

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA – LESINA

GEOTECNICA

RELAZIONE GEOTECNICA DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI DEL VIADOTTO

L'Appaltatore

COMPAT S.c.a.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Ing. G.Babini Il Direttore Tecnico

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. T.Peella



Data
Settembre 2021

firma (Ing. Gianguido Babini)

Data
Settembre 2021

firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 7	0 1	E	ZZ	R H	GE 0 0 0 5	0 0 2	C	

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	PRIMA EMISSIONE	FERRETTI	Ottobre 2021	SALUTE	Ottobre 2021	PIAZZA	Ottobre 2021	
B	RECEPIMENTO Rapporto G-01 ODI 2022-030 e RDV LI07-RV-0000000042	FERRETTI	Aprile 2022	STRAMACCI	Aprile 2022	PIAZZA	Aprile 2022	
C								

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	1

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	3
2.1 Note esecutive sui pali di fondazione	3
3. NORMATIVE E RIFERIMENTI.....	4
4. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	5
4.1 Unità geotecniche	5
4.2 Sintesi parametri geotecnici di progetto.....	5
4.3 Livello di falda	8
4.4 Categoria di sottosuolo.....	8
4.5 Stratigrafie di progetto.....	8
5. RISCHIO DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	13
6. CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE	14
6.1 Analisi delle palificate soggette a carichi orizzontali.....	14
6.1.1 Modulo di reazione costante con la profondità.....	14
6.1.2 Modulo di reazione variabile con la profondità.....	15
6.2 Verifiche agli stati limite SLU ed SLE	15
6.3 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione	17
6.3.1 Unità a comportamento coesivo (Argille e limi).....	18
6.3.2 Unità a comportamento incoerente (Sabbie, Sabbie limose e Ghiaie)	19
6.4 Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione	20
6.5 Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione	20
6.6 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale	21
6.6.1 Unità a comportamento coesivo	22
6.6.2 Unità a comportamento incoerente.....	25
6.6.3 Resistenza di calcolo del palo ai carichi orizzontali in presenza di strato di terreno potenzialmente liquefacibile	27
6.6.4 Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico trasversale	27
6.7 Verifiche SLE - Cedimenti del palo in presenza di attrito negativo	28
7. ANALISI DELLE PALIFICATE SOGGETTE A CARICHI ORIZZONTALI.....	32
8. VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA NEI RIGUARDI DEL CARICO ASSIALE DI COMPRESSIONE E DI TRAZIONE (SFILAMENTO)34	
8.1 Valori massimi e minimi delle azioni assiali agenti in testa ai pali per verifiche SLU ed SLE	34

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C

8.2	Valori massimi dei carichi verticali complessivamente trasmessi alle palificate per verifiche SLU	35
8.3	Risultati delle verifiche	36
9.	VERIFICHE DI INSTABILITA' EULERIANA.....	38
10.	VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA NEI RIGUARDI DEL CARICO TRASVERSALE	39
10.1	Valori delle azioni orizzontali agenti in testa ai pali per verifiche SLU.....	39
10.2	Valori massimi dei carichi orizzontali complessivamente trasmessi alle palificate per verifiche SLU	40
10.3	Risultati delle verifiche	40
10.3.1	Verifiche in terreni non liquefacibili.....	40
10.3.2	Verifiche in presenza di strato di terreno potenzialmente liquefacile	42
11.	VERIFICHE DI PORTANZA AGLI SLE	44
12.	VERIFICHE SLE - CEDIMENTI DEL PALO IN PRESENZA DI ATTRITO NEGATIVO POST-LIQUEFAZIONE	45
ALLEGATO 1 – FONDAZIONI SU PALI – ANALISI DEI PALI SOGGETTI AD AZIONI TRASVERSALI IN TESTA		46
12.1	Spalla SPA – Costante di reazione costante con la profondità.....	46
12.2	Pile da P1 a P32 – Costante di reazione costante con la profondità	48
12.3	Pile da P33 a P46 – Costante di reazione linearmente variabile con la profondità	52
12.4	Spalla SPB – Costante di reazione linearmente variabile con la profondità.....	56
13.	ALLEGATO 2 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO ASSIALE LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA	58
14.	ALLEGATO 3 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI TRASVERSALI	59

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	3

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione esecutiva per la realizzazione del Lotto 1 Ripalta – Lesina del raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina sulla Linea Pescara – Bari, dal km 24+200 al km 31+044, per uno sviluppo di circa 6,8 km.

In particolare, sono illustrati i calcoli e le verifiche geotecniche delle palificate di fondazione del Viadotto Ripalta (VI01), posto tra le progressive chilometriche 2+566.40 e 3+741.40.

La caratterizzazione geotecnica è illustrata nella Relazione Geotecnica Generale, doc. LI0701EZZRHGE0003001, cui si rimanda per maggiori dettagli.

Le verifiche strutturali SLU ed SLE dei pali di fondazione sono illustrate nelle relazioni di calcolo delle spalle, doc. LI0701EZZCLVI0100002, e delle pile, doc. LI0701EZZCLVI0100003.

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il Viadotto, avente lunghezza complessiva pari a 1175 m, è a doppio binario ed è costituito da 47 campate in semplice appoggio con luce, misurata in asse pile, pari a 25 m.

La piattaforma ha una larghezza complessiva pari a 13.70 m e ospita due binari posti ad interasse di 4.00 m. Gli impalcati sono costituiti da quattro travi a cassoncino in c.a.p. di altezza pari a 2.10 m, disposte ad interasse pari a 2.41 m, solidarizzate dalla soletta in cls gettata in opera, dai trasversi di testata e da due trasversi intermedi.

Le pile, in numero di 46, presentano un'altezza variabile tra un minimo di 5.50 m ed un massimo di 7.00 m.

Le fondazioni delle spalle e delle pile sono di tipo indiretto su pali trivellati $\phi 1500$, collegati in testa da rigide zattere di fondazione.

Per le spalle sono previste zattere di dimensioni 20.50 m (T) x 11.50 (L) m ed altezza 2.00 m, su 15 pali disposti secondo una maglia rettangolare (5 x 3), garantendo una distanza minima tra gli assi dei pali pari a 4.5 m (3D).

Per le pile sono previste zattere di dimensioni 12.0m x 12.0 m ed altezza 2.50 su 9 pali disposti secondo una maglia quadrata (3 x 3) garantendo una distanza minima tra gli assi dei pali pari a 4.5 m (3D).

Le lunghezze dei pali di fondazione sono riepilogate nella seguente tabella:

Allineamento	Lpali [m]
Spalla SPA	36.0
Pile P1 ÷ P22	44.0
Pile P23 ÷ P46	28.0
Spalla SPB	21.0

Tabella 2.1 – Riepilogo lunghezze pali di fondazione per spalle e pile

2.1 Note esecutive sui pali di fondazione

I pali del viadotto saranno di tipo trivellato di grande diametro $\phi 1500$, realizzati con impiego di fanghi bentonitici.

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C

3. NORMATIVE E RIFERIMENTI

- [D_1]. D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- [D_2]. CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- [D_3]. UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- [D_4]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di Progettazione delle Opere Civili del 22/12/2017;
- [D_5]. RFI DTC SI CS SP IFS 001 B Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili del 22/12/2017.
- [D_6]. RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [D_7]. RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [D_8]. STI 2014 - REGOLAMENTO (UE) n. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea.

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	5

4. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Come stratigrafia di riferimento si è preso in considerazione la scheda geotecnica allegata alla relazione geotecnica generale. Di seguito si riporta la successione stratigrafica ed i parametri di resistenza.

4.1 Unità geotecniche

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente:

Terreno di riporto (unità geologica R): si tratta dello spessore di terreno vegetale (Rv) costituito prevalentemente da limo sabbioso debolmente argilloso con resti vegetali e inclusi clasti e da terreno di riporto antropico (Ra) costituente il rilevato ferroviario esistente;

Depositi alluvionali recenti (unità geologica 5): si tratta di terreni alluvionali che si possono distinguere in base alla composizione granulometrica in:

- **Unità 5AL:** argille limose e limi argillosi con locali intercalazioni centimetriche di limi sabbiosi e/o di sabbie fini limose;
- **Unità 5GS:** ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante;
- **Unità 5S:** sabbie e sabbie limose.

Conglomerati di Campomarino (unità geologica 7): Si tratta di ghiaie e ciottoli arrotondati in matrice sabbioso-limosa, a luoghi debolmente argillosa di colore marrone chiaro, da poco a moderatamente cementata, a luoghi intercalata a sabbie debolmente addensate ed argille limose giallo-verdastre. Si distinguono tre diverse unità geotecniche:

- **Unità 7GS:** conglomerati poligenici ed eterometrici, ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi da sub-angolosi ad arrotondati, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante.
- **Unità 7S:** sabbie e sabbie limose avana scuro, avana-beige e avana giallastro.
- **Unità 7AL:** argille limose e limi argillosi, di colore avana scuro e avana-beige, con intercalazioni di sabbie limose avana giallastre e grigie.

Sabbie di Serracapricola (unità geologica 8): sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose e a grado di cementazione variabile (**Unità 8S**); talvolta sono presenti lenti di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati (**Unità 8GS**).

Argille subappenniniche (unità geologica 9) – Unità 9AL: si tratta di argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, generalmente bioturbati e talora a laminazione pianoparallela, con frequenti intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e talvolta di sabbie fini di colore grigio e giallastro.

4.2 Sintesi parametri geotecnici di progetto

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

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	6

Depositi alluvionali recenti - Unità 5AL (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma_{nat} = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 40 \div 150 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 150 \div 250 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 45 \div 125 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 90 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Depositi alluvionali recenti - Unità 5GS (Ghiaia con sabbia)

$\gamma_{nat} = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 33 \div 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 330 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 550 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Depositi alluvionali recenti - Unità 5S (Sabbia, sabbia con limo)

$\gamma_{nat} = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 28 \div 33^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 330 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 50 \div 170 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 110 \div 450 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Depositi alluvionali terrazzati - Unità 6AL (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma_{nat} = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 350 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 200 \div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Conglomerati di Campomarino - Unità 7AL (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma_{nat} = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 24 \div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 75 \div 350 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 300 \div 400 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio;

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C

 $G_o = 100\div 320$ MPa

Modulo di deformazione a taglio iniziale

 $E_o = 200\div 800$ MPa

Modulo di deformazione elastico iniziale

Conglomerati di Campomarino - Unità 7S (Sabbia, sabbia con limo) $\gamma_{nat} = 20.5$ kN/m³

peso di volume naturale

 $c' = 0$ kPa

coesione drenata

 $\varphi' = 33\div 37$ °

angolo di resistenza al taglio

 $V_s = 200\div 350$ m/s

velocità delle onde di taglio;

 $G_o = 80\div 240$ MPa

Modulo di deformazione a taglio iniziale

 $E_o = 200\div 600$ MPa

Modulo di deformazione elastico iniziale

Conglomerati di Campomarino - Unità 7GS (Ghiaia con sabbia e clasti/ciottoli) $\gamma_{nat} = 20.5$ kN/m³

peso di volume naturale

 $c' = 0$ kPa

coesione drenata

 $\varphi' = 37\div 40$ °

angolo di resistenza al taglio

 $V_s = 250\div 400$ m/s

velocità delle onde di taglio;

 $G_o = 120\div 300$ MPa

Modulo di deformazione a taglio iniziale

 $E_o = 300\div 800$ MPa

Modulo di deformazione elastico iniziale

Sabbie di Serracapricola - Unità 8S (Sabbia, sabbia con limo) $\gamma_{nat} = 19\div 20$ kN/m³

peso di volume naturale

 $c' = 0$ kPa

coesione drenata

 $\varphi' = 34$ °

angolo di resistenza al taglio

 $V_s = 220\div 230$ m/s

velocità delle onde di taglio;

 $E_o = 240\div 270$ MPa

Modulo di deformazione elastico iniziale

Sabbie di Serracapricola - Unità 8GS (Ghiaia con sabbia e clasti/ciottoli) $\gamma_{nat} = 19\div 20$ kN/m³

peso di volume naturale

 $c' = 0$ kPa

coesione drenata

 $\varphi' = 38$ °

angolo di resistenza al taglio

 $V_s = 290\div 400$ m/s

velocità delle onde di taglio;

 $E_o = 400\div 800$ MPa

Modulo di deformazione elastico iniziale

Argille subappenniniche – Unità 9AL (Argille limose e limi argillosi) $\gamma_{nat} = 20$ kN/m³

peso di volume naturale

 $c' = 5\div 15$ kPa

coesione drenata

 $\varphi' = 24\div 27$ °

angolo di resistenza al taglio

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	8

$V_s = 380 \text{ m/s}$ velocità delle onde di taglio;
 $G_o = 280 \text{ MPa}$ Modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 300\div 730 \text{ MPa}$ Modulo di deformazione elastico iniziale

4.3 Livello di falda

La zona su cui ricade il viadotto Ripalta è soggetta ad allagamento. Pertanto, il livello piezometrico di progetto per le analisi geotecniche delle fondazioni è stato assunto coincidente con il piano di campagna.

Per le verifiche degli scavi provvisori per il raggiungimento dei piani di imposta dei plinti e per la verifica delle OOPP, previste, in alcuni casi, a protezione dei medesimi scavi, tenuto conto della durata estremamente limitata, si è fatto riferimento ai livelli piezometrici riportati nel profilo geotecnico sulla base di tutte le misurazioni effettuate nelle diverse fasi della progettazione. Come è possibile evincere il livello della falda è ubicato sostanzialmente alla quota di imposta dei plinti di fondazione.

4.4 Categoria di sottosuolo

Come illustrato nella “Relazione Geotecnica” di PE, la categoria di sottosuolo, determinata in base alle risultanze delle indagini eseguite in sito e (Cross-Hole, Down-Hole, MASW), varia come segue lungo lo sviluppo del viadotto:

- Da spalla SPA a pila P21: **categoria di sottosuolo D**;
- Da pila P22 a spalla SPB: **categoria di sottosuolo C**.

4.5 Stratigrafie di progetto

Di seguito si illustrano le stratigrafie ed i parametri di progetto relativi alle unità intercettate lungo lo sviluppo del viadotto:

- **Tratto da inizio viadotto km 2+565 a km 2+600**

Allineamenti: Spalla SP1 (lato Termoli)

Unità 5-AL: per $z < 48.0 \text{ m}$

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

$\phi' = 25^\circ$

$c' = 0\div 5 \text{ kPa}$

$c_u = 100 \text{ kPa}$ per $0.0 < z < 10.0 \text{ m}$

$c_u = 60 \text{ kPa}$ per $10.0 < z < 16.0 \text{ m}$

$c_u = 75 \text{ kPa}$ per $16.0 < z < 22.0 \text{ m}$

$c_u = 55 \text{ kPa}$ per $22.0 < z < 25.0 \text{ m}$

$c_u = -20+2.85\cdot z \text{ kPa}$ per $25.0 < z < 48.0 \text{ m}$

Unità 8-GS: per $48.0 < z < 53.0 \text{ m}$

$\gamma_{\text{nat}} = 20 \text{ kN/m}^3$

$\phi' = 35^\circ$

$c' = 0 \text{ kPa}$

$N_{\text{spt}} = R$

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C

Unità 9-AL: per $53.0 < z < 60.0$ m

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$c' = 10 \text{ kPa}$$

$$c_u = 160 \text{ kPa}$$

- **Tratto da km 2+600 a km 2+730**

Allineamenti: Pile P1 ÷ P6 (gruppo 1)

Unità 5-AL:

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 25^\circ$$

$$c' = 0\div5 \text{ kPa}$$

$$c_u = 100 \text{ kPa} \quad \text{per } 0.0 < z < 10.0 \text{ m}$$

$$c_u = 48 + 1.5 \cdot z \text{ kPa} \quad \text{per } 10.0 < z < 48.0 \text{ m}$$

- **Tratto da km 2+730 a km 2+830**

Allineamenti: Pile P7 ÷ P10 (gruppo 2)

Unità 5-AL:

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 25^\circ$$

$$c' = 0\div5 \text{ kPa}$$

$$c_u = 100 \text{ kPa} \quad \text{per } 0.0 < z < 10.0 \text{ m}$$

$$c_u = 48 + 1.5 \cdot z \text{ kPa} \quad \text{per } 10.0 < z < 48.0 \text{ m}$$

Unità 5-S per $8.0 < z < 9.0$ m (strato potenzialmente liquefacibile)

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 30^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

Unità 5-S per $16.0 < z < 19.5$ m (strato potenzialmente liquefacibile)

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 32^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$N_{spt} = 20 \text{ colpi/30 cm}$$

- **Tratto da km 2+830 a km 2+930**

Allineamenti: Pile P11 ÷ P14 (gruppo 3)

Unità 5-AL:

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 25^\circ$$

$$c' = 0\div5 \text{ kPa}$$

$$c_u = 100 \text{ kPa} \quad \text{per } 0.0 < z < 7.0 \text{ m}$$

$$c_u = 50 \text{ kPa} \quad \text{per } 7.0 < z < 16.0 \text{ m}$$

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	10

cu = 60 kPa per 16.0 < z < 25.0 m
cu = -20+2.85·z kPa per 25.0 < z < 50.0 m

Unità 5-S per 8.5 < z < 9.5 m (strato potenzialmente liquefacibile)

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 30^\circ$
c' = 0 kPa

Unità 5-S per 16.0 < z < 19.5 m (strato potenzialmente liquefacibile)

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 32^\circ$
c' = 0 kPa
Nspt = 20 colpi/30 cm

– **Tratto da km 2+930 a km 3+050**

Allineamenti: Pile P15 ÷ P19 (gruppo 4)

Unità 5-AL:

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 25^\circ$
c' = 0÷5 kPa
cu = 100 kPa per 0.0 < z < 7.0 m
cu = 60 kPa per 7.0 < z < 16.0 m
cu = 20+2·z kPa per 16.0 < z < 40.0 m

Unità 5-S per 16.0 < z < 19.5 m (strato potenzialmente liquefacibile)

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 32^\circ$
c' = 0 kPa
Nspt = 20 colpi/30 cm

– **Tratto da km 3+050 a km 3+125**

Allineamenti: Pile P20 ÷ P22 (gruppo 5)

Unità 5-AL: per z < 27.0 m

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 25^\circ$
c' = 0÷5 kPa
cu = 90 kPa per 0.0 < z < 7.0 m
cu = 50 kPa per 7.0 < z < 15.0 m
cu = 70 kPa per 15.0 < z < 27.0 m

Unità 7-GS per 27 < z < 39 m

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 38^\circ$
c' = 0 kPa
Nspt = 50÷R colpi/30 cm

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	11

Unità 9-AL per 39 < z < 40 m

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$c' = 10 \text{ kPa}$$

$$c_u = 160 \div 250 \text{ kPa (valore medio 190 kPa)}$$

- Tratto da km 3+125 a km 3+375**Allineamenti: Pile P23 ÷ P32 (gruppo 6)****Unità 5-AL: per z < 19.5 m**

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 25^\circ$$

$$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$$

$$c_u = 100 \text{ kPa per } 0.0 < z < 7.0 \text{ m}$$

$$c_u = 45 + 3.85 \cdot z \text{ kPa per } 7.0 < z < 19.5 \text{ m}$$

Unità 5-S per 19.5 < z < 21 m

$$\gamma_{\text{nat}} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 30^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$N_{\text{spt}} = 27 \text{ colpi/30 cm}$$

Unità 7-GS per 21 < z < 40 m

$$\gamma_{\text{nat}} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 38^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$N_{\text{spt}} = 80 \div R \text{ colpi/30 cm}$$

- Tratto da km 3+375 a km 3+730**Allineamenti: Pile P33 ÷ P46 (gruppo 7)****Unità 5-AL: per z < 4 m**

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 25^\circ$$

$$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$$

$$c_u = 100 \div 150 \text{ kPa}$$

Unità 7-GS per 4 < z < 38 m

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 38^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$N_{\text{spt}} = 40 \div R \text{ colpi/30 cm}$$

Unità 9-AL per 38 < z < 60 m

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C

$$c' = 10 \text{ kPa}$$

$$c_u = 160 \div 250 \text{ kPa (valore medio 190 kPa)}$$

– **Tratto da km 3+730 a fine viadotto km 3+740**

Allineamenti: Spalla SP2 (lato Lesina)

Unità 5-AL: per $z < 4 \text{ m}$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 25^\circ$$

$$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$$

$$c_u = 100 \div 150 \text{ kPa}$$

Unità 7-GS per $4 < z < 38 \text{ m}$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 38^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$N_{spt} = 40 \div R \text{ colpi/30 cm}$$

Unità 9-AL per $38 < z < 60 \text{ m}$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 26^\circ$$

$$c' = 10 \text{ kPa}$$

$$c_u = 160 \div 250 \text{ kPa (valore medio 190 kPa)}$$

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	13

5. RISCHIO DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Le indagini geognostiche eseguite hanno evidenziato la presenza di due livelli di terreno potenzialmente liquefacibili lungo lo sviluppo del viadotto:

- Il primo, di spessore ridotto a massimo 1 m, collocato a circa 9 m di profondità dal piano di campagna;
- Il secondo ha uno spessore più rilevante ed è ubicato a profondità comprese tra i 16 e i 20 m da piano di campagna.

Il tratto di interesse è quello compreso tra il km 2+730 e km 3+050 (pile da P7 a P19).

Le verifiche geotecniche condotte sui pali di fondazione delle pile comprese nel tratto in esame sono le seguenti:

- Verifica di capacità portante, trascurando il contributo di portata laterale relativo agli strati potenzialmente liquefacibili ($q_s = 0$);
- Verifica di instabilità euleriana dei pali, effettuata considerando una lunghezza libera d'inflessione pari alla somma dello spessore dei due strati potenzialmente liquefacibili e del terreno tra di questi compreso;
- Analisi dei pali soggetti a forze orizzontali applicate in testa, considerando gli strati potenzialmente liquefacibili non reagenti;
- Valutazione dell'interazione palo-terreno in presenza di attrito negativo (relativo all'attraversamento degli strati di terreno da p.c. fino alla base degli strati potenzialmente liquefacibili), e valutazione dei cedimenti per effetto dei carichi di esercizio per verificarne la compatibilità con la funzionalità delle sovrastrutture.

Viene omessa la verifica di instabilità euleriana dei pali, certamente soddisfatta

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	14

6. CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE

6.1 Analisi delle palificate soggette a carichi orizzontali

Il comportamento di pali soggetti a carichi trasversali è stata analizzato mediante il metodo del modulo di reazione.

L'interazione palo-terreno è schematizzata secondo il modello di trave su suolo alla Winkler, in cui il terreno è caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale E_{MR} , definito dal rapporto tra la reazione ai carichi orizzontali per unità di lunghezza (p) ed il corrispondente spostamento orizzontale (y):

$$- E_{MR} = p / y \quad [F / L^2]$$

La relazione tra il Modulo di reazione e la costante di reazione orizzontale k_h è la seguente:

$$- k_h = E_{MR} / D \quad [F / L^3]$$

Essendo D il diametro del palo.

