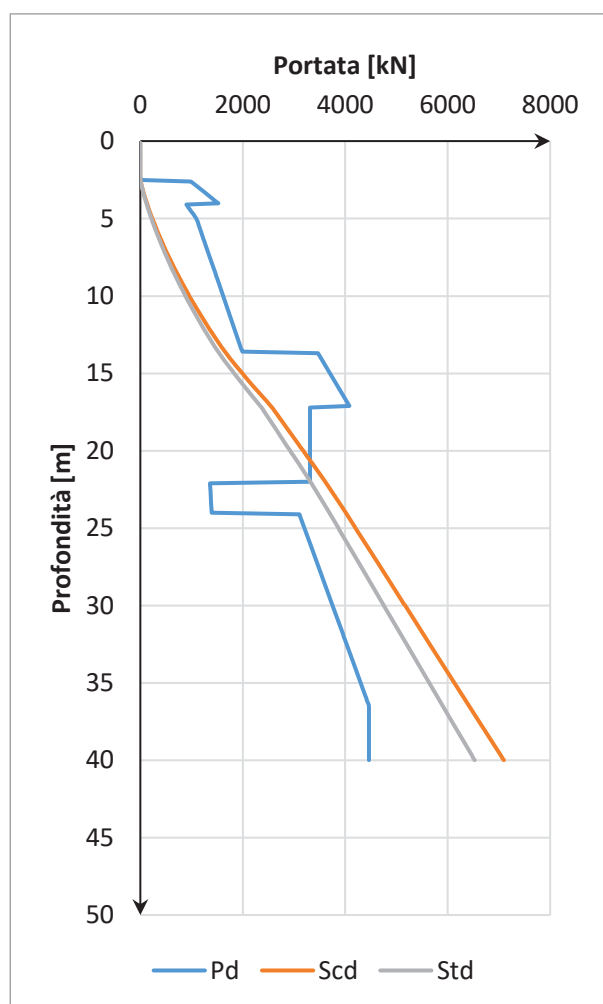
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	03	005	C	54

## 11. CURVE DI CAPACITÀ PORTANTE

Di seguito sono riportate le curve di capacità portante dei pali per le diverse stratigrafie di interesse. Le curve sono riportate per le capacità di design e in particolare:

- Pd: capacità portante punta palo;
- Scd: capacità portante laterale a compressione;
- Std: capacità portante laterale a trazione;
- Rcd: capacità portante totale a compressione;
- Rtd: capacità portante totale a trazione.

### 11.1 STRATIGRAFIA 1



Profondità [m]	Pd [kN]	Scd [kN]	Std [kN]	Rcd [kN]	Rtd [kN]
2.5	950.9	6.5	6.0	913.3	50.1
3.5	1331.3	85.7	78.8	1346.3	149.5
4.5	987.5	184.0	169.3	1074.3	266.5
5.5	1149.2	299.8	275.8	1325.3	399.5

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>55</b>

6.5	1253.2	427.8	393.6	1530.8	543.8
7.5	1357.1	566.9	521.6	1747.3	698.3
8.5	1461.1	717.0	659.7	1974.9	862.9
9.5	1565.0	878.2	807.9	2213.5	1037.6
10.5	1669.0	1050.3	966.3	2463.1	1222.6
11.5	1772.9	1233.6	1134.9	2723.7	1417.6
12.5	1876.9	1427.8	1313.6	2995.4	1622.8
13.5	1980.8	1633.1	1502.4	3278.1	1838.2
14.5	3613.6	1874.2	1724.2	5125.5	2086.5
15.5	3793.8	2127.6	1957.4	5532.6	2346.1
16.5	3974.0	2393.2	2201.8	5951.9	2617.1
17.5	3311.0	2639.2	2428.0	5508.4	2869.8
18.5	3311.0	2856.1	2627.6	5698.8	3095.9
19.5	3311.0	3073.0	2827.2	5889.2	3322.0
20.5	3311.0	3290.0	3026.8	6079.7	3548.1
21.5	3311.0	3506.9	3226.4	6270.1	3774.2
22.5	1369.1	3713.0	3416.0	4198.6	4299.5
23.5	1384.5	3911.9	3598.9	4368.7	4526.7
24.5	3150.8	4107.1	3778.5	6630.6	4405.9
25.5	3260.6	4300.0	3956.0	6906.7	4609.8
26.5	3370.3	4492.8	4133.4	7182.7	4813.7
27.5	3480.0	4685.6	4310.8	7458.8	5017.6
28.5	3589.7	4878.5	4488.2	7734.8	5221.5
29.5	3699.5	5071.3	4665.6	8010.9	5425.5
30.5	3809.2	5264.1	4843.0	8286.9	5629.4
31.5	3918.9	5457.0	5020.4	8563.0	5833.3
32.5	4028.6	5649.8	5197.8	8839.0	6037.2
33.5	4138.4	5842.6	5375.2	9115.1	6241.1
34.5	4248.1	6035.5	5552.6	9391.1	6445.0
35.5	4357.8	6228.3	5730.0	9667.2	6648.9
36.5	4466.0	6421.1	5907.4	9941.7	6852.9
37.5	4466.0	6614.0	6084.8	10108.0	7056.8
38.5	4466.0	6806.8	6262.3	10274.4	7260.7
39.5	4466.0	6999.6	6439.7	10440.7	7464.6