6.1.1 Modulo di reazione costante con la profondità

Per materiali coesivi sovraconsolidati il modulo di reazione, o la costante di reazione orizzontale, possono essere assunti ad andamento costante con la profondità.

Broms (1964), ha correlato k_h al modulo secante E_{50} a metà tensione limite in una prova non drenata:

$$- k_h = 1.67 E_{50} / d$$

Usando un valore di E_{50} compreso tra 50 e 200 volte la resistenza al taglio non drenata c_u (Skempton 1951), si ha:

$$- k_h = (80 \div 320) c_u / D$$

Nel caso in esame, è stato assunto:

$$- k_h = 200 \cdot c_u / D$$

Nel caso di palo immerso in terreno caratterizzato da modulo di reazione costante con la profondità, le espressioni delle caratteristiche della sollecitazione (M, V) e degli spostamenti (y, θ), in funzione di z , sono disponibili in forma chiusa (Hetenyi, 1946):

$$\begin{aligned}
 - \text{Spostamento orizzontale:} & \quad y = K_{yH} \cdot \frac{2 \cdot H}{k_h \cdot D \cdot L_0} + K_{yM} \cdot \frac{2 \cdot M_0}{k_h \cdot D \cdot L_0^2} \\
 - \text{Rotazione:} & \quad \theta = K_{\theta H} \cdot \frac{2 \cdot H}{k_h \cdot D \cdot L_0^2} + K_{\theta M} \cdot \frac{4 \cdot M_0}{k_h \cdot D \cdot L_0^3} \\
 - \text{Momento flettente:} & \quad M_i(z) = -K_{MH} \cdot H \cdot L_0 + K_{MM} \cdot M_0 \\
 - \text{Sforzo di taglio:} & \quad V_i(z) = -K_{VH} \cdot H - 2 \cdot K_{VM} \cdot \frac{M_0}{L_0}
 \end{aligned}$$

Dove:

$$L_0 = [4 \cdot E_p \cdot I_p / (1.5 \cdot k_h \cdot D)]^{0.25}$$

E_p lunghezza libera d'inflessione del palo in ;

I_p il modulo di elasticità del palo;

H, M_0 il momento d'inerzia del palo;

carico orizzontale e coppia applicati in testa al palo;

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	15

Le soluzioni relative al caso di testa impedita di ruotare (incastro), si ottengono per:

$$M_0 = -\frac{H \cdot L_0}{2} \cdot \frac{K_{\theta H}(z=0)}{K_{\theta M}(z=0)}$$

In caso di scalzamento (l lunghezza di altezza non collaborante in testa al palo), il valore del momento in testa al palo è fornito dalla seguente espressione:

$$- M_{max} = -\frac{H \cdot (L_0 + l)}{2}$$

6.1.2 Modulo di reazione variabile con la profondità

Per materiali incoerenti, si assume un andamento del modulo di reazione variabile con la profondità:

$$- E_{MR} = n_h \cdot z$$

Dove n_h è il gradiente del modulo di reazione, assunto in accordo a Reese.

Nel caso di palo immerso in terreno caratterizzato da un unico valore del gradiente del modulo di reazione con la profondità n_h , le espressioni delle caratteristiche della sollecitazione (M, V) e degli spostamenti (y, θ), in funzione di z , sono disponibili in forma chiusa (Matlock e Reese).

Nell'ipotesi di palo incastrato in sommità non soggetto a scalzamento, valgono le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 - \text{Spostamento orizzontale:} & \quad y = A_y \cdot \frac{H \cdot L_0^3}{E_p \cdot I_p} + B_y \cdot \frac{M_0 \cdot L_0^2}{E_p \cdot I_p} \\
 - \text{Rotazione:} & \quad \theta = A_\theta \cdot \frac{H \cdot L_0^2}{E_p \cdot I_p} + B_\theta \cdot \frac{M_0 \cdot L_0}{E_p \cdot I_p} \\
 - \text{Momento flettente:} & \quad M_i(z) = A_M \cdot H \cdot L_0 + B_M \cdot M_0 \\
 - \text{Sforzo di taglio:} & \quad V_i(z) = A_V \cdot H + B_V \cdot \frac{M_0}{L_0}
 \end{aligned}$$

Dove:

$$L_0 = [E_p \cdot I_p / n_h]^{0.20}$$

E_p

I_p

H, M_0

A, B

lunghezza libera d'inflexione (o caratteristica) del palo;

modulo di elasticità del palo;

momento d'inerzia del palo;

carico orizzontale e coppia applicati in testa al palo;

Coefficienti di influenza dello spostamento e della rotazione;

il momento massimo viene attinto all'incastro con il plinto di fondazione e vale:

$$- M_{max} = 0.93 \cdot L_0 \cdot H$$

In caso di scalzamento (l lunghezza di altezza non collaborante in testa al palo), il valore del momento in testa al palo è fornito dalla seguente espressione:

$$- \text{Momento flettente:} \quad M_i(z) = H \cdot \frac{l^2 - A_\theta \cdot L_0^2}{B_\theta \cdot L_0 + l}$$

6.2 Verifiche agli stati limite SLU ed SLE

In accordo alle NTC2008 le verifiche SLU di tipo geotecnico (GEO) delle fondazioni su pali sono state effettuate con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $Ed \leq Rd$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- Collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali;

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	16

- Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- Collasso per carico limite di sfilamento del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- Collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi trasversali;
- Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;

Le verifiche di stabilità globale non sono state effettuate ricadendo le fondazioni in esame su aree in piano o a pendenza trascurabile.

Relativamente agli stati limite di esercizio (SLE) è stato verificato che il carico assiale massimo di compressione agente sul palo singolo agli SLE per la combinazione caratteristica (rara), risulti non maggiore della resistenza laterale di calcolo del palo singolo, divisa per 1.25, verifica esplicitamente richiesta dal Manuale di Progettazione RFI (§[D_4]).

Inoltre, è stata effettuata una stima del cedimento del palo singolo per carichi massimi agli SLE, in presenza di attrito negativo indotto dai cedimenti del terreno compreso tra p.c. e base degli strati potenzialmente liquefacibili, che può caratterizzare il tratto in cui ricadono le pile da P7 a P19.

Le Verifiche agli Stati Limite Ultimi finalizzate al dimensionamento geotecnico (carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali, trasversali e di sfilamento), sono state effettuate riferendosi all'Approccio 2 con i gruppi parziali A1, M1, R3 definiti dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC08:

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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

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

		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	17

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

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

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

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

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

6.3 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione

Deve essere:

$$F_{cd} \leq R_{cd}$$

Dove:

F_{cd} è il carico assiale di compressione assunto in progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

R_{cd} la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd} - W_p$$

Essendo:

$R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$ la resistenza alla base di progetto;

$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$ la resistenza laterale di progetto;

W_p il peso del palo alleggerito;

γ_b, γ_s coefficienti di sicurezza parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali, forniti dalla Tab. 6.4.II delle NTC2008 precedentemente illustrata;

$R_{bk} = \text{Min} [(R_{b,cal})_{media} / \xi_3; (R_{b,cal})_{min} / \xi_4]$ la resistenza alla punta caratteristica;

$R_{sk} = \text{Min} [(R_{s,cal})_{media} / \xi_3; (R_{s,cal})_{min} / \xi_4]$ la resistenza laterale caratteristica;

ξ_3, ξ_4 coefficienti di riduzione che dipendono dal numero di verticali indagate, determinati in base alla Tab. 6.4.IV delle NTC2008;

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	18

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

$R_{b,cal}$ ed $R_{s,cal}$ rappresentano le resistenze alla base e laterale di calcolo del palo valutate con la seguenti espressioni:

$$R_{b,cal} = qb A_p \quad \text{la resistenza alla punta e:}$$

$$R_{s,cal} = \sum_i^n q_{s_i} A_{l_i} \quad \text{la resistenza laterale}$$

i è lo strato iesimo attraversato dal palo ed n il numero totale degli strati.

In accordo al Manuale di progettazione RFI (§[D_4]), è stata verificata la seguente relazione:
 $R_{s,cal} / 1.25 > N_{ag}$

Dove:
 N_{ag} è il carico assiale agente sul palo, determinato per la combinazione caratteristica (rara) impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE).

6.3.1 Unità a comportamento coesivo (Argille e limi)

La verifica è effettuata in termini di tensioni totali.

La resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione:

$$qb = \sigma_v + 9 c_u$$

essendo:

σ_v la tensione verticale totale alla quota della base del palo e c_u la coesione non drenata del terreno di fondazione alla base.

Relativamente alla resistenza laterale, Il valore di q_{s_i} viene determinato come:

$$q_{s_i} = \alpha_i c_{ui} \leq q_{s,max}$$

Essendo:

α un coefficiente riduttivo della coesione non drenata c_u , variabile secondo quanto suggerito da AGI (1984) per pali trivellati:

Tipo di palo	Valori di c_u [kPa]	Valori di α
Trivellato	$c_u < 25$	0.9
	$25 \leq c_u < 50$	0.8
	$50 \leq c_u < 75$	0.6
	$c_u \geq 75$	0.4

Tabella 6.1 – Valori di α (AGI 1984)

$q_{s,max}$ valore massimo della tensione tangenziale ultima palo-terreno, pari a 100 kPa per i terreni coesivi.

In ogni caso il valore di valore di q_{s_i} non potrà essere inferiore a:

$$q_{s_i} = 0.23 \sigma'_v \quad \text{valore della tensione tangenziale in termini di tensioni efficaci per argille normalconsolidate.}$$

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	19

6.3.2 Unità a comportamento incoerente (Sabbie, Sabbie limose e Ghiaie)

La verifica è effettuata in termini di tensioni efficaci.

Per pali trivellati di grande diametro la resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione:

$$q_b = Nq^* \times \sigma_v'$$

Nq^* è il coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere di un cedimento alla base del palo pari a $(0.06 - 0.1) D$ valutato secondo Berezantzev (1965), e σ_v' la tensione verticale alla base del palo in termini di tensioni efficaci.

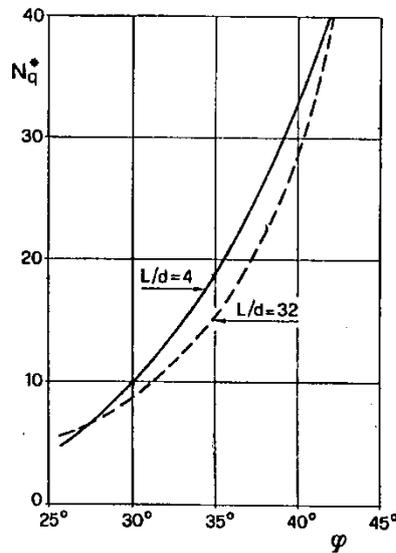


Figura 6.1 – Coefficienti Nq^* (Berezantzev, 1965), corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla base

In ogni caso è stato assunto per q_b un valore limite $q_{b,max}$ pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione [Gwizdala (1984), Reese&O'Neill (1988) e Matsui (1993)]:

$$q_{b,max1} = (Nspt)_m \times \alpha_N \text{ (kPa)}$$

Essendo:

α_N un coefficiente empirico pari a:

$\alpha_N = 150$ per ghiaie $\alpha_N = 120$ per sabbie $\alpha_N = 85$ per sabbie limose

$(Nspt)_m$ Il valore di $Nspt$ medio su un tratto pari a $1.5 D$ al di sopra e al di sotto della base del palo.

e dalla seguente tabella:

$q_{b,max2} = 7500$ per ghiaie $q_{p,max2} = 5800$ per sabbie $q_{p,max2} = 4300$ per sabbie limose

La resistenza unitaria laterale q_{si} viene determinato in accordo a Reese e O'Neill (1988) e O'Neill&Hassan (1994) come:

$$q_{si} = \sigma_v'_m \beta(z) \leq q_{s,max}$$

essendo:

$\sigma_v'_m$

il valore della tensione verticale determinata alla quota media dello strato considerato;

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	20

β coefficiente empirico;
 $q_{s,max}$ tensione tangenziale ultima consigliabile.

In accordo a Reese e O'Neill (1988) e O'Neill&Hassan (1994) al coefficiente empirico β possono essere assegnati i seguenti valori:

$1.2 \geq \beta = 1.5 - 0.42 z^{0.34} \geq 0.25$ per i depositi sabbiosi
 $1.8 \geq \beta = 2.0 - 0.15 z^{0.75} \geq 0.25$ per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi

In accordo a Reese & Wright (1977) nel caso di pali trivellati a fango, il valore di $q_{s,max}$ è ricavabile dalle seguenti espressioni:

$q_{s,max} = 3 \times N_{spt}$ (kPa) per $N_{spt} \leq 53$
 $q_{s,max} = 142 + 0,32 \times N_{spt}$ (kPa) per $N_{spt} > 53$

6.4 Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione

Deve essere:
 $F_{td} \leq R_{td}$

Dove:
 F_{td} è il carico assiale di trazione assunto in progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;
 R_{td} la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:
 $R_{td} = 0.7 R_{sd} + W_p$

Essendo:
 $R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$ la resistenza laterale di progetto;
 W_p il peso del palo alleggerito;
 γ_b, γ_s coefficienti di sicurezza parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali, forniti dalla Tab. 6.4.II delle NTC2008 precedentemente illustrata;
 R_{sk} la resistenza laterale caratteristica, valutata secondo quanto illustrato nei paragrafi precedenti.

Come è possibile evincere per le verifiche a carichi di trazione si assume una resistenza laterale pari al 70% della corrispondente valutata per pali in compressione.

6.5 Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione

L'interasse tra i pali è fissato ad un valore non minore di tre volte il loro diametro.

La resistenza ai carichi verticali $R_{cd,gr}$ del gruppo di pali viene determinata in base alla seguente espressione:
 $R_{cd,gr} = \eta n R_{cd}$

In cui:
 η è l'efficienza del gruppo di pali;
 n Il numero complessivo di pali del gruppo.
 R_{cd} la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo definito in accordo a quanto illustrato nei paragrafi precedenti.

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	21

Per palificate in terreni coesivi, l'efficienza del gruppo di pali risulta minore dell'unità.

Il valore dell'efficienza è stato determinato attraverso la nota formula empirica di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \quad m n}$$

In cui:

d diametro dei pali;
i interasse tra i pali;
m numero di file di pali;
n numero di pali per ciascuna fila.

Per palificate in terreni incoerenti l'efficienza del gruppo dipende, oltre che dall'interasse dei pali, anche dallo stato di addensamento del materiale:

- sabbia sciolta, con interassi usuali (non minori di tre volte il diametro dei pali), l'efficienza è sempre maggiore dell'unità e nel progetto viene assunta pari ad uno. In questi casi, la verifica di collasso per carico limite del palo singolo è certamente più gravosa di quella relativa al gruppo che, pertanto, viene omessa;
- sabbia densa, l'efficienza varia tra 0.7, per interasse dei pali compreso fra 3 e 6 diametri, e 1.0 per interasse dei pali pari a 8.

La verifica si ritiene soddisfatta se:

$$N_{\max \text{ SLU}} \leq R_{cd,gr}$$

Dove:

$N_{\max \text{ SLU}}$ è il massimo carico verticale agli SLU-STR o SLV agente sulla palificata.

6.6 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale

Deve essere:

$$F_{trd} \leq R_{tr,d}$$

Dove:

F_{trd} è il carico orizzontale di progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;
R_{tr,d} la Resistenza di progetto ai carichi orizzontali allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$$

γ_T la resistenza caratteristica ai carichi orizzontali;
coefficiente di sicurezza parziale per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali, fornito dalla Tab. 6.4.VI delle NTC2008, precedentemente illustrata;

$$R_{tr,k} = \text{Min} [(R_{tr,cal})_{media} / \xi_3; (R_{tr,cal})_{min} / \xi_4]$$

la resistenza laterale caratteristica ai carichi orizzontali allo SLU;

ξ_3, ξ_4 coefficienti di riduzione che dipendono dal numero di verticali indagate, determinati in base alla Tab. 6.4.IV delle NTC2008:

R_{tr,cal} rappresenta la resistenza di calcolo del palo ai carichi orizzontali *H_{lim}* valutata in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	22

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- Terreno omogeneo;
- Comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è ininfluyente e l'interazione palo-terreno è determinata solo dalla dimensione caratteristica D della sezione del palo (il diametro per sezioni circolari, il lato per sezioni quadrate, etc.) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, cioè si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

Questa ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

In accordo alla condizione di vincolo dei pali nei plinti di fondazione, il palo è considerato impedito di ruotare in testa.

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati nella figura seguente e sono solitamente indicati come "palo corto", "intermedio" e "lungo".

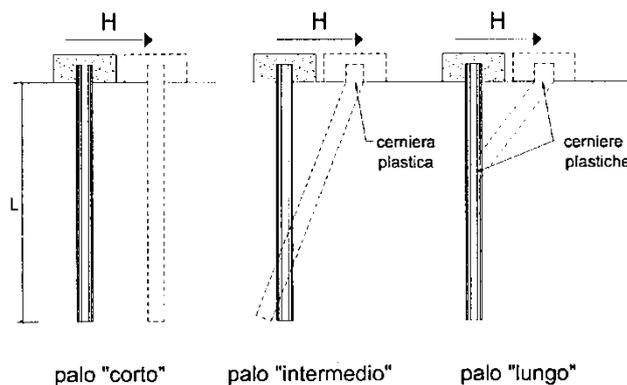


Figura 6.2 – meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

6.6.1 Unità a comportamento coesivo

Il diagramma di distribuzione della resistenza p offerta dal terreno lungo il fusto del palo è quello riportato nella figura seguente (a). Broms adotta al fine delle analisi una distribuzione semplificata (b) con reazione nulla fino a $1.5 D$ e costante con valore $9 c_u D$ per profondità maggiori.

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	23

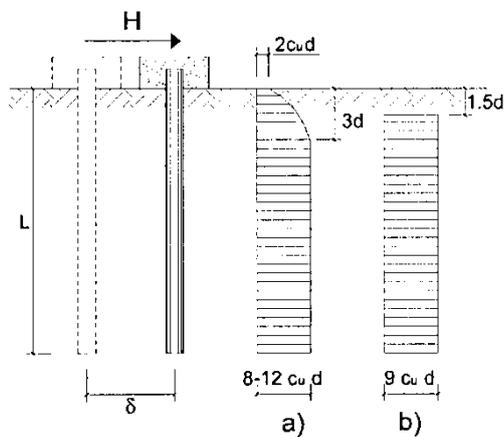


Figura 6.3 – distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

Nella figura seguente si riportano gli schemi di calcolo per i tre meccanismi di rottura precedentemente illustrati:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	24

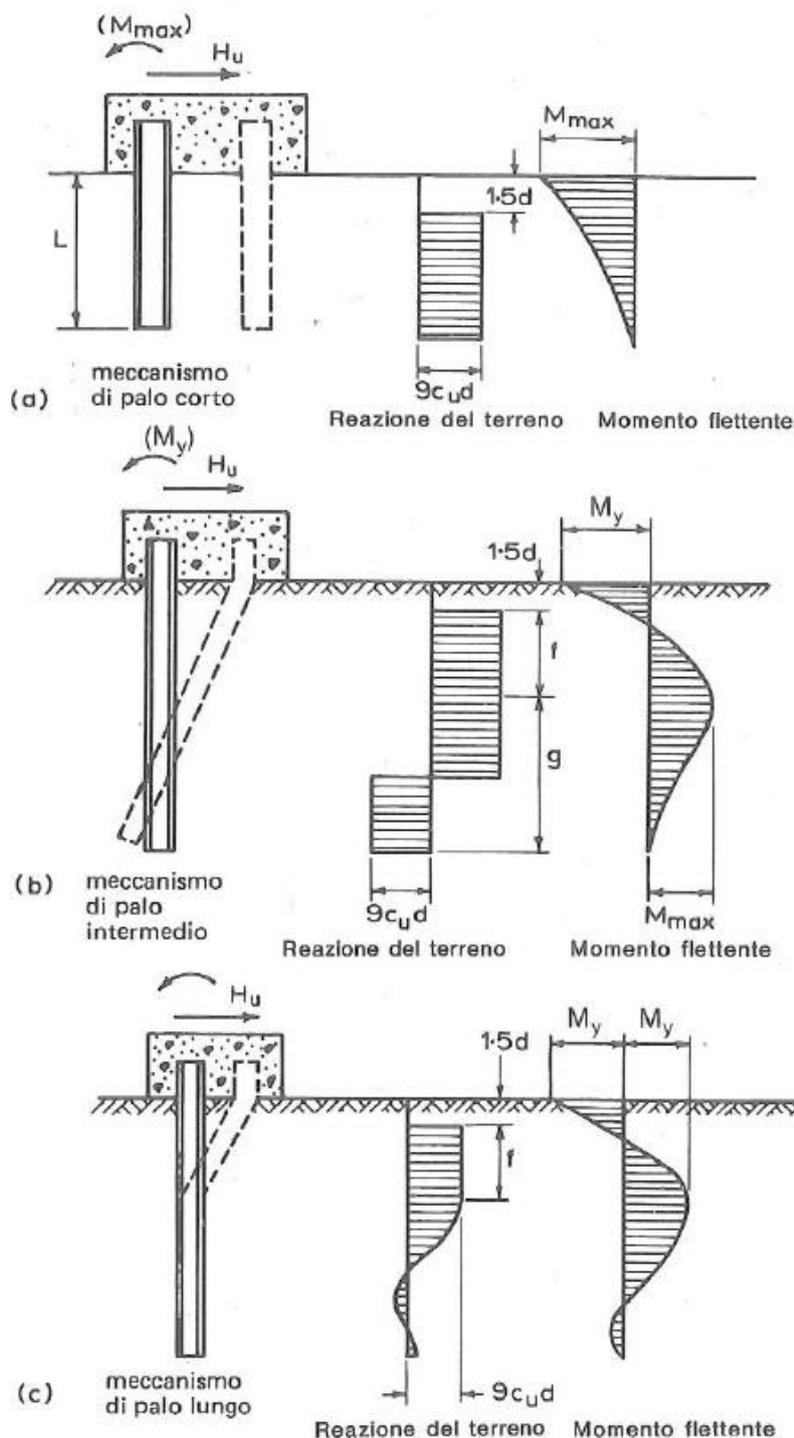


Figura 6.4 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni coesivi (Broms, 1984).

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica nelle sezioni che raggiungono un momento pari a M_y , è possibile calcolare il carico limite orizzontale corrispondente ai tre meccanismi di rottura:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	25

$$H_{lim} = 9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right)$$

palo corto

$$H_{lim} = -9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) + 9c_u D^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u D^3}} + 4.5$$

palo intermedio

$$H_{lim} = -13.5c_u D^2 + c_u D^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u D^3}}$$

palo lungo

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di H_{lim} si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H_{lim} = 9c_u D \times (f - 1.5D)$$

$$H_{lim} \times (d_s + f) - 4.5c_u D (f - 1.5D)^2 - 2M_y = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna
 d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

6.6.2 Unità a comportamento incoerente

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:

$$p = 3 k_p \gamma z D$$

essendo:

k_p il coefficiente di spinta passiva;
 z la profondità da piano campagna;
 γ il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume γ' .

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	26

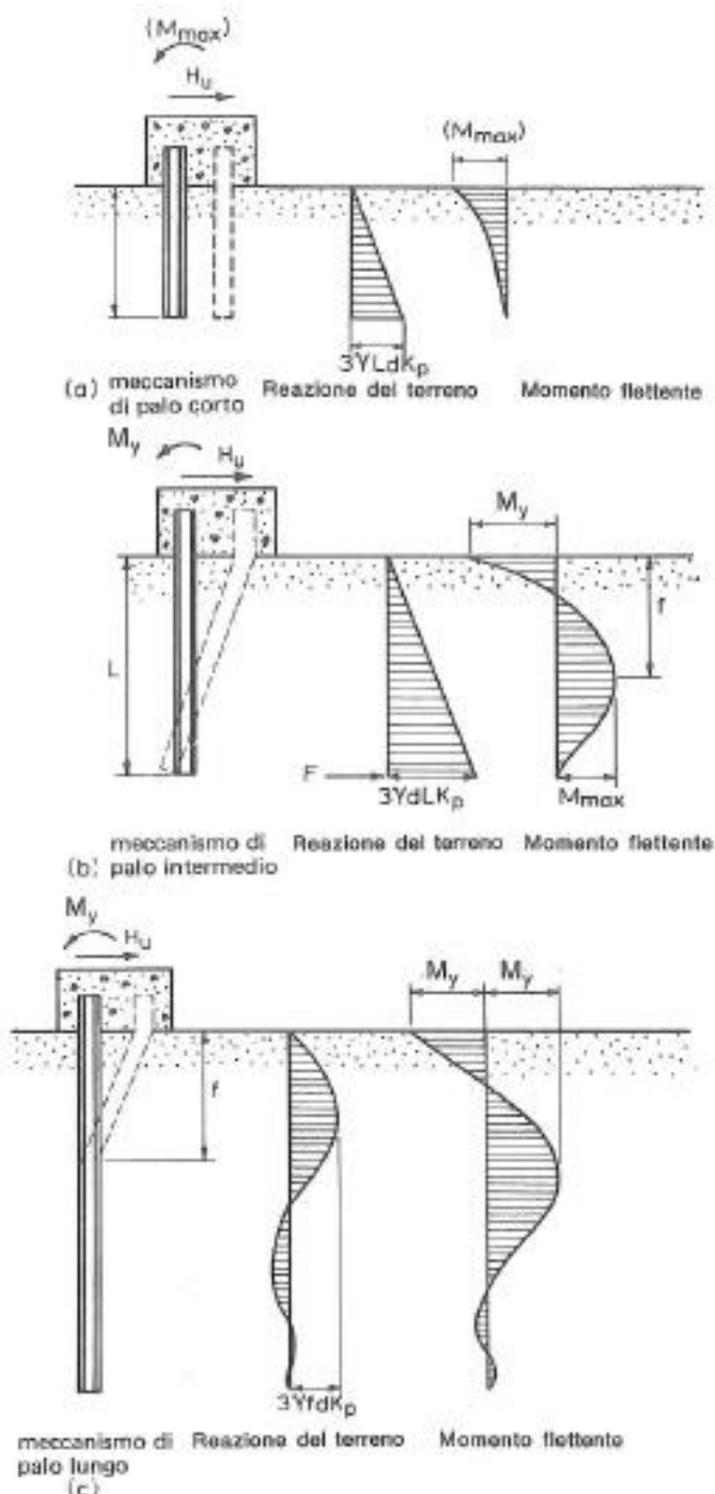


Figura 6.5 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni incoerenti (Broms, 1984).

I valori del carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono di seguito riportati:

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	27

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 \quad \text{palo corto}$$

$$H_{lim} = \frac{1}{2} k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{M_y}{L} \quad \text{palo intermedio}$$

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

Nel caso di palo scalzato (ove presente) e per il caso di palo lungo, il valore di H_{lim} si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D f^2$$

$$f^3 + 1.5Df^2 - \left(\frac{2M_y}{\gamma k_p D} \right) = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna
 d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

6.6.3 Resistenza di calcolo del palo ai carichi orizzontali in presenza di strato di terreno potenzialmente liquefacibile

La verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione ubicate nelle tratte ove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, ci si è riferiti alla teoria di Broms, specificando le equazioni in modo da tenere conto della presenza di uno strato a resistenza nulla.

Relativamente di palo "lungo" in terreno coesivo, che rappresenta la fattispecie in esame, considerando la presenza di uno strato a resistenza nulla ubicato a profondità comprese tra z_1 e z_2 da testa palo, si tratta di risolvere il sistema costituiti dalle seguenti equazioni:

- Eq. Delle forze orizzontali:

$$H_{lim} = 9 c_u D \cdot [L - 1.5 D - (z_2 - z_1)]$$

- Eq. Dei momenti attorno alla cerniera plastica inferiore:

$$H_{lim} \cdot L = 2 M_y + 9 c_u D \cdot \left[(z_1 - 1.5 D) \cdot \left(L - 1.5 D - \frac{z_1 - 1.5 D}{2} \right) + \frac{(f - z_2)^2}{2} \right]$$

Le incognite sono costituite dal carico limite H_{lim} e dalla profondità L della cerniera plastica inferiore lungo il fusto del palo.

6.6.4 Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico trasversale

La resistenza ai carichi trasversali $R_{cd,gr}$ del gruppo di pali viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{tr,dgr} = \eta n R_{tr,d1}$$

In cui:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	28

η_{tr} è l'efficienza del gruppo di pali;
 n Il numero complessivo di pali del gruppo.
 $R_{tr,d1}$ la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo definito in accordo a quanto illustrato nei paragrafi precedenti, per un valore del momento di plasticizzazione corrispondente allo sforzo normale medio agente sui pali della palificata

Il carico limite orizzontale di un gruppo può essere notevolmente inferiore alla somma dei valori relativi ai singoli pali; l'efficienza di un gruppo di pali rispetto ai carichi orizzontali è sempre inferiore all'unità.

Dalle "raccomandazioni sui pali di fondazione" AGI, 1984, si riporta quanto segue:

"Sulla base dei risultati sperimentali disponibili sembra che l'efficienza tenda all'unità per un interasse fra i pali del gruppo pari a cinque volte il diametro dei pali; per interasse minore, l'efficienza diminuisce fino a 0.5."

È possibile anche affermare che risulta più vantaggioso disporre il gruppo di pali normalmente alla direzione della forza orizzontale ovvero, a parità di numero di pali di un gruppo rettangolare resiste meglio se la forza orizzontale agisce parallelamente al lato corto.

Per il caso di interesse, relativo a pali disposti ad interasse non minore di 3 diametri si considera $\eta_{tr} = 80\%$.

6.7 Verifiche SLE - Cedimenti del palo in presenza di attrito negativo

La verifica consiste nella valutazione dei cedimenti del palo, in presenza di attrito negativo indotto dai cedimenti del terreno post-liquefazione, che interessano il tratto superiore del palo, fino alla base degli strati potenzialmente liquefacibili.

Individuati i cedimenti del terreno indotti dallo strato liquefacibile e lo spessore di terreno compressibile, è stata determinata la curva carico-cedimento del palo isolato con il metodo delle curve di trasferimento riferite al fusto ed alla base dei pali sviluppate da Reese e O'Neill (curve t-s e q-s).

In base a tale metodo:

- il palo è schematizzato con un elemento cilindrico, suddiviso in conci, caratterizzato da un modulo elastico E_p ;
- il legame tra palo e terreno viene schematizzato come indicato in Figura 6.6; le curve di trasferimento per adesione laterale sono di tipo bilineare, definite dal valore limite della τ nel punto considerato e dallo spostamento relativo limite tra palo e terreno. Lo spostamento limite è stato assunto per i terreni in esame pari a 5 mm, in accordo con numerose risultanze sperimentali disponibili in bibliografia (vedi Figura 6.7).
- La curva di trasferimento per la base è di tipo iperbolico (vedasi Figura 6.7 – curve di trasferimento (laterale e base)
- Si ipotizza che la portata di base limite venga raggiunta per una frazione k del diametro D del palo. L'interpolazione delle curve per le sabbie (Duncan e Champ) e per le argille (Burland – Whitaker) risulta soddisfacente adottando le seguenti relazioni:

$$P_b = [Q_{bl} / 0.9 \cdot E_{si} \cdot s] / [(Q_{bl} / 0.9) + (E_{si} \cdot s)]$$

Dove:

$$E_{si} = (Q_{bl} / 0.9) / C \cdot k \cdot D$$

$Q_{bl} / 0.9$ = portata limite teorica asintotica

s = spostamento generico

C = coefficiente caratteristico della curva

D = diametro del palo.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	29

La curva di base è dunque definita dalla portata limite, dal coefficiente k che determina lo spostamento limite e da C (assunto 0.09 per le sabbie e 0.13 per le argille) che influenza la forma della curva iperbolica. I valori di tensione laterale limite e di portata di base limite adottati per la definizione delle curve carico-cedimento, sono quelli utilizzati per la capacità portante dei pali delle spalle.

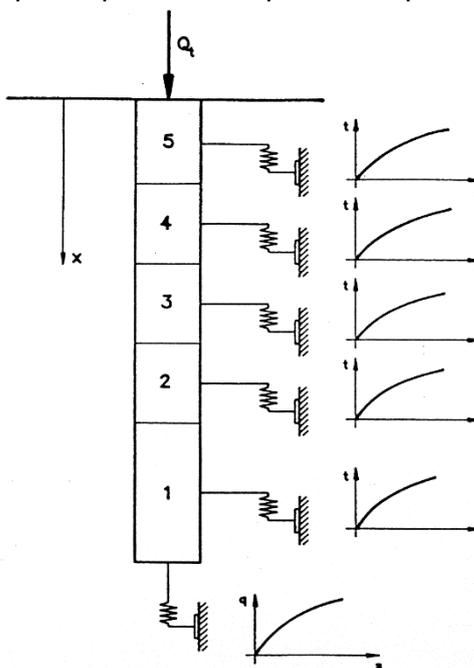


Figura 6.6 – Legame ideale palo-terreno

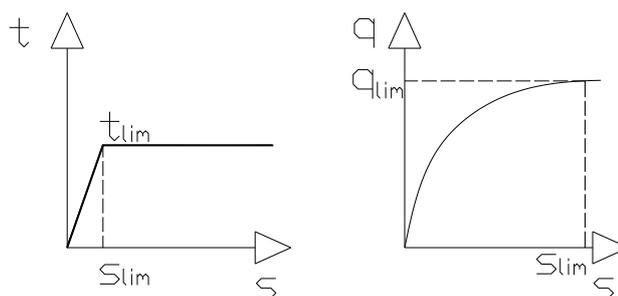


Figura 6.7 – curve di trasferimento (laterale e base)

La curva carico-cedimento del palo isolato è stata determinata assegnando diversi valori di carico in sommità e ottenendo i corrispondenti valori di cedimento.

Per la determinazione della curva carico-cedimento in presenza di attrito negativo si è proceduto nel seguente modo:

- determinazione della curva carico-cedimento assumendo il diagramma di cedimento valutato in presenza di liquefazione;
- il diagramma dei cedimenti è stato applicato a partire da testa palo;
- l'andamento delle tensioni tangenziali, assunte lungo il fusto del palo a partire dal p.c., è quello utilizzato per il calcolo della portanza dei pali.
- determinazione del cedimento, a carico nullo, considerando il diagramma di cedimento;

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C

- costruzione della curva carico-cedimento.

Tale curva carico-cedimento è stata utilizzata al fine di verificare che in presenza del massimo carico assiale agente sul palo agli SLE, il cedimento sia compatibile con la funzionalità delle sovrastrutture.

Nella seguente figura si riporta l'andamento dell'ipotetico cedimento indotto dalla liquefazione per le pile P7-P19 del viadotto VI01, utilizzato per la valutazione dei cedimenti del palo in presenza di attrito negativo.

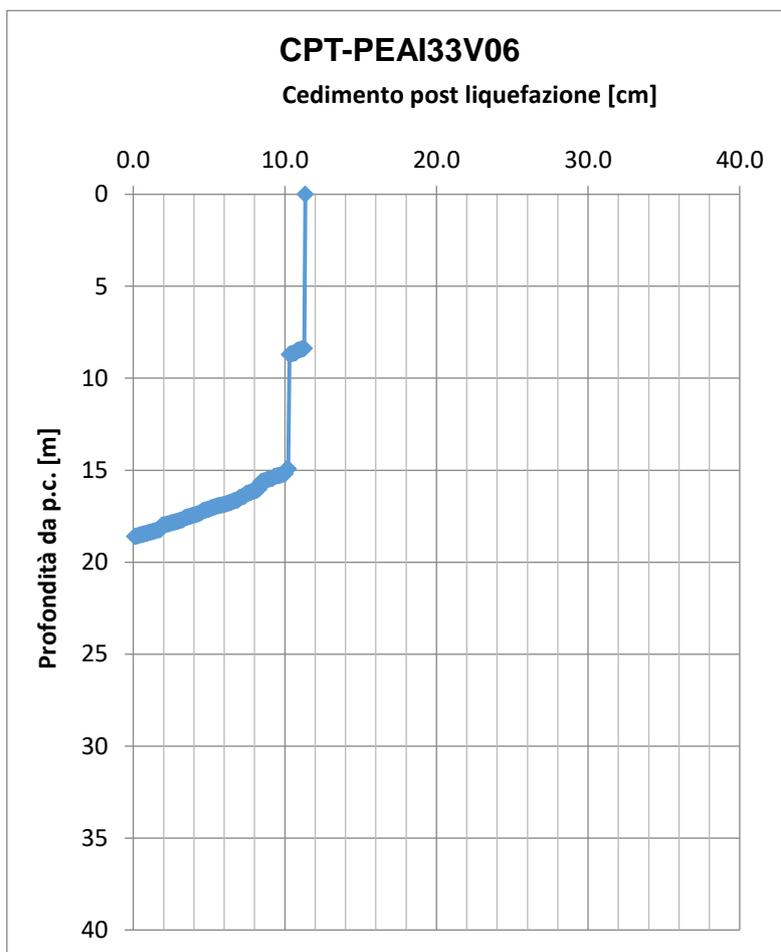


Figura 6.8 – Cedimento post-liquefazione del terreno in corrispondenza delle pile P7-P19

Nelle seguenti figure si riportano le curve carico – cedimento del palo isolato in assenza ed in presenza di attrito negativo per la lunghezza di progetto di palo 42 m e diametro D=1500 mm.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

**Relazione geotecnica di calcolo delle
fondazioni del viadotto**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	31

**PILE + ATTRITO NEGATIVO PER CEDIMENTI POST-LIQUEFAZIONE
Curva carico-cedimento palo isolato D=1500 mm**

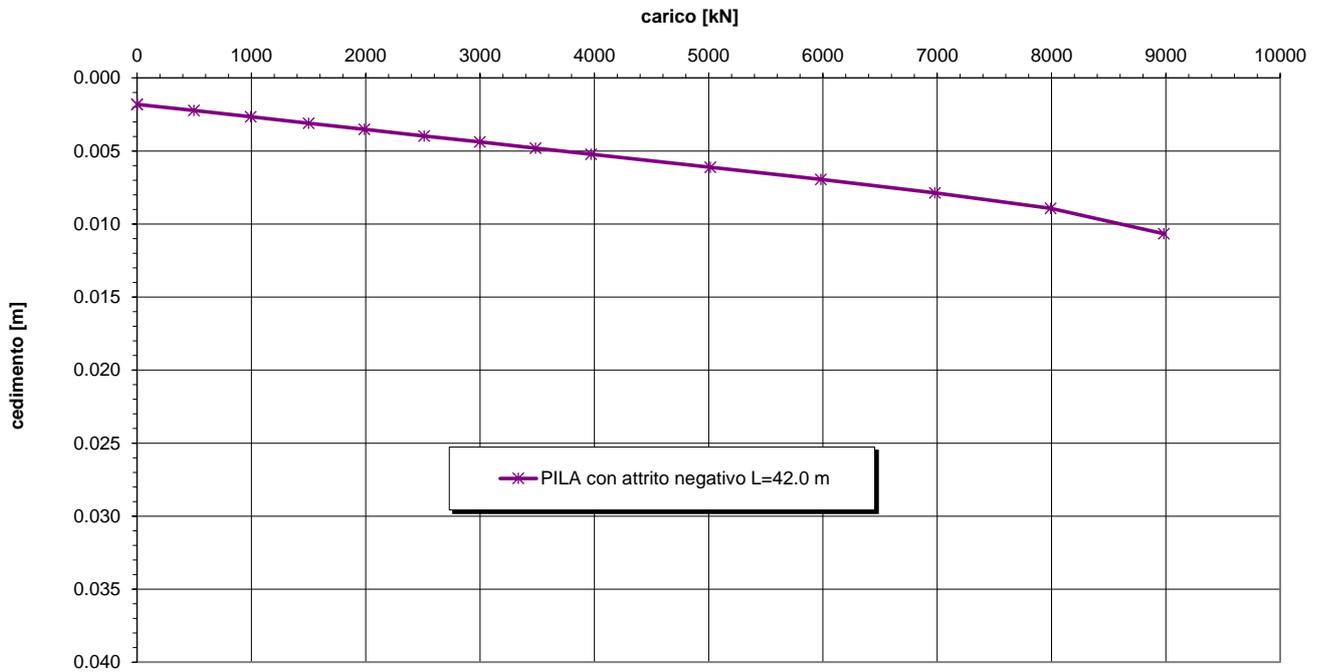


Figura 6.9 – Curva carico-cedimento in presenza di potenziale liquefazione – D=1500 mm

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	32

7. ANALISI DELLE PALIFICATE SOGGETTE A CARICHI ORIZZONTALI

Il comportamento dei pali soggetti a carichi orizzontali è influenzato dalle caratteristiche dei soli strati superficiali di terreno; pertanto, in base alle stratigrafie di progetto illustrate al paragrafo 4.5, sono state effettuate le seguenti analisi:

- Spalla SPA (lato Termoli);
- Pile da P1 a P32: analisi in assenza e presenza di scalzamento;
- Pile da P33 a P46: analisi in assenza e presenza di scalzamento;
- Spalla SPB (lato Lesina).

Gli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti con la profondità, per i pali delle spalle e delle pile, ipotizzati incastrati in testa, ottenuti con riferimento ad un'azione orizzontale $V_i = 1000$ kN agente in testa, sono riportati in allegato.

Relativamente alla Spalla SPA ed alle pile da P1 a P32, la parte superiore dei pali è immersa nei terreni coesivi dell'unità 5-AL.

Il modello di riferimento è di suolo alla Winkler in terreno caratterizzato da costante di reazione costante con la profondità (vedi paragrafo 6.1.1).

Considerando un valore di progetto della coesione non drenata pari a 100 kPa, si ottiene:

$$- Kh = 200 \cdot 100 / 1.5 = 13333 \text{ kN/m}^3$$

Per i pali delle pile è stata considerata la lunghezza massima di 44 m, adottata per i pali delle pile da P1 a P22, ma i risultati sono validi anche per i pali di lunghezza 28 m delle pile da P23 a P32, tenuto conto dello smorzamento che caratterizza sollecitazioni e spostamenti con la profondità.

Relativamente alle pile da P7 a P19, il comportamento dei pali per azioni trasversali non è influenzato dalla presenza di strati sabbiosi potenzialmente liquefacibili e soggetti a perdita di resistenza, tenuto conto della profondità degli stessi rispetto alla testa dei pali:

- Pile da P7 a P19: strati potenzialmente liquefacibili a profondità comprese tra 8.5 e 9.5 m da p.c. (profondità da testa palo comprese tra 4.0 e 5.0 m), e a profondità comprese tra 16.5 e 19.0 m da p.c. (profondità da testa palo comprese tra 12.0 e 15.5 m).

Relativamente alle pile da P33 a P46 ed alla spalla SPB, i pali sono interamente immersi nei terreni incoerenti dell'unità 7-GS.

Il modello di riferimento è di suolo alla Winkler in terreno caratterizzato da modulo di reazione linearmente variabile con la profondità con gradiente costante e pari a n_h (vedi paragrafo 6.1.2).

Cautelativamente è stato adottato un valore del gradiente n_h pari a 16000 kN/m, valido per terreni moderatamente addensati.

Il momento flettente agente a quota testa pali può essere espresso in funzione dell'azione orizzontale V attraverso la seguente relazione:

$$M_{max} = \alpha_m \cdot V$$

Dove:

α_m coefficiente dipendente dalle caratteristiche di rigidità relativa palo-terreno, specificato;

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	33

In particolare, in relazione ai risultati ottenuti ed illustrati in allegato, si ha:

- Spalla SPA: $\alpha_m = 2.84$;
- Pile da P1 a P32: $\alpha_m = 2.84$ in assenza di scalzamento;
 $\alpha_m = 3.84$ in presenza di scalzamento;
- Pile da P33 a P46: $\alpha_m = 3.20$ in assenza di scalzamento;
 $\alpha_m = 4.16$ in presenza di scalzamento.
- Spalla SPB: $\alpha_m = 3.20$.

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	34

8. VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA NEI RIGUARDI DEL CARICO ASSIALE DI COMPRESSIONE E DI TRAZIONE (SFILAMENTO)

Le verifiche geotecniche a carico limite dei pali di fondazione sono state effettuate per i singoli “gruppi” facendo riferimento alle azioni trasmesse dalle pile maggiormente sollecitate secondo quanto illustrato nella seguente tabella:

Gruppi con stratigrafia omogenea	Pile	Gruppo stratigrafico di riferimento per verifiche geotecniche	Pila di riferimento
1	P1 ÷ P6		
2	P7 ÷ P10		
3	P11 ÷ P14	3	P2
4	P15 ÷ P19		
5	P20 ÷ P22	5	P27*
6	P23 ÷ P32	6	P27
7	P33 ÷ P46	7	P37

Tabella 8.1 – Pile di riferimento per verifiche geotecniche

*N.B. * per questo tratto si fa riferimento alle azioni relative alla P27 di altezza uguale a quella della P21 (Hmax nel tratto in esame).*

Le curve Resistenza di progetto Rcd – Lunghezza del palo (Lp), ottenute utilizzando le quattro stratigrafie in cui è stato suddiviso il tratto dal km 2+600 al km 3+050, forniscono risultati molto simili; pertanto, relativamente alle pile da P1 a P19, che ricadono in questo tratto, si è fatto riferimento alla stratigrafia relativa al tratto dal km 2+830 al km 2+930 (gruppo 3), che fornisce i risultati più sfavorevoli.

Poichè le pile sono ubicate in zona esondabile, le verifiche sono state effettuate anche in presenza di scalzamento, considerando gli spessori massimi risultanti dalle verifiche idrauliche, pari a circa 2 m da testa palo, e, pertanto corrispondenti a profondità da p.c. di circa 5.5 m per le pile da P1 a P32 e di 6.5 m per le pile da P33 a P46 (fine viadotto). In questo spessore di possibile scalzamento è stata annullata la tensione verticale ed è stata trascurata la portanza del palo.

Per le pile comprese da P7 a P19, i cui pali di fondazione attraversano strati di terreno potenzialmente liquefacibili, le verifiche sono state effettuate anche in caso di liquefazione, trascurando la portata laterale negli strati potenzialmente liquefacibili.

8.1 Valori massimi e minimi delle azioni assiali agenti in testa ai pali per verifiche SLU ed SLE

Gli involuppi delle azioni assiali massime e minime agenti in testa ai pali di fondazione, desunti dalle relazioni di calcolo di spalle e pile, sono appresso riepilogati:

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	35

Spalla SPA:

			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	5974	5089	5974	3664	3331	2641
Azione assiale minima	Nmin	-1188	1989	-1188	1507	1658	2063

Pila P2:

			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	7739	6303	7739	4513	4029	3028
Azione assiale minima	Nmin	-1546	3110	-1546	2319	2543	3006

Pila P27:

			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	8207	6533	8207	4674	4171	3059
Azione assiale minima	Nmin	-1952	2980	-1952	2232	2496	3034

Pila P37:

			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	8543	6622	8543	4736	4220	3074
Azione assiale minima	Nmin	-2257	2932	-2257	2200	2480	3048

Spalla SPB:

			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	5630	5140	5630	3720	3489	2971
Azione assiale minima	Nmin	-431	2503	-431	1869	1891	2151

I valori dei carichi agenti su palo singolo e palificate, considerati nelle verifiche sono i seguenti:

- Verifiche in assenza di scalzamento: valori massimi (o minimi) di involuppo tra SLU-STR e SLU-SLV;
- Verifiche in presenza di scalzamento: valori massimi (o minimi) relativi a SLU-STR;
- Verifiche in presenza liquefazione: valori massimi (o minimi) di involuppo tra SLU-STR e SLU-SLV.

8.2 Valori massimi dei carichi verticali complessivamente trasmessi alle palificate per verifiche SLU

Gli involuppi dei carichi verticali complessivamente trasmessi alle palificate di fondazione desunti dalle relazioni di calcolo di spalle e pile, sono appresso riepilogati:

Spalla SPA:

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA	SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata	53175	42518
Carico verticale medio agente sui pali	3545	2835

Pila P2:

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA	SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata	45180	37446
Carico verticale medio agente sui pali	5020	4161

Pila P27:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	36

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA

	SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata	45540	37780
Carico verticale medio agente sui pali	5060	4198

Pila P37:

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA

	SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata	45720	37947
Carico verticale medio agente sui pali	5080	4216

Spalla SPB:

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA

	SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata	57409	45525
Carico verticale medio agente sui pali	3827	3035

8.3 Risultati delle verifiche

Le tabelle seguenti illustrano i risultati delle verifiche effettuate in termini di coefficienti di utilizzo, dati dal rapporto tra le azioni agenti e le resistenze di calcolo; affinché le verifiche siano soddisfatte è necessario che il valore del coefficiente di utilizzo sia non maggiore di uno:

RIEPILOGO RISULTATI			PALI SOGGETTI A COMPRESSIONE					PALI SOGGETTI A TRAZIONE		
			PARAMETRI MEDI					MEDI		
Stratigrafia	Allineamenti	Lp [m]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Edc [kN]	c.u. %	Rtd [kN]	Edt [kN]	c.u. %
STR1	SPALLA A	36.0	5186	1439	6244	5974	96%	4012	1188	30%
STR2	PILA DA P1 A P19	44.0	7432	1821	8786	7739	88%	5669	1546	27%
STR3	PILA P1÷P19 - SCALZAMENTO	44.0	6369	1809	7695	6303	82%	4941	0	0%
STR4	PILE P7÷P19 - LIQUEFAZIONE	44.0	6645	1821	8000	7739	97%	5118	1546	30%
STR5	PILE P20÷P22	44.0	7466	2434	9451	8207	87%	5675	1952	34%
STR6	PILE P20÷P22 - SCALZAMENTO	44.0	6670	2423	8627	6533	76%	5134	0	0%
STR7	PILE P23÷P32	28.0	3907	5423	9033	8207	91%	3032	1952	64%
STR8	PILE P23÷P32 - SCALZAMENTO	28.0	3453	5423	8580	6533	76%	2714	0	0%
STR9	PILE P33÷P46	28.0	4439	5423	9565	8543	89%	3404	2257	66%
STR10	PILE P33÷P46 - SCALZAMENTO	28.0	2772	5310	7752	6622	85%	2270	0	0%
STR11	SPALLA SPB	21.0	3148	4990	7916	5630	71%	2426	431	18%

Tabella 8.2 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali di compressione e di trazione (sfilamento)

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	37

RIEPILOGO RISULTATI

RIEPILOGO RISULTATI						MEDI		
Stratigrafia	Allineamenti	D [m]	i [m]	npali	η (%)	Rcd,gr med [kN]	Edc [kN]	c.u. %
STR1	SPALLA A	1.50	4.50	15	70%	65518	53175	81%
STR2	PILA DA P1 A P19	1.50	4.50	9	73%	57478	45180	79%
STR3	PILA P1÷P19 - SCALZAMENTO	1.50	4.50	9	73%	50342	45180	90%
STR4	PILE P7÷P19 - LIQUEFAZIONE	1.50	4.50	9	73%	52334	45180	86%
STR5	PILE P20÷P22	1.50	4.50	9	73%	61830	45540	74%
STR6	PILE P20÷P22 - SCALZAMENTO	1.50	4.50	9	73%	56440	45540	81%
STR7	PILE P23÷P32	1.50	4.50	9	73%	59095	45540	77%
STR8	PILE P23÷P32 - SCALZAMENTO	1.50	4.50	9	73%	56128	45540	81%
STR9	PILE P33÷P46	1.50	4.50	9	73%	62575	45720	73%
STR10	PILE P33÷P46 - SCALZAMENTO	1.50	4.50	9	73%	50716	45720	90%
STR11	SPALLA SPB	1.50	4.50	15	70%	83064	57409	69%

Tabella 8.3 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali di compressione

Come è possibile evincere, le verifiche sono tutte soddisfatte. In allegato è riportato il dettaglio delle verifiche svolte.

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	38

9. VERIFICHE DI INSTABILITA' EULERIANA

E stata effettuata la verifica di instabilità euleriana dei pali, effettuata considerando una lunghezza libera d'inflessione pari alla somma dello spessore dei due strati potenzialmente liquefacibili e del terreno tra di questi compreso.

Si ipotizza dunque la presenza di uno strato privo di rigidità a seguito di liquefazione, il cui spessore complessivo è pari a circa 11 m.

Il raggio d'inerzia del palo $\phi 1500$ è pari a:

$$i = (I_p / A_p)^{0.5} = [(\pi \cdot D^4 / 64) / (\pi \cdot D^2 / 4)]^{0.5} = 0.375 \text{ m}$$

la snellezza del palo risulta pari a:

$$\lambda = l_0 / i = 11.0 / 0.37 = 29.3 < 50$$

il palo non risulta snello e pertanto, si omettono le verifiche di instabilità per carico assiale.

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	39

10. VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA NEI RIGUARDI DEL CARICO TRASVERSALE

Le verifiche geotecniche a carico limite orizzontale sono influenzate dalle caratteristiche dei soli strati superficiali di terreno; pertanto, in base alle stratigrafie di progetto illustrate al paragrafo 4.5, sono state effettuate le seguenti verifiche:

- Spalla SPA (lato Termoli): palo D=1500 mm in terreni coesivi (unità 5-AL);
- Pile da P1 a P32: palo D=1500 mm in terreni coesivi (unità 5-AL);
- Pile da P33 a P46: palo D=1500 mm in terreni incoerenti (unità 7-GS);
- Spalla SPB (lato Lesina): palo D=1500 mm in terreni incoerenti (unità 7-GS).

Inoltre, sono state effettuate le verifiche in presenza di strato potenzialmente liquefacibile, in accordo a quanto illustrato al paragrafo 6.6.3:

- Pile da P7 a P19: palo D=1500 mm in terreni coesivi (unità 5-AL), in presenza di strato potenzialmente liquefacibile a profondità comprese tra 8.5 e 9.5 m da p.c. (profondità da testa palo comprese tra 4.0 e 5.0 m);

In tutti i casi, il riferimento per la determinazione del carico limite è quello di “palo lungo”.

Le verifiche per palo scalzato, che caratterizzano potenzialmente tutte le pile, non sono presentate perchè largamente soddisfatte in rapporto ai valori estremamente limitati delle azioni orizzontali agenti in testa (condizione SLU-ST), se paragonate alle elevate resistenze offerte dalle palificate con pali $\phi 1500$.

In sede di verifica, alle unità interessate sono stati attribuiti i seguenti parametri cautelativi di progetto:

- Unità 5-AL: $c_{u_{med}} = 75$ kPa $c_{u_{min}} = 50$ kPa;
- Unità 7-GS: $\varphi'_{med} = 36^\circ$ $\varphi'_{min} = 34^\circ$ $\gamma' = 19.0 - 9.81 = 9.19$ kN/m³

Il momento ultimo considerato in sede si verifica è quello determinato in concomitanza dello sforzo normale minimo agente sui pali della palificata.

10.1 Valori delle azioni orizzontali agenti in testa ai pali per verifiche SLU

Gli involuppi delle azioni orizzontali massime agenti in testa ai pali di fondazione, desunti dalle relazioni di calcolo di spalle e pile, sono appresso riepilogati:

Spalla SPA:

			SLU	SLV
Azione trasversale massima	Vmax	2163	907	2163

Pila P2:

			SLU	SLV
Azione trasversale massima	Vmax	1569	319	1569

Pila P27:

			SLU	SLV
Azione trasversale massima	Vmax	1574	322	1574

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	40

Pila P37:

			SLU	SLV
Azione trasversale massima	Vmax	1615	323	1615

Spalla SPB:

			SLU	SLV
Azione trasversale massima	Vmax	2008	902	2008

10.2 Valori massimi dei carichi orizzontali complessivamente trasmessi alle palificate per verifiche SLU

Gli involuipi dei carichi orizzontali complessivamente trasmessi alle palificate di fondazione desunti dalle relazioni di calcolo di spalle e pile, sono appresso riepilogati:

Spalla SPA:

RIEPILOGO AZIONI ORIZZONTALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA	SLU	SLV
Carico orizzontale massimo agente sulla palificata	13604	32447

Pila P2:

RIEPILOGO AZIONI ORIZZONTALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA	SLU	SLV
Carico orizzontale massimo agente sulla palificata	2871	14119

Pila P27:

RIEPILOGO AZIONI ORIZZONTALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA	SLU	SLV
Carico orizzontale massimo agente sulla palificata	2902	14164

Pila P37:

RIEPILOGO AZIONI ORIZZONTALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA	SLU	SLV
Carico orizzontale massimo agente sulla palificata	2904	14539

Spalla SPB:

RIEPILOGO AZIONI ORIZZONTALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA	SLU	SLV
Carico orizzontale massimo agente sulla palificata	13523	30117

10.3 Risultati delle verifiche

10.3.1 Verifiche in terreni non liquefacibili

In allegato si riportano le curve Resistenza di progetto $R_{tr,d}$ – Momento di plasticizzazione testa palo (MRd), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto $F_{tr,d}$.

La tabella seguente illustra i risultati delle verifiche effettuate in termini di coefficienti di utilizzo, dati dal rapporto tra le azioni e le resistenze di calcolo; affinché le verifiche siano soddisfatte è necessario che il valore del coefficiente di utilizzo sia non maggiore di uno.

I valori dei momenti di plasticizzazione sono differenziati per le verifiche relative al palo singolo ed alla palificata; nel primo caso è stato considerato il valore di $M_y = MR_d$ corrispondente al valore dello sforzo

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	41

normale minimo agente sui pali della palificata, nel secondo caso il valore di $M_y = MR_d$ corrispondente al valore dello sforzo normale medio agente sui pali della palificata. I valori di M_y sono ricavati dalle relazioni di calcolo di Spalle e Pile, cui si rimanda per maggiori dettagli.

Si precisa che in ciascuna verifica, a parità di momento di plasticizzazione M_y e caratteristiche dei terreni attraversati negli strati superficiali (unità 5-AL) si è fatto riferimento alla lunghezza minima dei pali di fondazione degli allineamenti investigati; questa assunzione non ha alcuna ricaduta sui risultati delle verifiche atteso che la resistenza orizzontale di progetto è in tutti i casi relativa al caso di “palo lungo” e, pertanto, non dipende dalla lunghezza del palo.

RIEPILOGO RISULTATI		PALO SINGOLO				PALIFICATA						
Stratigrafia	Allineamenti	M_y (kNm)	Rtr,d (kN)	Ftr,d (kN)	c.u.1	M_y (kNm)	Rtr,d1 (kN)	npali	η (%)	Rtr,dgr (kN)	Ftr,dgr (kN)	c.u.gr
STR1	SPA	9738	2396	2163	90%	9924	2429	15	80%	29150	32445	111%
	PILE da P1 A P32	8551	2189	1574	72%	9984	2429	9	80%	17490	14166	81%
STR2	P33 - P46	8551	2034	1615	79%	9984	2255	9	80%	16234	14535	90%
	SPB	9130	2130	2008	94%	9964	2255	9	80%	16234	18072	111%

Tabella 10.1 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo e della palificata nei riguardi dei carichi trasversali

Come è possibile evincere tutte le verifiche sono soddisfatte, a meno della verifica della palificata delle spalle. In questo caso, le verifiche sono state ripetute considerando i pali della palificata ubicati ad una profondità di 2 m dal piano di campagna. Il modello di riferimento è sempre quello di Broms che, nel caso in esame fornisce i seguenti risultati:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

Diametro di perforazione	D	m	1.50
Momento di plasticizzazione	$M_y = MR_d$	kNm	9964.0

AFFONDAMENTO DEL PALO

Profondità della testa del palo da piano di campagna	Hr	m	2.00
--	----	---	------

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ_3	1.40
coefficiente ξ_4	1.21

DESCRIZIONE	γ'_{med} kN/m ³	ϕ'_{med} deg	$k_{p_{med}}$	L_{med} (m)	$H_{lim,med}$ (kN)	$R_{tr,d_{med}}$ (kN)
PARAMETRI MEDI 7-GS	9.2	36.0	3.85	6.34	5220.3	2868.3

DESCRIZIONE	γ'_{min} kN/m ³	ϕ'_{min} deg	$k_{p_{min}}$	L_{min} (m)	$H_{lim,min}$ (kN)	$R_{tr,d_{min}}$ (kN)
PARAMETRI MINIMI 7-GS	9.2	34.0	3.54	6.54	5046.5	3208.2

Resistenza di progetto del palo impedito di ruotare in testa (incastro) alle azioni trasversali	Rtr,d	kN	2868.3
---	-------	----	--------

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	42

ALLINEAMENTO	PALO SINGOLO			PALIFICATA				
	Rtr,d (kN)	Ftr,d (kN)	c.u.1	n _{pali}	η (%)	Rtr,dgr (kN)	Ftr,dgr (kN)	c.u.gr
SPA	2868.3	2163.0	75%	15	80%	34419	32445.0	94%
SPB	2868.3	2008.0	70%	15	80%	34419	30120.0	88%

Come è possibile osservare, considerando l'affondamento del terreno rispetto al piano di campagna si ottiene un sostanziale aumento delle resistenze ai carichi trasversali del palo singolo e della palificata, che rendono soddisfatte le verifiche per la palificata delle spalle SPA e SPB.

10.3.2 Verifiche in presenza di strato di terreno potenzialmente liquefacile

I livelli potenzialmente liquefacibili interessano i pali delle pile da P7 a P19, e sono ubicati alle seguenti profondità:

- Tra 8.5 m e 9.5 m da p.c., spessore pari ad 1 m;
- Tra 16.0 e 19.5 m da p.c., spessore pari a 3.5 m.

Le verifiche effettuate evidenziano profondità della cerniera plastica ubicate a profondità dalla testa del palo non maggiori di 8.34 m; ne consegue che lo strato di terreno potenzialmente liquefacibile, ubicato a profondità maggiori non è coinvolto dal meccanismo di rottura.

Di seguito si riporta il calcolo della resistenza ai carichi trasversali del palo singolo, effettuata in accordo a quanto illustrato al paragrafo 6.6.3:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	43

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

Diametro del palo	D	m	1.50
Lunghezza minima del palo	L	m	44.00
Momento di plasticizzazione	My=MRd	kNm	8548.00

STRATO POTENZIALMENTE LIQUEFACIBILE

Profondità iniziale da quota testa palo	z1	m	4.00
Profondità finale da quota testa palo	z2	m	5.00
spessore strato potenzialmente liquefacibile	hliq	m	1.00

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ_3	1.40
coefficiente ξ_4	1.21

PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

DESCRIZIONE	cu,med kPa	L _{med} (m)	H _{lim,med} (kN)	R _{tr,d,med} (kN)
PARAMETRI MEDI 5-AL	75.0	6.92	3712	2040

DESCRIZIONE	cu,med kPa	L _{min} (m)	H _{lim,min} (kN)	R _{tr,d,min} (kN)
PARAMETRI MINIMI 5-AL	50.0	8.04	3236	2057

Resistenza di progetto del palo impedito di ruotare in testa (incastro) alle azioni trasversali in presenza di strato di terreno potenzialmente liquefacibile	R_{tr,d}	kN	2039.5
--	-------------------------	-----------	---------------

Si ha pertanto:

palo singolo: c.u. = $1576 / 2040 = 77\%$

palificata: c.u. = $1576 \times 9 / (2040 \times 9 \times 0.80) = 97\%$

Pertanto, le verifiche sono soddisfatte.

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	44

11. VERIFICHE DI PORTANZA AGLI SLE

Come precedentemente illustrato, è stato verificato che il carico assiale massimo di compressione agente sul palo singolo agli SLE per la combinazione caratteristica (rara), risulti non maggiore della resistenza laterale di calcolo del palo singolo, divisa per 1.25, verifica esplicitamente richiesta dal Manuale di Progettazione RFI (§[D_4]).

La tabella seguente illustra i risultati delle verifiche effettuate in termini di coefficienti di utilizzo, dati dal rapporto tra le azioni agenti agli SLE-CARATTERISTICA ed il rapporto tra $R_{s,cal}$ per 1.25; affinché le verifiche siano soddisfatte è necessario che il valore del coefficiente di utilizzo sia non maggiore di uno:

Stratigrafia	Allineamenti	$R_{s,cal} / 1.25$ [kN]	NEd [kN]	c.u. %
STR1	Spalla SPA	6680	3664	55%
STR2	Pile da P1 a P19	9572	4513	47%
STR5	Pile da P20 a P22	9616	4674	49%
STR7	Pile da P23 a P32	5032	4674	93%
STR9	Pile da P33 a P46	5718	4736	83%
STR11	Spalla SPB	4055	3725	92%

Tabella 11.1 – Riepilogo risultati verifiche agli SLE nei riguardi dei carichi assiali di compressione

Come è possibile evincere, le verifiche sono soddisfatte.

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	45

12. VERIFICHE SLE - CEDIMENTI DEL PALO IN PRESENZA DI ATTRITO NEGATIVO POST-LIQUEFAZIONE

E' stata effettuata una stima del cedimento del palo singolo per carichi massimi agli SLE, in presenza di attrito negativo indotto dai cedimenti del terreno compreso tra p.c. e base degli strati potenzialmente liquefacibili, che può caratterizzare il tratto in cui ricadono le pile da P7 a P19.

La verifica consiste nell'assicurarsi che per la lunghezza utile del palo adottata, i cedimenti del palo sotto i carichi di esercizio siano compatibili con la funzionalità delle sovrastrutture.

Il massimo carico assiale agente sui pali delle pile, nel tratto di interesse per combinazioni SLE-RARA, è pari a:

$$N_{Ed_SLE-RARA} = 4513 \text{ kN}$$

Con riferimento alla curva carico-cedimento illustrata al paragrafo 6.7, si ottiene un cedimento corrispondente a tale carico, pari a circa 6 mm, che risulta compatibile con la funzionalità delle sovrastrutture.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	46

**ALLEGATO 1 – FONDAZIONI SU PALI – ANALISI DEI PALI SOGGETTI AD AZIONI
TRASVERSALI IN TESTA**

12.1 Spalla SPA – Costante di reazione costante con la profondità

DATI	Var	unità	
Altezza di terreno non collaborante	Hnc	m	0.0
Lunghezza del palo	Lp	m	36.0
Lunghezza del palo ammorsato nel terreno	Lp	m	36.0
Diametro del palo	Dp	m	1.50
Modulo di elasticità normale del palo	Ep	Mpa	31476
Momento d'inerzia del palo	Ip	m4	0.2485
Costante di reazione orizzontale	kh	kN/mc	13333
Costante di elasticità beta	β		0.176
Carico orizzontale applicato in testa	H0	kN	1000
Coppia applicata in testa	M0	kNm	0.0
Condizione di vincolo (1 - palo libero di ruotare in testa; 2 - palo incastrato)	cv		2
Coppia totale applicata in testa	M0	kNm	2841.4

z (m)	z1 (m)	ρ (H) (mm)	θ (H) (rad)	M (H) (kNm)	V (H) (kN)	ρ (M0) (mm)	θ (M0) (rad)	M (M0) (kNm)	V (M0) (kN)	ρ (mm)	θ (rad)	M (kNm)	V (kN)
0.00										8.8	0.00000	2841.4	-1000.0
0.00	0.00	17.6	-0.00310	0.0	-1000.0	-8.8	0.00310	2841.4	0.0	8.8	0.00000	2841.4	-1000.0
1.80	1.80	12.2	-0.00285	-1289.5	-465.4	-4.1	0.00214	2611.8	0.0	8.1	-0.00070	1322.3	-465.4
3.60	3.60	7.5	-0.00230	-1785.4	-113.6	-1.0	0.00132	2108.1	0.0	6.5	-0.00097	322.7	-113.6
5.40	5.40	4.0	-0.00167	-1787.6	89.7	0.8	0.00070	1532.6	0.0	4.7	-0.00097	-254.9	89.7
7.20	7.20	1.5	-0.00109	-1527.4	184.5	1.6	0.00026	1003.2	0.0	3.1	-0.00083	-524.2	184.5
9.00	9.00	0.0	-0.00063	-1166.0	207.9	1.8	-0.00001	575.5	0.0	1.8	-0.00064	-590.4	207.9
10.80	10.80	-0.9	-0.00029	-803.7	189.9	1.7	-0.00015	264.5	0.0	0.8	-0.00044	-539.2	189.9
12.60	12.60	-1.2	-0.00007	-493.9	152.5	1.3	-0.00020	60.8	0.0	0.2	-0.00027	-433.2	152.5
14.40	14.40	-1.1	0.00006	-257.3	110.4	1.0	-0.00020	-56.2	0.0	-0.2	-0.00014	-313.5	110.4
16.20	16.20	-1.0	0.00012	-94.1	71.9	0.6	-0.00017	-110.0	0.0	-0.3	-0.00005	-204.2	71.9
18.00	18.00	-0.7	0.00013	6.2	40.9	0.4	-0.00013	-122.5	0.0	-0.4	0.00000	-116.3	40.9
19.80	19.80	-0.5	0.00012	58.4	18.5	0.2	-0.00009	-111.2	0.0	-0.3	0.00003	-52.8	18.5
21.60	21.60	-0.3	0.00010	77.4	3.8	0.0	-0.00006	-89.0	0.0	-0.3	0.00004	-11.7	3.8
23.40	23.40	-0.2	0.00007	75.8	-4.6	0.0	-0.00003	-64.4	0.0	-0.2	0.00004	11.4	-4.6
25.20	25.20	-0.1	0.00005	63.5	-8.4	-0.1	-0.00001	-42.2	0.0	-0.1	0.00004	21.3	-8.5
27.00	27.00	0.0	0.00003	47.2	-9.3	-0.1	0.00000	-24.8	0.0	-0.1	0.00003	22.5	-9.3
28.80	28.80	0.0	0.00001	31.2	-8.4	-0.1	0.00001	-12.6	0.0	0.0	0.00002	18.6	-8.4
30.60	30.60	0.1	0.00000	17.7	-6.5	-0.1	0.00001	-5.1	-0.1	0.0	0.00002	12.6	-6.6
32.40	32.40	0.1	0.00000	7.8	-4.4	0.0	0.00001	-1.4	-0.1	0.0	0.00001	6.4	-4.4
34.20	34.20	0.1	0.00000	1.9	-2.2	0.0	0.00001	-0.1	0.0	0.0	0.00001	1.8	-2.2
36.00	36.00	0.1	0.00000	0.0	0.0	0.0	0.00001	0.0	0.0	0.1	0.00001	0.0	0.0

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle
 fondazioni del viadotto

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO	
LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	47

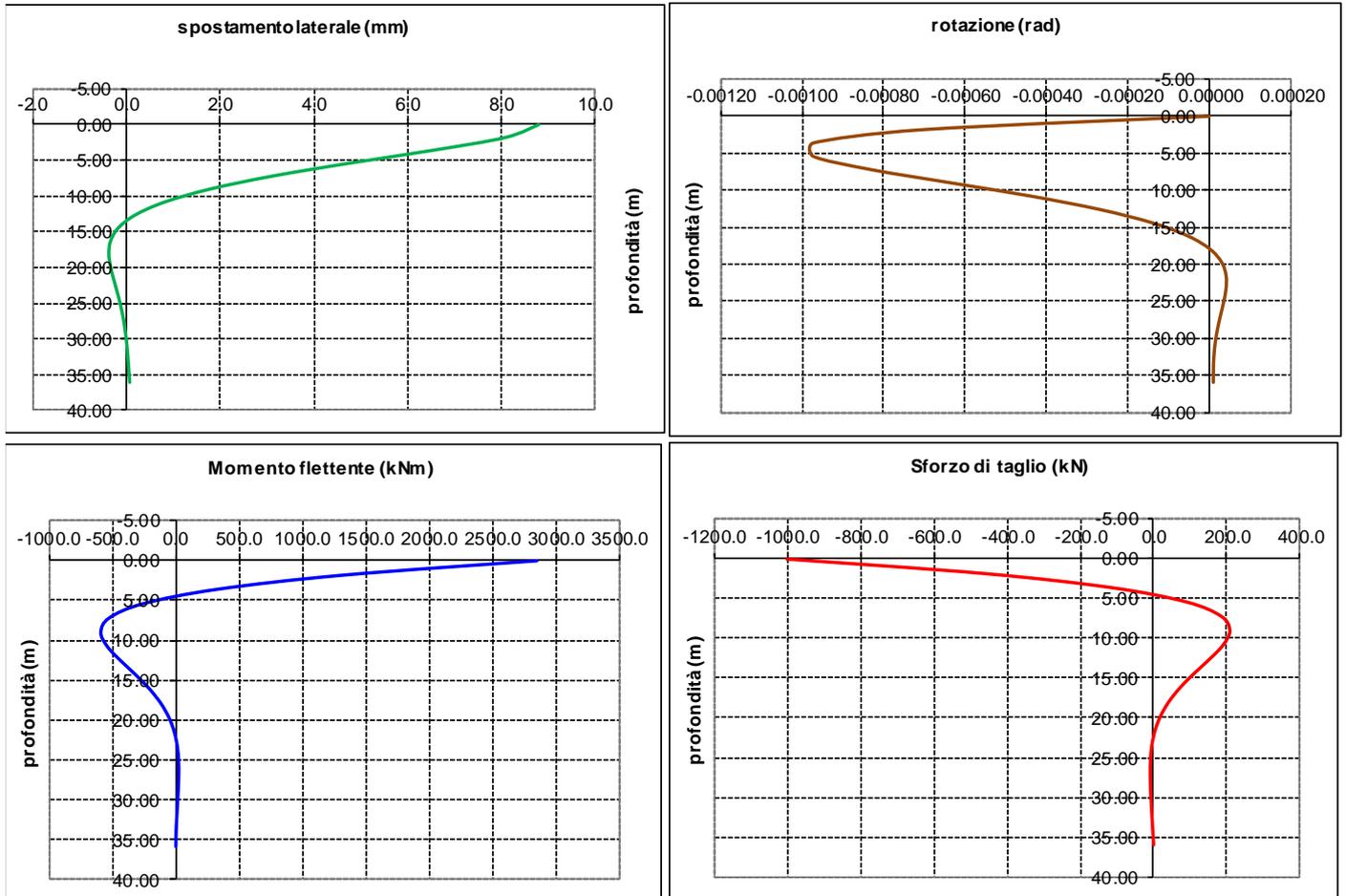


Figura 0.1 – Andamento delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti di palo incastrato in testa e soggetto a $V_i = 1000 \text{ kN}$ - Spalla SPA – $D=1500 \text{ mm}$ $L = 36 \text{ m}$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	48

12.2 Pile da P1 a P32 – Costante di reazione costante con la profondità

DATI	Var	unità
Altezza di terreno non collaborante	Hnc	m 0.0
Lunghezza del palo	Lp	m 44.0
Lunghezza del palo ammorsato nel terreno	Lp	m 44.0
Diametro del palo	Dp	m 1.50
Modulo di elasticità normale del palo	Ep	Mpa 31476
Momento d'inerzia del palo	Ip	m4 0.2485
Costante di reazione orizzontale	kt	kN/mc 13333
Costante di elasticità beta	β	0.176
Carico orizzontale applicato in testa	HO	kN 1000
Coppia applicata in testa	MO	kNm 0.0
Condizione di vincolo (1 - palo libero di ruotare in testa; 2 - palo incastrato)	cv	2
Coppia totale applicata in testa	MO	kNm 2841.4

z (m)	z1 (m)	ρ (H) (mm)	θ (H) (rad)	M (H) (kNm)	V (H) (kN)	ρ (MO) (mm)	θ (MO) (rad)	M (MO) (kNm)	V (MO) (kN)	ρ (mm)	θ (rad)	M (kNm)	V (kN)
0.00										8.8	0.00000	2841.4	-1000.0
0.00	0.00	17.6	-0.00310	0.0	-1000.0	-8.8	0.00310	2841.4	0.0	8.8	0.00000	2841.4	-1000.0
2.20	2.20	11.1	-0.00274	-1456.8	-372.4	-3.3	0.00195	2514.9	0.0	7.8	-0.00079	1058.2	-372.4
4.40	4.40	5.8	-0.00202	-1831.9	-7.3	-0.1	0.00102	1852.5	0.0	5.7	-0.00100	20.6	-7.3
6.60	6.60	2.2	-0.00128	-1632.0	162.6	1.4	0.00039	1170.1	0.0	3.6	-0.00089	-461.9	162.6
8.80	8.80	0.1	-0.00067	-1207.6	207.8	1.8	0.00001	617.3	0.0	1.9	-0.00066	-590.4	207.8
11.00	11.00	-0.9	-0.00026	-766.2	186.3	1.6	-0.00016	236.8	0.0	0.7	-0.00042	-529.4	186.3
13.20	13.20	-1.2	-0.00001	-406.7	138.5	1.2	-0.00021	13.2	0.0	0.0	-0.00022	-393.6	138.5
15.40	15.40	-1.1	0.00010	-158.2	88.3	0.8	-0.00019	-92.6	0.0	-0.3	-0.00009	-250.8	88.3
17.60	17.60	-0.8	0.00013	-11.5	47.1	0.4	-0.00014	-122.5	0.0	-0.4	-0.00001	-134.0	47.1
19.80	19.80	-0.5	0.00012	58.5	18.6	0.2	-0.00009	-111.3	0.0	-0.3	0.00003	-52.8	18.6
22.00	22.00	-0.3	0.00009	78.8	1.6	0.0	-0.00005	-83.5	0.0	-0.3	0.00004	-4.7	1.6
24.20	24.20	-0.1	0.00006	72.1	-6.5	-0.1	-0.00002	-53.7	0.0	-0.2	0.00004	18.5	-6.5
26.40	26.40	0.0	0.00003	54.4	-8.9	-0.1	0.00000	-29.0	0.0	-0.1	0.00003	25.4	-8.9
28.60	28.60	0.0	0.00001	35.2	-8.2	-0.1	0.00001	-11.8	0.0	0.0	0.00002	23.4	-8.2
30.80	30.80	0.1	0.00000	19.3	-6.1	-0.1	0.00001	-1.6	-0.1	0.0	0.00001	17.7	-6.2
33.00	33.00	0.0	0.00000	8.3	-3.9	0.0	0.00001	3.2	-0.1	0.0	0.00000	11.6	-4.0
35.20	35.20	0.0	-0.00001	2.0	-2.0	0.0	0.00001	4.4	-0.2	0.0	0.00000	6.5	-2.1
37.40	37.40	0.0	-0.00001	-0.7	-0.6	0.0	0.00000	3.7	-0.2	0.0	0.00000	3.0	-0.9
39.60	39.60	0.0	-0.00001	-1.1	0.1	0.0	0.00000	2.1	-0.3	0.0	0.00000	1.0	-0.1
41.80	41.80	0.0	-0.00001	-0.5	0.3	0.0	0.00000	0.6	-0.2	0.0	0.00000	0.2	0.1
44.00	44.00	0.0	-0.00001	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.0	0.0

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle
 fondazioni del viadotto

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	49

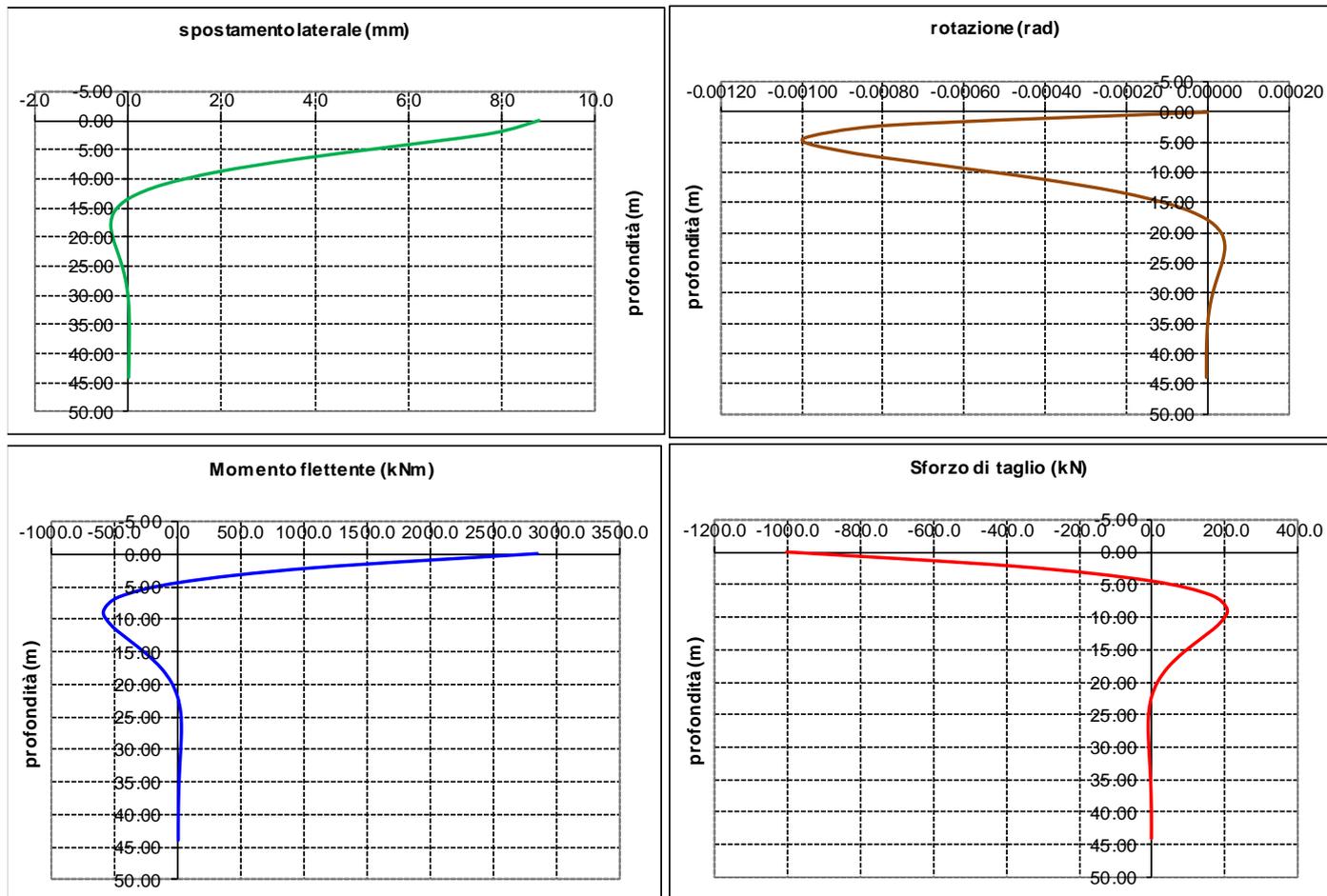


Figura 0.2 – Andamento delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti di palo incastrato in testa e soggetto a $V_i = 1000 \text{ kN}$ - Pile da P1 a P32 – $D=1500 \text{ mm}$ $L = 44 \text{ m}$ – assenza di scalzamento

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	50

DATI

	Var	unità	
Altezza di terreno non collaborante	Hnc	m	2.0
Lunghezza del palo	Lp	m	44.0
Lunghezza del palo ammorsato nel terreno	Lp	m	42.0
Diametro del palo	Dp	m	1.50
Modulo di elasticità normale del palo	Ep	Mpa	31476
Momento d'inerzia del palo	Ip	m4	0.2485
Costante di reazione orizzontale	kh	kN/mc	13333
Costante di elasticità beta	β		0.176
Carico orizzontale applicato in testa	HO	kN	1000
Coppia applicata in testa	MO	kNm	0.0
Condizione di vincolo (1 - palo libero di ruotare in testa; 2 - palo incastrato)	cv		2
Coppia totale applicata in testa	MO	kNm	1841.4

z (m)	z1 (m)	ρ (H) (mm)	θ (H) (rad)	M (H) (kNm)	V (H) (kN)	ρ (M0) (mm)	θ (M0) (rad)	M (M0) (kNm)	V (M0) (kN)	ρ (mm)	θ (rad)	M (kNm)	V (kN)
0.00										11.9	0.00000	3841.4	-1000.0
2.00	0.00	17.6	-0.00310	0.0	-1000.0	-5.7	0.00201	1841.4	0.0	11.9	-0.00109	1841.4	-1000.0
4.10	2.10	11.3	-0.00277	-1418.4	-394.8	-2.3	0.00129	1646.2	0.0	9.1	-0.00148	227.8	-394.8
6.20	4.20	6.2	-0.00209	-1828.1	-31.3	-0.2	0.00071	1242.3	0.0	6.0	-0.00138	-585.8	-31.3
8.30	6.30	2.6	-0.00137	-1678.7	148.2	0.8	0.00030	814.9	0.0	3.4	-0.00108	-863.7	148.2
10.40	8.40	0.4	-0.00077	-1290.5	206.0	1.2	0.00004	457.0	0.0	1.5	-0.00073	-833.5	206.0
12.50	10.50	-0.8	-0.00034	-861.5	194.7	1.1	-0.00009	199.8	0.0	0.4	-0.00042	-661.7	194.7
14.60	12.60	-1.2	-0.00007	-494.1	152.5	0.9	-0.00013	39.3	0.0	-0.3	-0.00020	-454.8	152.5
16.70	14.70	-1.1	0.00008	-225.4	103.6	0.6	-0.00013	-44.8	0.0	-0.5	-0.00005	-270.1	103.6
18.80	16.80	-0.9	0.00013	-54.5	60.7	0.3	-0.00010	-76.4	0.0	-0.6	0.00003	-131.0	60.7
20.90	18.90	-0.6	0.00013	37.3	28.7	0.2	-0.00007	-77.1	0.0	-0.5	0.00006	-39.8	28.7
23.00	21.00	-0.4	0.00011	74.1	8.1	0.0	-0.00004	-62.9	0.0	-0.3	0.00006	11.2	8.1
25.10	23.10	-0.2	0.00007	77.7	-3.3	0.0	-0.00002	-44.2	0.0	-0.2	0.00005	33.5	-3.3
27.20	25.20	-0.1	0.00005	64.7	-8.1	0.0	-0.00001	-27.0	0.0	-0.1	0.00004	37.8	-8.1
29.30	27.30	0.0	0.00002	46.4	-8.8	-0.1	0.00000	-13.7	0.0	0.0	0.00002	32.7	-8.9
31.40	29.40	0.0	0.00001	29.0	-7.5	0.0	0.00000	-4.9	-0.1	0.0	0.00001	24.1	-7.5
33.50	31.50	0.1	0.00000	15.6	-5.3	0.0	0.00001	0.0	-0.1	0.0	0.00001	15.6	-5.4
35.60	33.60	0.0	-0.00001	6.7	-3.2	0.0	0.00001	2.0	-0.2	0.0	0.00000	8.7	-3.4
37.70	35.70	0.0	-0.00001	1.9	-1.5	0.0	0.00000	2.2	-0.2	0.0	0.00000	4.0	-1.7
39.80	37.80	0.0	-0.00001	0.0	-0.4	0.0	0.00000	1.4	-0.2	0.0	0.00000	1.4	-0.6
41.90	39.90	0.0	-0.00001	-0.2	0.1	0.0	0.00000	0.5	-0.2	0.0	0.00000	0.2	-0.1
44.00	42.00	0.0	-0.00001	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.0	0.0

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle
 fondazioni del viadotto

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	51

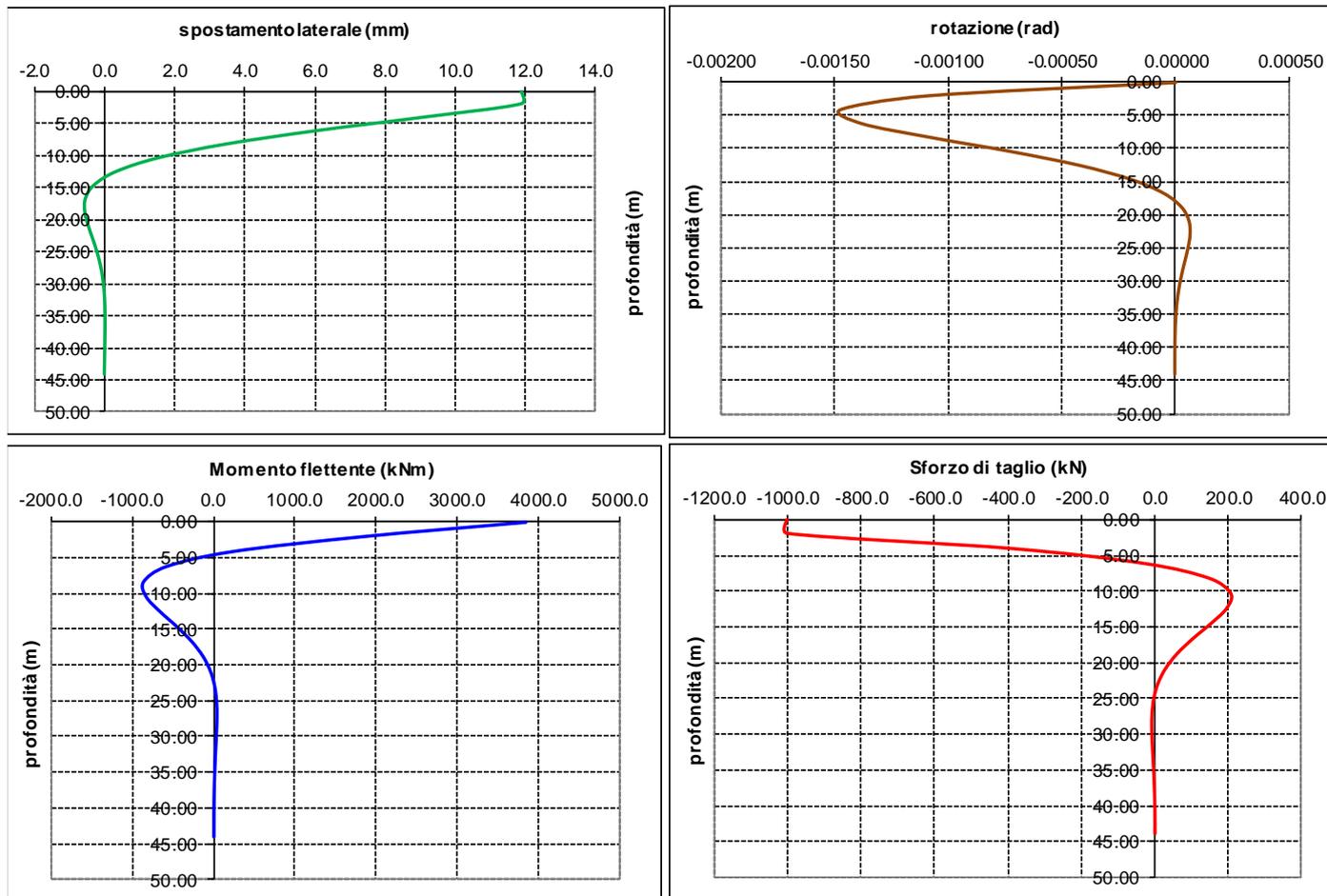


Figura 0.3 – Andamento delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti di palo incastrato in testa e soggetto a $V_i = 1000 \text{ kN}$ - Pile da P1 a P32 – $D=1500 \text{ mm}$ $L = 44 \text{ m}$ – scalzamento $H = 2 \text{ m}$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	52

12.3 Pile da P33 a P46 – Costante di reazione linearmente variabile con la profondità

DATI

	Var	unità	
Altezza di terreno non collaborante	Hnc	m	0.0
Lunghezza del palo	Lp	m	28.0
Lunghezza del palo ammorsato nel terreno	Lp	m	28.0
Diametro del palo	Dp	m	1.50
Modulo di elasticità normale del palo	Ep	Mpa	31476
Momento d'inerzia del palo	Ip	m4	0.2485
gradiente del modulo di reazione	nh	kN/mc	16000
Lunghezza caratteristica	T	m	3.45
Carico orizzontale applicato in testa	H0	kN	1000
Coppia applicata in testa	M0	kNm	0.0
Condizione di vincolo (1 - palo libero di ruotare in testa; 2 - palo incastrato)	cv		2
Coppia totale applicata in testa	M0	kNm	-3204

z (m)	z1 (m)	Z=z/λ	Ap	Bp	Aθ	Bθ	Am	Bm	At	Bt	ρ (mm)	θ (rad)	M (kNm)	V (kN)
0.00	0.00	0.00	2.32	1.60	-1.63	-1.75	0.00	1.00	1.00	0.00	4.4	0.00000	-3203.7	1000.0
1.40	1.40	0.41	1.71	0.97	-1.53	-1.34	0.37	0.98	0.83	-0.10	4.3	-0.00043	-1855.3	919.5
2.80	2.80	0.81	1.18	0.48	-1.32	-0.95	0.65	0.91	0.48	-0.27	3.9	-0.00067	-676.0	733.4
4.20	4.20	1.22	0.69	0.18	-1.03	-0.60	0.76	0.76	0.09	-0.42	2.8	-0.00071	191.7	475.6
5.60	5.60	1.62	0.31	0.00	-0.73	-0.35	0.73	0.58	-0.20	-0.47	1.6	-0.00061	658.6	237.1
7.00	7.00	2.03	0.10	-0.12	-0.44	-0.14	0.61	0.39	-0.38	-0.45	1.1	-0.00048	877.7	37.5
8.40	8.40	2.43	0.00	-0.13	-0.23	-0.02	0.45	0.22	-0.42	-0.37	0.6	-0.00032	832.1	-84.1
9.80	9.80	2.84	-0.05	-0.12	-0.08	0.03	0.28	0.10	-0.38	-0.25	0.3	-0.00017	648.5	-141.8
11.20	11.20	3.25	-0.07	-0.09	0.01	0.06	0.15	0.03	-0.28	-0.14	0.1	-0.00007	439.6	-149.9
12.60	12.60	3.65	-0.06	-0.06	0.03	0.05	0.07	-0.01	-0.17	-0.05	0.0	-0.00003	271.8	-125.3
14.00	14.00	4.06	-0.04	-0.04	0.05	0.05	0.02	-0.02	-0.07	0.01	0.0	0.00001	119.3	-79.7
15.40	15.40	4.46	-0.02	-0.03	0.04	0.03	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.0	0.00003	38.1	-15.9
16.80	16.80	4.87	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	12.7	3.1
18.20	18.20	5.28	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	12.4	3.0
19.60	19.60	5.68	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	12.0	3.0
21.00	21.00	6.09	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	11.7	2.9
22.40	22.40	6.49	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	11.4	2.8
23.80	23.80	6.90	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	11.0	2.7
25.20	25.20	7.30	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	10.7	2.6
26.60	26.60	7.71	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	10.3	2.5
28.00	28.00	8.12	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	10.0	2.4

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

**Relazione geotecnica di calcolo delle
fondazioni del viadotto**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	53

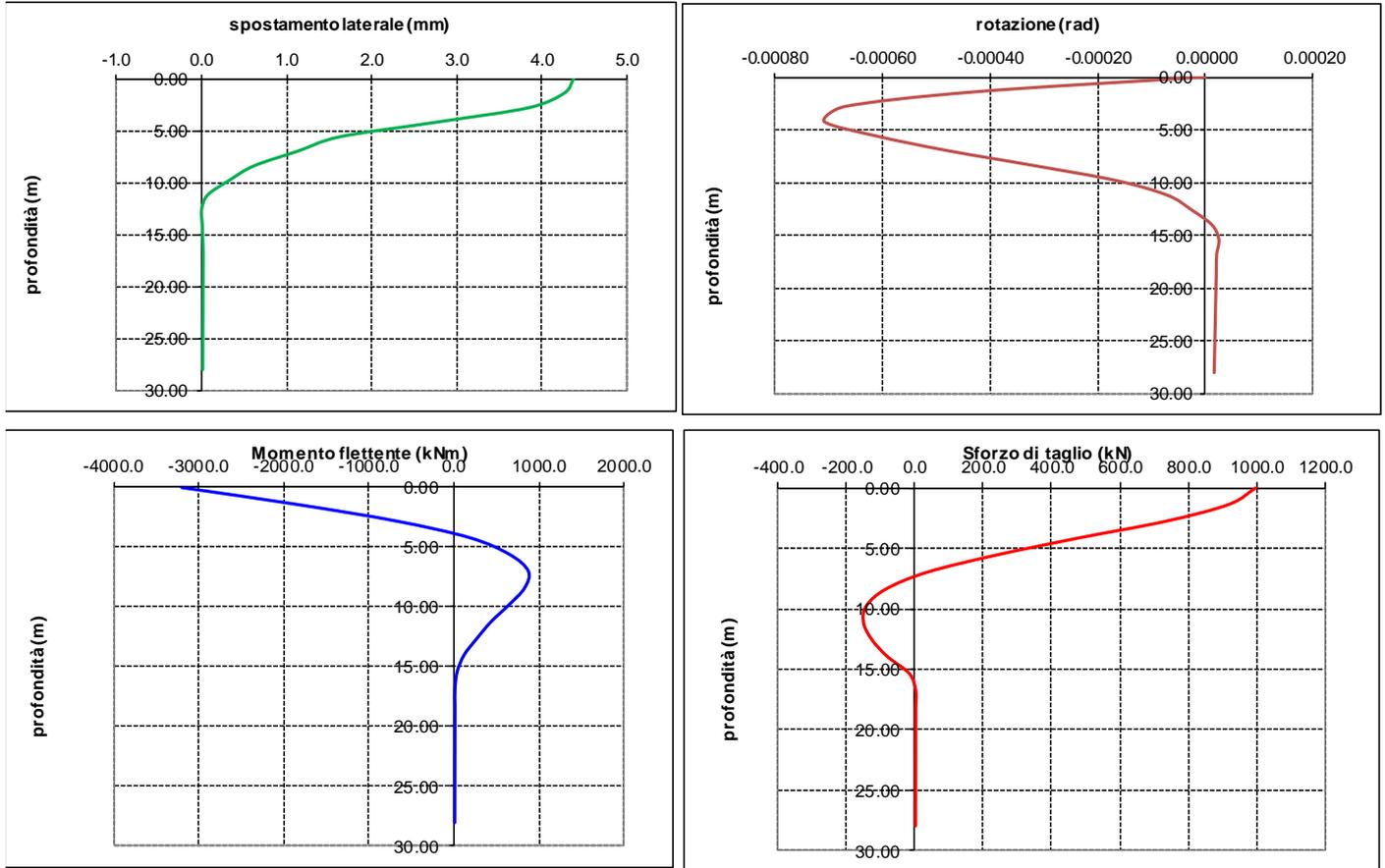


Figura 0.4 – Andamento delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti di palo incastrato in testa e soggetto a $V_i = 1000 \text{ kN}$ - Pile da P33 a P64 – $D=1500 \text{ mm}$ $L = 28 \text{ m}$ – assenza di scalzamento

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	54

DATI

	Var	unità	
Altezza di terreno non collaborante	Hnc	m	2.0
Lunghezza del palo	Lp	m	28.0
Lunghezza del palo ammorsato nel terreno	Lp	m	26.0
Diametro del palo	Dp	m	1.50
Modulo di elasticità normale del palo	Ep	Mpa	31476
Momento d'inerzia del palo	Ip	m4	0.2485
gradiente del modulo di reazione	nh	kN/mc	16000
Lunghezza caratteristica	T	m	3.45
Carico orizzontale applicato in testa	H0	kN	1000
Coppia applicata in testa	M0	kNm	0.0
Condizione di vincolo (1 - palo libero di ruotare in testa; 2 - palo incastrato)	cv		2
Coppia totale applicata in testa	M0	kNm	-2158

z (m)	z1 (m)	Z=z/λ	Ap	Bp	Aθ	Bθ	Am	Bm	At	Bt	ρ (mm)	θ (rad)	M (kNm)	V (kN)
0.00											8.0	0.00000	-4157.7	1000.0
2.00	0.00	0.00	2.32	1.60	-1.63	-1.75	0.00	1.00	1.00	0.00	6.9	-0.00081	-2157.7	1000.0
3.30	1.30	0.38	1.76	1.01	-1.54	-1.37	0.35	0.98	0.85	-0.09	5.9	-0.00103	-912.5	902.4
4.60	2.60	0.75	1.25	0.54	-1.36	-1.00	0.62	0.92	0.54	-0.25	4.8	-0.00112	150.7	693.7
5.90	3.90	1.13	0.79	0.22	-1.10	-0.68	0.75	0.80	0.17	-0.39	3.5	-0.00102	860.8	413.4
7.20	5.20	1.51	0.39	0.04	-0.82	-0.42	0.75	0.64	-0.13	-0.47	1.9	-0.00085	1210.1	159.8
8.50	6.50	1.88	0.16	-0.08	-0.54	-0.21	0.66	0.46	-0.33	-0.47	1.1	-0.00062	1309.2	-39.1
9.80	7.80	2.26	0.05	-0.13	-0.30	-0.07	0.53	0.29	-0.42	-0.41	0.7	-0.00038	1194.9	-165.4
11.10	9.10	2.64	-0.03	-0.13	-0.14	0.01	0.36	0.16	-0.41	-0.31	0.2	-0.00023	903.7	-216.4
12.40	10.40	3.01	-0.07	-0.12	-0.03	0.05	0.22	0.06	-0.34	-0.21	0.0	-0.00010	636.3	-207.7
13.70	11.70	3.39	-0.07	-0.08	0.02	0.06	0.12	0.01	-0.25	-0.11	-0.1	-0.00003	383.2	-179.8
15.00	13.00	3.77	-0.05	-0.05	0.04	0.05	0.05	-0.02	-0.14	-0.03	-0.1	0.00001	208.2	-118.5
16.30	14.30	4.14	-0.03	-0.04	0.05	0.04	0.01	-0.02	-0.06	0.02	-0.1	0.00004	79.1	-67.2
17.60	15.60	4.52	-0.02	-0.02	0.04	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.0	0.00004	20.5	-6.0
18.90	16.90	4.90	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00003	8.5	3.7
20.20	18.20	5.28	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00003	8.3	3.6
21.50	19.50	5.65	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00003	8.1	3.5
22.80	20.80	6.03	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00003	7.9	3.4
24.10	22.10	6.41	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00003	7.7	3.3
25.40	23.40	6.78	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00003	7.5	3.2
26.70	24.70	7.16	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00003	7.3	3.2
28.00	26.00	7.54	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	7.1	3.1

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle
 fondazioni del viadotto

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	55

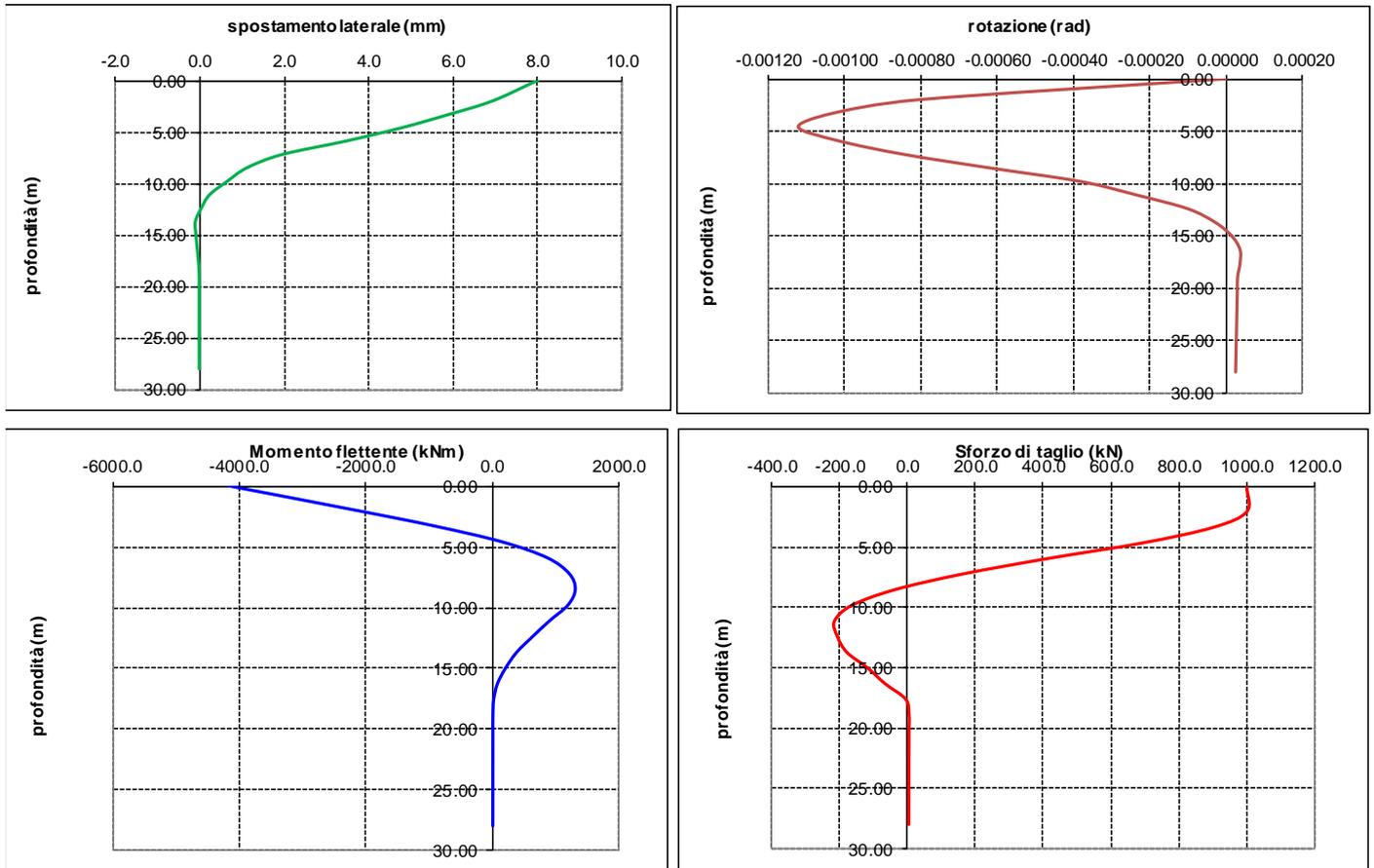


Figura 0.5 – Andamento delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti di palo incastrato in testa e soggetto a $V_i = 1000 \text{ kN}$ - Pile da P3 a P46 – $D=1500 \text{ mm}$ $L = 28 \text{ m}$ – scalzamento $H = 2 \text{ m}$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	56

12.4 Spalla SPB – Costante di reazione linearmente variabile con la profondità

DATI

	Var	unità	
Altezza di terreno non collaborante	Hnc	m	0.0
Lunghezza del palo	Lp	m	21.0
Lunghezza del palo ammorsato nel terreno	Lp	m	21.0
Diametro del palo	Dp	m	1.50
Modulo di elasticità normale del palo	Ep	Mpa	31476
Momento d'inerzia del palo	Ip	m4	0.2485
Coefficiente nh	nh	kN/mc	16000
Lunghezza caratteristica	T	m	3.45
Carico orizzontale applicato in testa	H0	kN	1000
Coppia applicata in testa	M0	kNm	0.0
Condizione di vincolo (1 - palo libero di ruotare in testa; 2 - palo incastrato)	cv		2
Coppia totale applicata in testa	M0	kNm	-3204

z (m)	z1 (m)	Z=z/λ	Ap	Bp	Aθ	Bθ	Am	Bm	At	Bt	ρ (mm)	θ (rad)	M (kNm)	V (kN)
0.00	0.00	0.00	2.32	1.60	-1.63	-1.75	0.00	1.00	1.00	0.00	4.4	0.00000	-3203.7	1000.0
1.05	1.05	0.30	1.87	1.12	-1.56	-1.45	0.29	0.99	0.90	-0.06	4.3	-0.00033	-2161.3	950.5
2.10	2.10	0.61	1.43	0.70	-1.44	-1.14	0.52	0.95	0.67	-0.18	4.1	-0.00058	-1246.5	839.2
3.15	3.15	0.91	1.05	0.37	-1.26	-0.87	0.69	0.88	0.38	-0.32	3.7	-0.00068	-431.5	669.7
4.20	4.20	1.22	0.69	0.18	-1.03	-0.60	0.76	0.76	0.09	-0.42	2.8	-0.00071	191.7	475.6
5.25	5.25	1.52	0.38	0.03	-0.81	-0.41	0.75	0.63	-0.14	-0.47	1.9	-0.00065	558.6	294.2
6.30	6.30	1.83	0.19	-0.06	-0.58	-0.24	0.68	0.48	-0.31	-0.47	1.3	-0.00054	811.4	129.8
7.35	7.35	2.13	0.08	-0.12	-0.38	-0.11	0.58	0.34	-0.40	-0.43	1.0	-0.00042	887.7	2.3
8.40	8.40	2.43	0.00	-0.13	-0.23	-0.02	0.45	0.22	-0.42	-0.37	0.6	-0.00032	832.1	-84.1
9.45	9.45	2.74	-0.04	-0.13	-0.10	0.02	0.31	0.12	-0.40	-0.28	0.4	-0.00019	690.5	-138.2
10.50	10.50	3.04	-0.07	-0.11	-0.03	0.05	0.21	0.05	-0.33	-0.20	0.2	-0.00012	558.6	-145.9
11.55	11.55	3.35	-0.07	-0.08	0.02	0.06	0.13	0.01	-0.26	-0.12	0.0	-0.00006	394.1	-148.3
12.60	12.60	3.65	-0.06	-0.06	0.03	0.05	0.07	-0.01	-0.17	-0.05	0.0	-0.00003	271.8	-125.3
13.65	13.65	3.96	-0.04	-0.05	0.05	0.05	0.03	-0.02	-0.09	0.00	0.0	0.00001	151.2	-89.4
14.70	14.70	4.26	-0.03	-0.03	0.05	0.04	0.00	-0.02	-0.04	0.02	0.0	0.00002	71.6	-60.8
15.75	15.75	4.57	-0.02	-0.02	0.04	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.0	0.00002	27.0	-4.9
16.80	16.80	4.87	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	12.7	3.1
17.85	17.85	5.17	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	12.5	3.1
18.90	18.90	5.48	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	12.2	3.0
19.95	19.95	5.78	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	11.9	2.9
21.00	21.00	6.09	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00002	11.7	2.9

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle
 fondazioni del viadotto

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	57

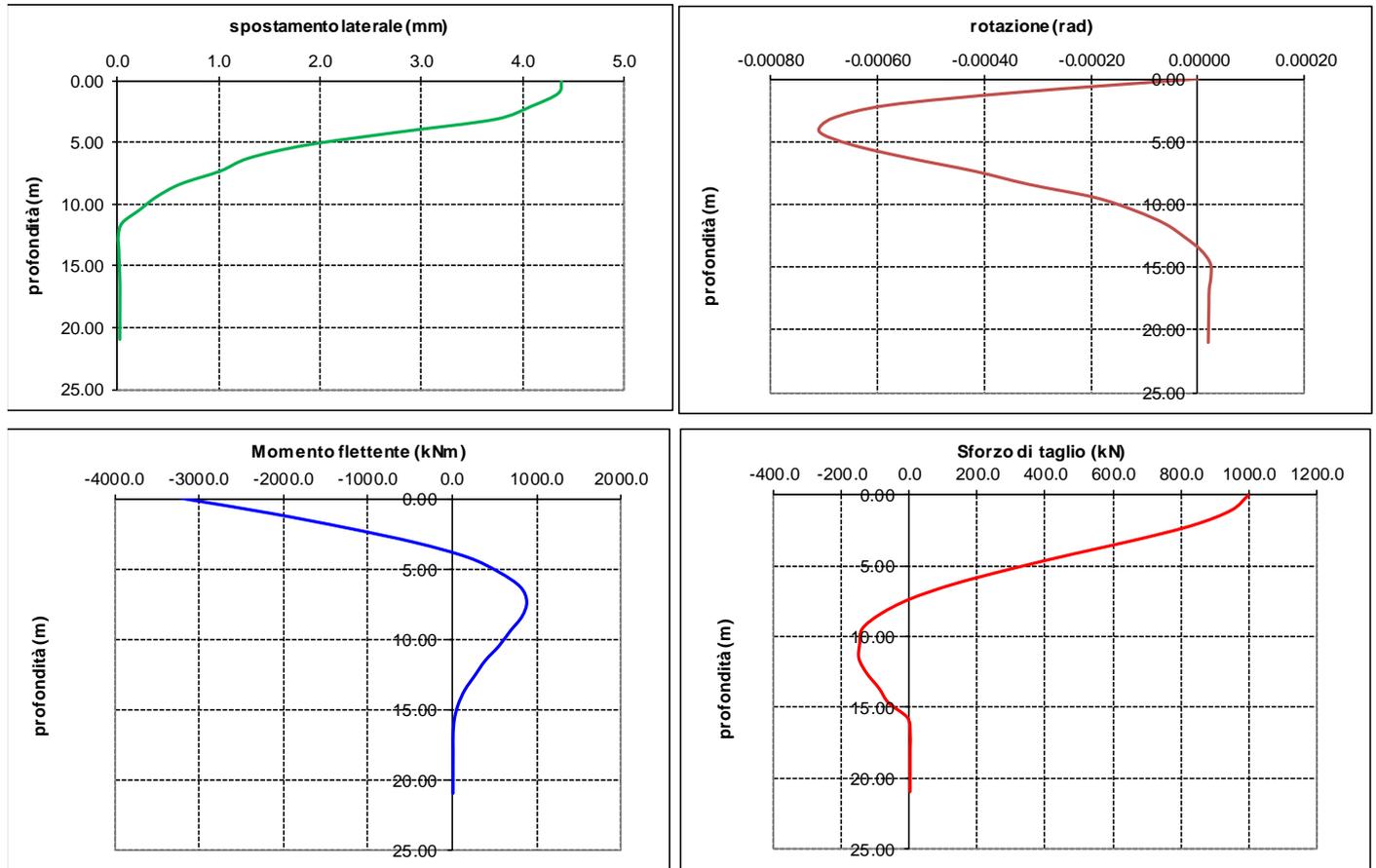


Figura 0.6 – Andamento delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti di palo incastrato in testa e soggetto a $V_i = 1000 \text{ kN}$ - Spalla SPB – $D=1500 \text{ mm}$ $L = 21 \text{ m}$

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	58

**13.ALLEGATO 2 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO
ASSIALE LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA**

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01** **ALLINEAMENTI: SPALLA SPA**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γ_b: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γ_s: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ₃; (Rbc,cal)_{min} / ξ₄] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ₃; (Rsc,cal)_{min} / ξ₄] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Q_b: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Q_s: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ _R	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ _b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ _s	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ _{st}	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Q_b = q_b x A_b
 dove:
 A_b: Area della superficie di base del palo
 q_b: resistenza unitaria alla base appresso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Q_s = A_s x Σ (q_{si} x d_{zi})
 dove:
 A_s: Area della superficie laterale del palo
 q_{si}: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 d_{zi}: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c > 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 q_b = σ_v + 9 c_u
Resistenza laterale unitaria
 q_s = α c_u con:
 α variabile in funzione di c_u secondo la seguente tabella [AGI]

c _u (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 q_{s,max} = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*):
 q_b = Nq* x σ'_v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per q_p il valore limite q_{p,max} pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 q_{bmax1} = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: q_{b,max} = 7500 kPa
 Sabbie: q_{b,max} = 5800 kPa
 Sabbie limose: q_{b,max} = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 q_l = β σ'_v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.25 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di q_{l,max}, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 q_{smax} = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 q_{smax} = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γ _p	25.00

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σ _v i	
Tensione totale in testa palo			47.5
Tensione efficace in testa palo			23.0

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γ _b	1.35
coefficiente γ _s	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.) **COMBINAZIONE M1**

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γ _{cu}	γ _{φ'}	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	q _{l,max} kPa	α _N	Nspt*α _N	q _{p,max} kPa	Nspt base
1	5-AL	0.0	10.0	C	100		1.00	1.00	100.0	0.0	19.0		100			4000	
2	5-AL	10.0	16.0	C	60		1.00	1.00	60.0	0.0	19.0		100			4000	
3	5-AL	16.0	22.0	C	75		1.00	1.00	75.0	0.0	19.0		100			4000	
4	5-AL	22.0	25.0	C	55		1.00	1.00	55.0	0.0	19.0		100			4000	
5	5-AL	25.0	48.0	C			1.00	1.00	0.0	0.0	19.0		100			4000	
6	8-GS	48.0	53.0	SL		35.0	1.00	1.00	0.0	35.0	20.0	50	150	85	4250	4250	50
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:

SPALLA SPA

RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

MEDI

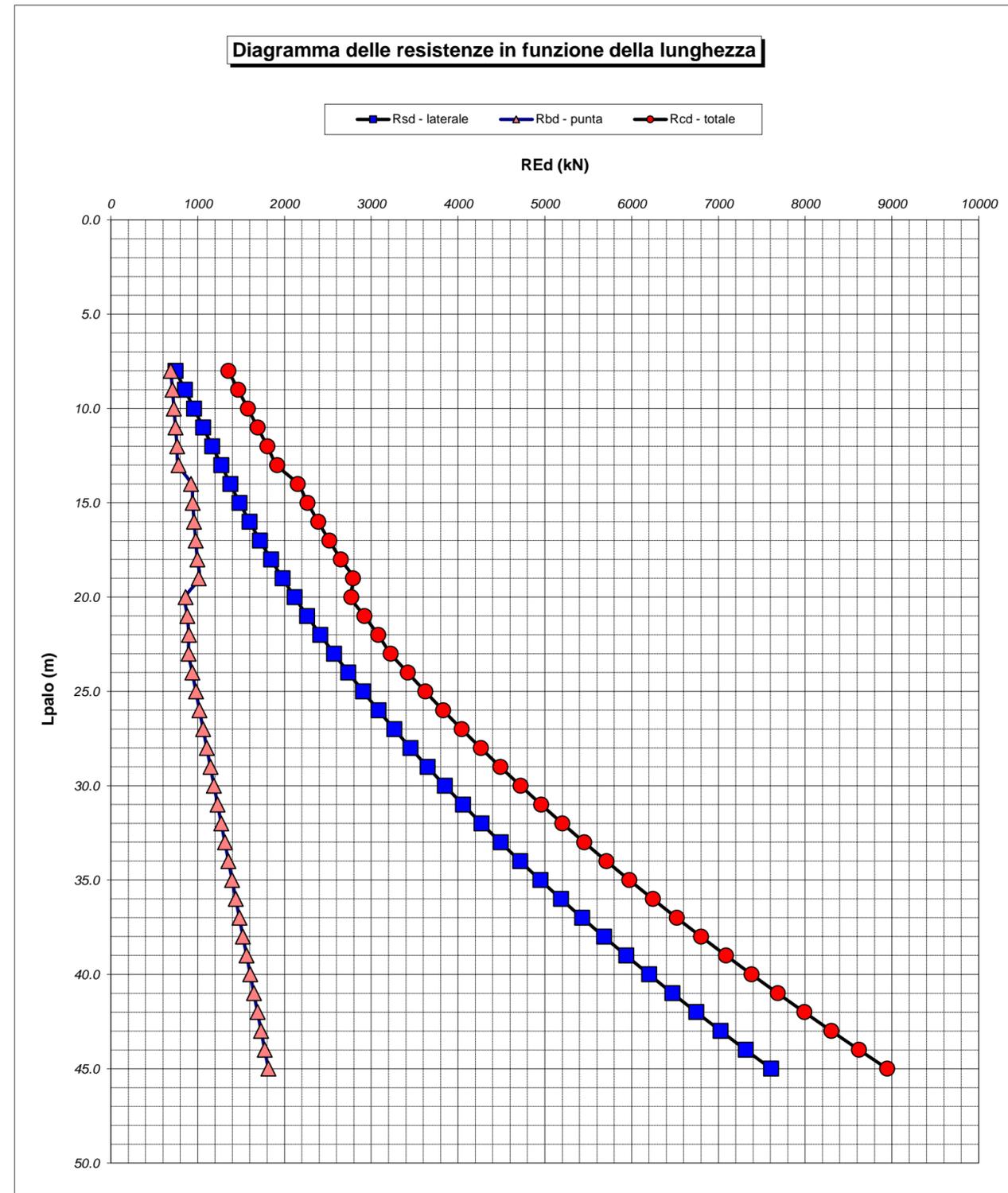
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud - qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	2.5	0.0			19.0	9.2		47.5	23.0												0		
1	C	3.5	1.0	100.0	0.0	19.0	9.2	17.7	66.5	32.2		100	17.7	83		900.0	4000	966.5	1708	52	904	11	945	47
1	C	4.5	2.0	100.0	0.0	19.0	9.2	22.7	85.5	41.4		100	22.7	191		900.0	4000	985.5	1742	118	921	21	1019	104
1	C	5.5	3.0	100.0	0.0	19.0	9.2	27.8	104.5	50.5		100	27.8	322		900.0	4000	1004.5	1775	200	939	32	1107	172
1	C	6.5	4.0	100.0	0.0	19.0	9.2	32.9	123.5	59.7		100	32.9	476		900.0	4000	1023.5	1809	296	957	42	1210	250
1	C	7.5	5.0	100.0	0.0	19.0	9.2	37.9	142.5	68.9		100	37.9	655		900.0	4000	1042.5	1842	407	975	53	1329	338
1	C	8.5	6.0	100.0	0.0	19.0	9.2	40.0	161.5	78.1		100	40.0	844		900.0	4000	1061.5	1876	524	993	64	1453	430
1	C	9.5	7.0	100.0	0.0	19.0	9.2	40.0	180.5	87.3		100	40.0	1032		900.0	4000	1080.5	1909	641	1010	74	1577	523
2	C	10.5	8.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	199.5	96.5		100	36.0	1202		540.0	4000	739.5	1307	746	691	85	1353	607
2	C	11.5	9.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	218.5	105.7		100	36.0	1371		540.0	4000	758.5	1340	852	709	95	1466	692
2	C	12.5	10.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	237.5	114.9		100	36.0	1541		540.0	4000	777.5	1374	957	727	106	1578	776
2	C	13.5	11.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	256.5	124.1		100	36.0	1711		540.0	4000	796.5	1408	1062	745	117	1691	860
2	C	14.5	12.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	275.5	133.3		100	36.0	1880		540.0	4000	815.5	1441	1168	762	127	1803	945
2	C	15.5	13.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	294.5	142.4		100	36.0	2050		540.0	4000	834.5	1475	1273	780	138	1916	1029
3	C	16.5	14.0	75.0	0.0	19.0	9.2	34.9	313.5	151.6		100	34.9	2214		675.0	4000	988.5	1747	1375	924	148	2151	1111
3	C	17.5	15.0	75.0	0.0	19.0	9.2	37.0	332.5	160.8		100	37.0	2389		675.0	4000	1007.5	1780	1484	942	159	2267	1198
3	C	18.5	16.0	75.0	0.0	19.0	9.2	39.1	351.5	170.0		100	39.1	2573		675.0	4000	1026.5	1814	1598	960	170	2388	1288
3	C	19.5	17.0	75.0	0.0	19.0	9.2	41.2	370.5	179.2		100	41.2	2767		675.0	4000	1045.5	1848	1719	978	180	2516	1383
3	C	20.5	18.0	75.0	0.0	19.0	9.2	43.3	389.5	188.4		100	43.3	2971		675.0	4000	1064.5	1881	1845	995	191	2650	1483
3	C	21.5	19.0	75.0	0.0	19.0	9.2	45.4	408.5	197.6		100	45.4	3185		675.0	4000	1083.5	1915	1979	1013	201	2790	1586
4	C	22.5	20.0	55.0	0.0	19.0	9.2	47.6	427.5	206.8		100	47.6	3410		495.0	4000	922.5	1630	2118	863	212	2768	1694
4	C	23.5	21.0	55.0	0.0	19.0	9.2	49.7	446.5	216.0		100	49.7	3644		495.0	4000	941.5	1664	2263	880	223	2921	1807
4	C	24.5	22.0	55.0	0.0	19.0	9.2	51.8	465.5	225.2		100	51.8	3888		495.0	4000	960.5	1697	2415	898	233	3079	1924
5	C	25.5	23.0	52.7	0.0	19.0	9.2	53.9	484.5	234.3		100	53.9	4142		474.1	4000	958.6	1694	2572	896	244	3225	2045
5	C	26.5	24.0	55.5	0.0	19.0	9.2	56.0	503.5	243.5		100	56.0	4406		499.7	4000	1003.2	1773	2736	938	254	3420	2170
5	C	27.5	25.0	58.4	0.0	19.0	9.2	58.1	522.5	252.7		100	58.1	4679		525.4	4000	1047.9	1852	2907	980	265	3621	2300
5	C	28.5	26.0	61.2	0.0	19.0	9.2	60.2	541.5	261.9		100	60.2	4963		551.0	4000	1092.5	1931	3083	1022	276	3829	2434
5	C	29.5	27.0	64.1	0.0	19.0	9.2	62.4	560.5	271.1		100	62.4	5257		576.7	4000	1137.2	2010	3265	1063	286	4042	2572
5	C	30.5	28.0	66.9	0.0	19.0	9.2	64.5	579.5	280.3		100	64.5	5561		602.3	4000	1181.8	2088	3454	1105	297	4262	2715
5	C	31.5	29.0	69.8	0.0	19.0	9.2	66.6	598.5	289.5		100	66.6	5875		628.0	4000	1226.5	2167	3649	1147	307	4488	2862
5	C	32.5	30.0	72.6	0.0	19.0	9.2	68.7	617.5	298.7		100	68.7	6198		653.6	4000	1271.1	2246	3850	1188	318	4720	3013
5	C	33.5	31.0	75.5	0.0	19.0	9.2	70.8	636.5	307.9		100	70.8	6532		679.3	4000	1315.8	2325	4057	1230	329	4959	3169
5	C	34.5	32.0	78.3	0.0	19.0	9.2	72.9	655.5	317.1		100	72.9	6876		704.9	4000	1360.4	2404	4271	1272	339	5203	3329
5	C	35.5	33.0	81.2	0.0	19.0	9.2	75.0	674.5	326.2		100	75.0	7229		730.6	4000	1405.1	2483	4490	1314	350	5454	3493
5	C	36.5	34.0	84.0	0.0	19.0	9.2	77.2	693.5	335.4		100	77.2	7593		756.2	4000	1449.7	2562	4716	1355	360	5711	3662
5	C	37.5	35.0	86.9	0.0	19.0	9.2	79.3	712.5	344.6		100	79.3	7966		781.9	4000	1494.4	2641	4948	1397	371	5974	3835
5	C	38.5	36.0	89.7	0.0	19.0	9.2	81.4	731.5	353.8		100	81.4	8350		807.5	4000	1539.0	2720	5186	1439	382	6244	4012
5	C	39.5	37.0	92.6	0.0	19.0	9.2	83.5	750.5	363.0		100	83.5	8743		833.2	4000	1583.7	2799	5431	1481	392	6519	4194
5	C	40.5	38.0	95.4	0.0	19.0	9.2	85.6	769.5	372.2		100	85.6	9147		858.8	4000	1628.3	2877	5681	1522	403	6801	4380
5	C	41.5	39.0	98.3	0.0	19.0	9.2	87.7	788.5	381.4		100	87.7	9560		884.5	4000	1673.0	2956	5938	1564	414	7089	4570
5	C	42.5	40.0	101.1	0.0	19.0	9.2	89.8	807.5	390.6		100	89.8	9983		910.1	4000	1717.6	3035	6201	1606	424	7383	4765
5	C	43.5	41.0	104.0	0.0	19.0	9.2	91.9	826.5	399.8		100	91.9	10417		935.8	4000	1762.3	3114	6470	1648	435	7683	4964
5	C	44.5	42.0	106.8	0.0	19.0	9.2	94.1	845.5	409.0		100	94.1	10860		961.4	4000	1806.9	3193	6745	1689	445	7990	5167
5	C	45.5	43.0	109.7	0.0	19.0	9.2	96.2	864.5	418.1		100	96.2	11313		987.1	4000	1851.6	3272	7027	1731	456	8302	5375
5	C	46.5	44.0	112.5	0.0	19.0	9.2	98.3	883.5	427.3		100	98.3	11776		1012.7	4000	1896.2	3351	7315	1773	467	8621	5587
5	C	47.5	45.0	115.4	0.0	19.0	9.2	100.4	902.5	436.5		100	100.0	12248		1038.4	4000	1940.9	3430	7607	1815	477	8945	5802

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

SPALLA SPA
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ecd (kN)	c.u.c	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPALLA A	36.0	5186	1439	6244	5974	96%	4012	1188	30%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo $R_{cd,gr}$ viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{cd,gr} = n_{pali} \times \eta \times R_{cd}$$

in cui:

n_{pali} :

η

R_{cd}

è il numero complessivo di pali presenti nella palificata

efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	n_{pali}	m	n	η	$R_{cd,gr}$ (kN)	$E_{cd,gr}$ (kN)	c.u.gr
SPALLA A	1.50	4.50	15	3	5	0.70	65518	53175	81%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI: VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P1 ÷ P19 - GR.3
MEDI

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ3; (Rsc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ _R	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ _b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ _s	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ _{st}	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base appresso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c<>0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*):
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.25 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σ _{vi}	
Tensione totale in testa palo			47.5
Tensione efficace in testa palo			23.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	5-AL	0.0	5.0	C	100		1.00	1.00	100.0	0.0	19.0		100			4000	
2	5-AL	5.0	14.0	C	50		1.00	1.00	50.0	0.0	19.0		100			4000	
3	5-S	14.0	17.5	SL		32.0	1.00	1.00	0.0	32.0	19.0	20	60	85	1700	1700	20
4	5-AL	17.5	23.0	C	60		1.00	1.00	60.0	0.0	19.0		100			4000	
5	5-AL	23.0	50.0	C			1.00	1.00	0.0	0.0	19.0		100			4000	
6																	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P1 ÷ P19 - GR.3
 MEDI

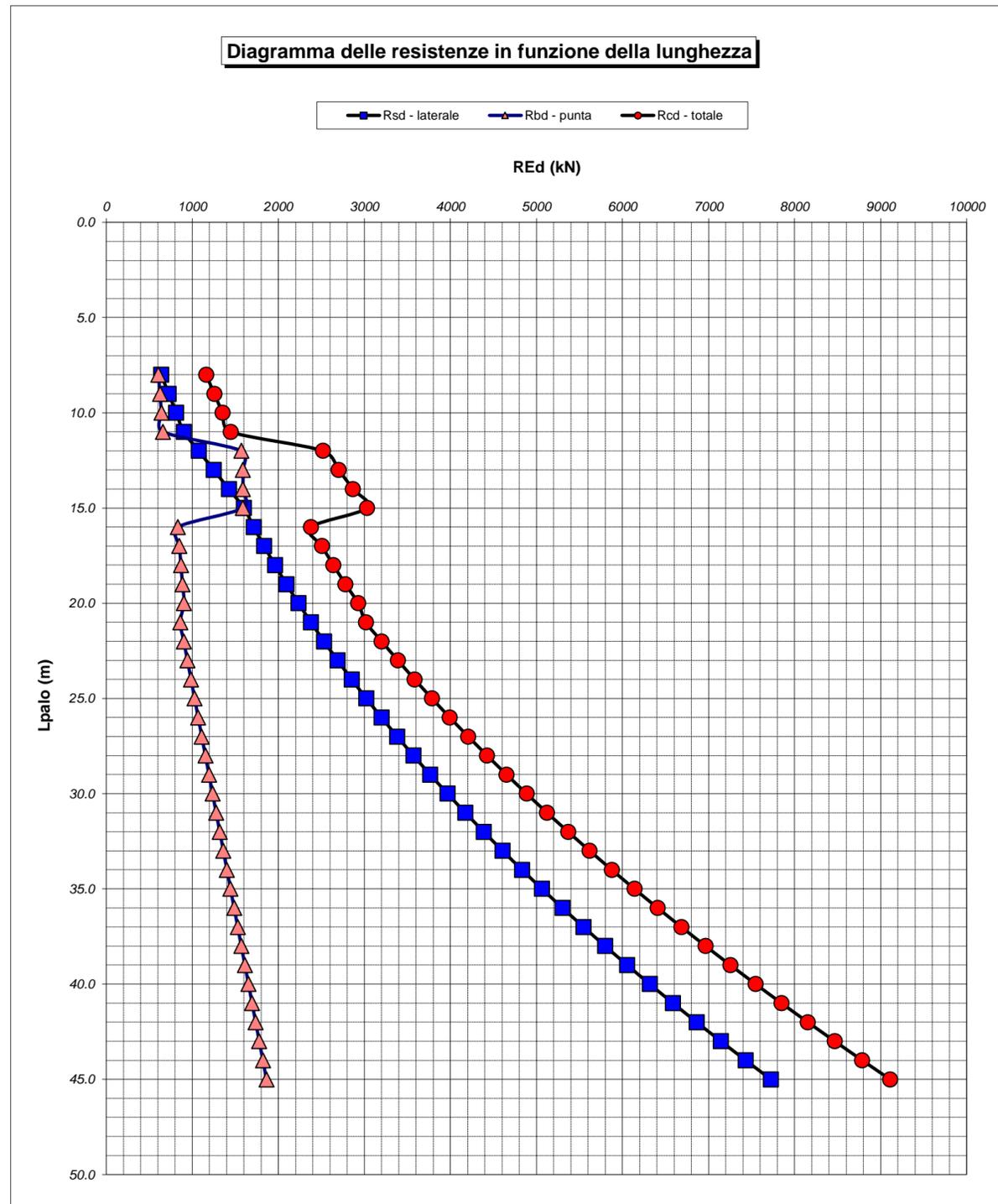
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9°cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	2.5	0.0			19.0	9.2		47.5	23.0												0		
1	C	3.5	1.0	100.0	0.0	19.0	9.2	17.7	66.5	32.2		100	17.7	83		900.0	4000	966.5	1708	52	904	11	945	47
1	C	4.5	2.0	100.0	0.0	19.0	9.2	22.7	85.5	41.4		100	22.7	191		900.0	4000	985.5	1742	118	921	21	1019	104
2	C	5.5	3.0	50.0	0.0	19.0	9.2	27.8	104.5	50.5		100	27.8	322		450.0	4000	554.5	980	200	518	32	686	172
2	C	6.5	4.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	123.5	59.7		100	30.0	463		450.0	4000	573.5	1013	288	536	42	781	244
2	C	7.5	5.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	142.5	68.9		100	30.0	604		450.0	4000	592.5	1047	375	554	53	876	316
2	C	8.5	6.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	161.5	78.1		100	30.0	746		450.0	4000	611.5	1081	463	572	64	971	388
2	C	9.5	7.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	180.5	87.3		100	30.0	887		450.0	4000	630.5	1114	551	590	74	1066	460
2	C	10.5	8.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	199.5	96.5		100	30.0	1028		450.0	4000	649.5	1148	639	607	85	1161	532
2	C	11.5	9.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	218.5	105.7		100	30.0	1170		450.0	4000	668.5	1181	727	625	95	1256	604
2	C	12.5	10.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	237.5	114.9		100	30.0	1311		450.0	4000	687.5	1215	814	643	106	1351	676
2	C	13.5	11.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	256.5	124.1		100	30.0	1453		450.0	4000	706.5	1248	902	661	117	1446	748
3	SL	14.5	12.0	0.0	32.0	19.0	9.2	0.0	275.5	133.3	0.457	60	58.9	1730	12.6		1700	1680.7	2970	1074	1571	127	2519	879
3	SL	15.5	13.0	0.0	32.0	19.0	9.2	0.0	294.5	142.4	0.433	60	59.8	2011	12.6		1700	1700.0	3004	1249	1589	138	2701	1012
3	SL	16.5	14.0	0.0	32.0	19.0	9.2	0.0	313.5	151.6	0.411	60	60.0	2294	12.5		1700	1700.0	3004	1425	1589	148	2866	1146
3	SL	17.5	15.0	0.0	32.0	19.0	9.2	0.0	332.5	160.8	0.389	60	60.0	2577	12.5		1700	1700.0	3004	1601	1589	159	3031	1279
4	C	18.5	16.0	60.0	0.0	19.0	9.2	39.1	351.5	170.0		100	39.1	2761		540.0	4000	891.5	1575	1715	834	170	2379	1370
4	C	19.5	17.0	60.0	0.0	19.0	9.2	41.2	370.5	179.2		100	41.2	2955		540.0	4000	910.5	1609	1836	851	180	2507	1465
4	C	20.5	18.0	60.0	0.0	19.0	9.2	43.3	389.5	188.4		100	43.3	3160		540.0	4000	929.5	1643	1963	869	191	2641	1565
4	C	21.5	19.0	60.0	0.0	19.0	9.2	45.4	408.5	197.6		100	45.4	3374		540.0	4000	948.5	1676	2096	887	201	2781	1668
4	C	22.5	20.0	60.0	0.0	19.0	9.2	47.6	427.5	206.8		100	47.6	3598		540.0	4000	967.5	1710	2235	905	212	2927	1776
5	C	23.5	21.0	52.7	0.0	19.0	9.2	49.7	446.5	216.0		100	49.7	3832		474.1	4000	920.6	1627	2380	861	223	3018	1889
5	C	24.5	22.0	55.5	0.0	19.0	9.2	51.8	465.5	225.2		100	51.8	4076		499.7	4000	965.2	1706	2532	902	233	3201	2005
5	C	25.5	23.0	58.4	0.0	19.0	9.2	53.9	484.5	234.3		100	53.9	4330		525.4	4000	1009.9	1785	2689	944	244	3390	2126
5	C	26.5	24.0	61.2	0.0	19.0	9.2	56.0	503.5	243.5		100	56.0	4594		551.0	4000	1054.5	1863	2853	986	254	3585	2252
5	C	27.5	25.0	64.1	0.0	19.0	9.2	58.1	522.5	252.7		100	58.1	4868		576.7	4000	1099.2	1942	3024	1028	265	3786	2382
5	C	28.5	26.0	66.9	0.0	19.0	9.2	60.2	541.5	261.9		100	60.2	5152		602.3	4000	1143.8	2021	3200	1069	276	3994	2516
5	C	29.5	27.0	69.8	0.0	19.0	9.2	62.4	560.5	271.1		100	62.4	5446		628.0	4000	1188.5	2100	3382	1111	286	4207	2654
5	C	30.5	28.0	72.6	0.0	19.0	9.2	64.5	579.5	280.3		100	64.5	5749		653.6	4000	1233.1	2179	3571	1153	297	4427	2797
5	C	31.5	29.0	75.5	0.0	19.0	9.2	66.6	598.5	289.5		100	66.6	6063		679.3	4000	1277.8	2258	3766	1195	307	4653	2944
5	C	32.5	30.0	78.3	0.0	19.0	9.2	68.7	617.5	298.7		100	68.7	6387		704.9	4000	1322.4	2337	3967	1236	318	4885	3095
5	C	33.5	31.0	81.2	0.0	19.0	9.2	70.8	636.5	307.9		100	70.8	6721		730.6	4000	1367.1	2416	4174	1278	329	5124	3251
5	C	34.5	32.0	84.0	0.0	19.0	9.2	72.9	655.5	317.1		100	72.9	7064		756.2	4000	1411.7	2495	4388	1320	339	5368	3411
5	C	35.5	33.0	86.9	0.0	19.0	9.2	75.0	674.5	326.2		100	75.0	7418		781.9	4000	1456.4	2574	4607	1362	350	5619	3575
5	C	36.5	34.0	89.7	0.0	19.0	9.2	77.2	693.5	335.4		100	77.2	7781		807.5	4000	1501.0	2653	4833	1403	360	5876	3744
5	C	37.5	35.0	92.6	0.0	19.0	9.2	79.3	712.5	344.6		100	79.3	8155		833.2	4000	1545.7	2731	5065	1445	371	6139	3917
5	C	38.5	36.0	95.4	0.0	19.0	9.2	81.4	731.5	353.8		100	81.4	8538		858.8	4000	1590.3	2810	5303	1487	382	6409	4094
5	C	39.5	37.0	98.3	0.0	19.0	9.2	83.5	750.5	363.0		100	83.5	8932		884.5	4000	1635.0	2889	5548	1529	392	6684	4276
5	C	40.5	38.0	101.1	0.0	19.0	9.2	85.6	769.5	372.2		100	85.6	9335		910.1	4000	1679.6	2968	5798	1570	403	6966	4462
5	C	41.5	39.0	104.0	0.0	19.0	9.2	87.7	788.5	381.4		100	87.7	9749		935.8	4000	1724.3	3047	6055	1612	414	7254	4652
5	C	42.5	40.0	106.8	0.0	19.0	9.2	89.8	807.5	390.6		100	89.8	10172		961.4	4000	1768.9	3126	6318	1654	424	7548	4847
5	C	43.5	41.0	109.7	0.0	19.0	9.2	91.9	826.5	399.8		100	91.9	10605		987.1	4000	1813.6	3205	6587	1696	435	7848	5046
5	C	44.5	42.0	112.5	0.0	19.0	9.2	94.1	845.5	409.0		100	94.1	11048		1012.7	4000	1858.2	3284	6862	1737	445	8154	5249
5	C	45.5	43.0	115.4	0.0	19.0	9.2	96.2	864.5	418.1		100	96.2	11502		1038.4	4000	1902.9	3363	7144	1779	456	8467	5457
5	C	46.5	44.0	118.2	0.0	19.0	9.2	98.3	883.5	427.3		100	98.3	11965		1064.0	4000	1947.5	3442	7432	1821	467	8786	5669
5	C	47.5	45.0	121.1	0.0	19.0	9.2	100.4	902.5	436.5		100	100.0	12436		1089.7	4000	1992.2	3520	7724	1863	477	9110	5884

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P1 ÷ P19 - GR.3
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILA DA P1 A P19	44.0	7432	1821	8786	7739	88%	5669	1546	27%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo **Rcd,gr** viene determinata in base alla seguente espressione:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della η Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse- Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m - 1)n + (n - 1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILA DA P1 A P19	1.50	4.50	9	3	3	0.73	57478	45180	79%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA OPERA: VI01 ALLINEAMENTI: PILE - P1-P19 - GR.3 - SCALZAMENTO
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI

<p>Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a: Rcd = Rbd + Rsd - Wp Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a: Rtd = 0.7 Rsd + Wp in cui: Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ3; (Rsc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza laterale caratteristica Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo Wp: peso proprio del palo alleggerito</p>	<p>La Resistenza alla base di calcolo è pari a: Qb = qb x Ab dove: Ab: Area della superficie di base del palo qb: resistenza unitaria alla base appresso specificata per terreni coesivi e granulari La Resistenza laterale di calcolo è pari a: Qs = As x Σ (qsi x dzi) dove: As: Area della superficie laterale del palo qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato dzi: altezza dell'iesimo strato</p>	<p>Terreni granulari (c' = 0, φ' <= 0) Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci Resistenza unitaria alla base In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*): qb = Nq* x σ'v con: Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D) In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione: qbmax1 = Nspt x αN con: αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella Ghiaie: qb,max = 7500 kPa Sabbie: qb,max = 5800 kPa Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa Resistenza laterale unitaria ql = β σ'v con: 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.25 per i depositi sabbiosi 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977): qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53</p>																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:</th> <th>γR</th> <th>Pali infissi (R3)</th> <th>Pali trivellati (R3)</th> <th>Pali ad elica continua (R3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base</td> <td>γb</td> <td>1.15</td> <td>1.35</td> <td>1.30</td> </tr> <tr> <td>Laterale in compressione</td> <td>γs</td> <td>1.15</td> <td>1.15</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>Totale (*)</td> <td>γ</td> <td>1.15</td> <td>1.30</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>Laterale in trazione</td> <td>γst</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> </tbody> </table> <p>I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>n. Vert.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>7</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ξ3</td> <td>1.70</td> <td>1.65</td> <td>1.60</td> <td>1.55</td> <td>1.50</td> <td>1.45</td> <td>1.40</td> </tr> <tr> <td>ξ4</td> <td>1.70</td> <td>1.55</td> <td>1.48</td> <td>1.42</td> <td>1.34</td> <td>1.28</td> <td>1.21</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso del palo Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato: Wp(z) = (γcls - γnat) Ap Δz</p>	I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)	Base	γb	1.15	1.35	1.30	Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15	Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25	Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25	n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10	ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	<p>Terreni coesivi (c<>0) Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali Resistenza unitaria alla base La resistenza alla base viene espressa come: qb = σv + 9 cu Resistenza laterale unitaria qs = α cu con: α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>cu (kPa)</th> <th>α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><=25</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>da 26 a 50</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>da 50 a 75</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>>75</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>In ogni caso non viene superato il valore limite di: qs,max = 100 kPa (AGI 1984).</p>	cu (kPa)	α	<=25	0.9	da 26 a 50	0.8	da 50 a 75	0.6	>75	0.4
I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)																																																								
Base	γb	1.15	1.35	1.30																																																								
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15																																																								
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25																																																								
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25																																																								
n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10																																																					
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40																																																					
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21																																																					
cu (kPa)	α																																																											
<=25	0.9																																																											
da 26 a 50	0.8																																																											
da 50 a 75	0.6																																																											
>75	0.4																																																											

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	4.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σvi	44.1
Tensione efficace in testa palo	kPa	σv'i	0.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	R3
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	TRATTO SCALZATO	0.0	5.5	C	0.0		1.00	1.00	0.0	0.0	9.8		100			4000	
2	5-AL	5.5	7.0	C	100.0		1.00	1.00	100.0	0.0	19.0		100			4000	
3	5-AL	7.0	16.0	C	50.0		1.00	1.00	50.0	0.0	19.0		100			4000	
4	5-S	16.0	19.5	S		32.0	1.00	1.00	0.0	32.0	19.0	20	60	120	2400	2400	20
5	5-AL	19.5	25.0	C	60.0		1.00	1.00	60.0	0.0	19.0		100			4000	
6	5-AL	25.0	50.0	C			1.00	1.00	0.0	0.0	19.0		100			4000	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P1÷P19 - GR.3 - SCALZAMENTO
 MEDI

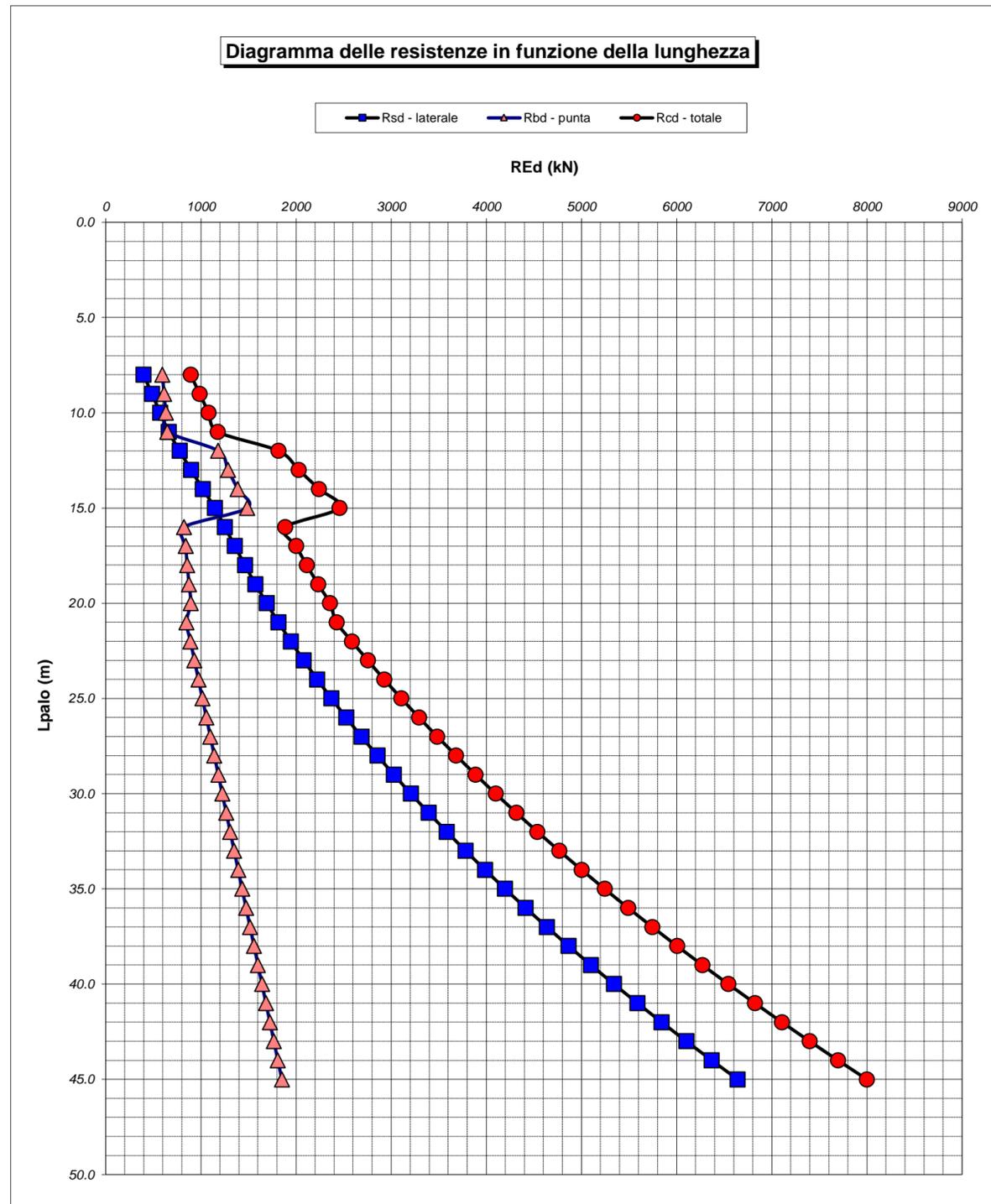
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	4.5	0.0			9.8	0.0		44.1	0.0												0		
1	C	5.5	1.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	54.0	0.0		100	0.0	0		0.0	4000	54.0	95	0	50	27	24	27
2	C	6.5	2.0	100.0	0.0	19.0	9.2	5.1	73.0	9.2		100	5.1	24		900.0	4000	973.0	1719	15	910	37	887	48
3	C	7.5	3.0	50.0	0.0	19.0	9.2	10.1	92.0	18.4		100	10.1	71		450.0	4000	542.0	958	44	507	48	503	79
3	C	8.5	4.0	50.0	0.0	19.0	9.2	15.2	111.0	27.6		100	15.2	143		450.0	4000	561.0	991	89	524	59	555	121
3	C	9.5	5.0	50.0	0.0	19.0	9.2	20.2	130.0	36.8		100	20.2	238		450.0	4000	580.0	1025	148	542	69	621	173
3	C	10.5	6.0	50.0	0.0	19.0	9.2	25.3	149.0	46.0		100	25.3	357		450.0	4000	599.0	1058	222	560	80	702	235
3	C	11.5	7.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	168.0	55.1		100	30.0	499		450.0	4000	618.0	1092	310	578	90	797	307
3	C	12.5	8.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	187.0	64.3		100	30.0	640		450.0	4000	637.0	1126	398	596	101	892	379
3	C	13.5	9.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	206.0	73.5		100	30.0	781		450.0	4000	656.0	1159	485	613	112	987	451
3	C	14.5	10.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	225.0	82.7		100	30.0	923		450.0	4000	675.0	1193	573	631	122	1082	523
3	C	15.5	11.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	244.0	91.9		100	30.0	1064		450.0	4000	694.0	1226	661	649	133	1177	596
4	S	16.5	12.0	0.0	32.0	19.0	9.2	0.0	263.0	101.1	0.411	60	39.6	1251	12.5		2400	1264.6	2235	777	1182	143	1816	687
4	S	17.5	13.0	0.0	32.0	19.0	9.2	0.0	282.0	110.3	0.389	60	41.1	1444	12.5		2400	1373.9	2428	897	1285	154	2028	782
4	S	18.5	14.0	0.0	32.0	19.0	9.2	0.0	301.0	119.5	0.367	60	42.2	1643	12.4		2400	1482.3	2619	1021	1386	165	2242	879
4	S	19.5	15.0	0.0	32.0	19.0	9.2	0.0	320.0	128.7	0.347	60	43.0	1846	12.4		2400	1589.7	2809	1147	1486	175	2458	978
5	C	20.5	16.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	339.0	137.9		100	36.0	2016		540.0	4000	879.0	1553	1252	822	186	1888	1062
5	C	21.5	17.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	358.0	147.0		100	36.0	2185		540.0	4000	898.0	1587	1357	840	196	2000	1147
5	C	22.5	18.0	60.0	0.0	19.0	9.2	36.0	377.0	156.2		100	36.0	2355		540.0	4000	917.0	1620	1463	857	207	2113	1231
5	C	23.5	19.0	60.0	0.0	19.0	9.2	38.0	396.0	165.4		100	38.0	2534		540.0	4000	936.0	1654	1574	875	218	2232	1320
5	C	24.5	20.0	60.0	0.0	19.0	9.2	40.2	415.0	174.6		100	40.2	2724		540.0	4000	955.0	1688	1692	893	228	2356	1412
6	C	25.5	21.0	52.7	0.0	19.0	9.2	42.3	434.0	183.8		100	42.3	2923		474.1	4000	908.0	1605	1815	849	239	2425	1510
6	C	26.5	22.0	55.5	0.0	19.0	9.2	44.4	453.0	193.0		100	44.4	3132		499.7	4000	952.7	1684	1945	891	250	2587	1611
6	C	27.5	23.0	58.4	0.0	19.0	9.2	46.5	472.0	202.2		100	46.5	3351		525.4	4000	997.3	1762	2081	933	260	2754	1717
6	C	28.5	24.0	61.2	0.0	19.0	9.2	48.6	491.0	211.4		100	48.6	3580		551.0	4000	1042.0	1841	2224	974	271	2927	1827
6	C	29.5	25.0	64.1	0.0	19.0	9.2	50.7	510.0	220.6		100	50.7	3819		576.7	4000	1086.6	1920	2372	1016	281	3107	1942
6	C	30.5	26.0	66.9	0.0	19.0	9.2	52.8	529.0	229.8		100	52.8	4068		602.3	4000	1131.3	1999	2527	1058	292	3293	2061
6	C	31.5	27.0	69.8	0.0	19.0	9.2	55.0	548.0	238.9		100	55.0	4327		628.0	4000	1175.9	2078	2688	1099	303	3485	2184
6	C	32.5	28.0	72.6	0.0	19.0	9.2	57.1	567.0	248.1		100	57.1	4596		653.6	4000	1220.6	2157	2855	1141	313	3683	2311
6	C	33.5	29.0	75.5	0.0	19.0	9.2	59.2	586.0	257.3		100	59.2	4875		679.3	4000	1265.2	2236	3028	1183	324	3887	2443
6	C	34.5	30.0	78.3	0.0	19.0	9.2	61.3	605.0	266.5		100	61.3	5164		704.9	4000	1309.9	2315	3207	1225	334	4098	2579
6	C	35.5	31.0	81.2	0.0	19.0	9.2	63.4	624.0	275.7		100	63.4	5463		730.6	4000	1354.5	2394	3393	1266	345	4315	2720
6	C	36.5	32.0	84.0	0.0	19.0	9.2	65.5	643.0	284.9		100	65.5	5771		756.2	4000	1399.2	2473	3585	1308	356	4537	2865
6	C	37.5	33.0	86.9	0.0	19.0	9.2	67.6	662.0	294.1		100	67.6	6090		781.9	4000	1443.8	2551	3783	1350	366	4767	3014
6	C	38.5	34.0	89.7	0.0	19.0	9.2	69.8	681.0	303.3		100	69.8	6419		807.5	4000	1488.5	2630	3987	1392	377	5002	3168
6	C	39.5	35.0	92.6	0.0	19.0	9.2	71.9	700.0	312.5		100	71.9	6758		833.2	4000	1533.1	2709	4197	1433	387	5243	3325
6	C	40.5	36.0	95.4	0.0	19.0	9.2	74.0	719.0	321.7		100	74.0	7106		858.8	4000	1577.8	2788	4414	1475	398	5491	3488
6	C	41.5	37.0	98.3	0.0	19.0	9.2	76.1	738.0	330.8		100	76.1	7465		884.5	4000	1622.4	2867	4637	1517	409	5745	3654
6	C	42.5	38.0	101.1	0.0	19.0	9.2	78.2	757.0	340.0		100	78.2	7833		910.1	4000	1667.1	2946	4865	1559	419	6005	3825
6	C	43.5	39.0	104.0	0.0	19.0	9.2	80.3	776.0	349.2		100	80.3	8212		935.8	4000	1711.7	3025	5101	1600	430	6271	4000
6	C	44.5	40.0	106.8	0.0	19.0	9.2	82.4	795.0	358.4		100	82.4	8600		961.4	4000	1756.4	3104	5342	1642	440	6544	4180
6	C	45.5	41.0	109.7	0.0	19.0	9.2	84.5	814.0	367.6		100	84.5	8999		987.1	4000	1801.0	3183	5589	1684	451	6822	4363
6	C	46.5	42.0	112.5	0.0	19.0	9.2	86.7	833.0	376.8		100	86.7	9407		1012.7	4000	1845.7	3262	5843	1726	462	7107	4552
6	C	47.5	43.0	115.4	0.0	19.0	9.2	88.8	852.0	386.0		100	88.8	9825		1038.4	4000	1890.3	3340	6103	1767	472	7398	4744
6	C	48.5	44.0	118.2	0.0	19.0	9.2	90.9	871.0	395.2		100	90.9	10254		1064.0	4000	1935.0	3419	6369	1809	483	7695	4941
6	C	49.5	45.0	121.1	0.0	19.0	9.2	93.0	890.0	404.4		100	93.0	10692		1089.7	4000	1979.6	3498	6641	1851	493	7999	5142

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P1÷P19 - GR.3 - SCALZAMENTO
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILA P1÷P19 - SCALZA	44.0	6369	1809	7695	6303	82%	4941	0	0%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η (Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione) Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali
 diametro dei pali
 numero di file
 numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILA P1÷P19 - SCALZA	1.50	4.50	9	3	3	0.73	50342	45180	90%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01** **ALLINEAMENTI: PILE - P7-P19 - GR.3 - LIQUEFAZIONE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

<p>Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a: Rcd = Rbd + Rsd - Wp Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a: Rtd = 0.7 Rsd + Wp in cui: Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4 Resistenza alla punta caratteristica Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ3; (Rsc,cal)_{min} / ξ4 Resistenza laterale caratteristica Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo Wp: peso proprio del palo alleggerito</p>	<p>La Resistenza alla base di calcolo è pari a: Qb = qb x Ab dove: Ab: Area della superficie di base del palo qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari La Resistenza laterale di calcolo è pari a: Qs = As x Σ (qsi x dzi) dove: As: Area della superficie laterale del palo qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato dzi: altezza dell'iesimo strato</p>	<p>Terreni granulari (c' = 0, φ' <= 0) Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci Resistenza unitaria alla base In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*): qb = Nq* x σ'v con: Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D) In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione: qbmax1 = Nspt x αN con: αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella Ghiaie: qb,max = 7500 kPa Sabbie: qb,max = 5800 kPa Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa Resistenza laterale unitaria ql = β σ'v con: 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.2 per i depositi sabbiosi 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-gliaiosi e ghiaiosi In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977): qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53</p>																																			
<table border="1"> <tr> <th>I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:</th> <th>γR</th> <th>Pali infissi (R3)</th> <th>Pali trivellati (R3)</th> <th>Pali ad elica continua (R3)</th> </tr> <tr> <td>Base</td> <td>γb</td> <td>1.15</td> <td>1.35</td> <td>1.30</td> </tr> <tr> <td>Laterale in compressione</td> <td>γs</td> <td>1.15</td> <td>1.15</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>Totale (*)</td> <td>γ</td> <td>1.15</td> <td>1.30</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>Laterale in trazione</td> <td>γst</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> </table>	I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)	Base	γb	1.15	1.35	1.30	Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15	Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25	Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25	<p>Terreni coesivi (c<>0) Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali Resistenza unitaria alla base La resistenza alla base viene espressa come: qb = σv + 9 cu Resistenza laterale unitaria qs = α cu con: α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]</p> <table border="1"> <tr> <th>cu (kPa)</th> <th>α</th> </tr> <tr> <td><=25</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>da 26 a 50</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>da 50 a 75</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>>75</td> <td>0.4</td> </tr> </table> <p>In ogni caso non viene superato il valore limite di: qs,max = 100 kPa (AGI 1984).</p>	cu (kPa)	α	<=25	0.9	da 26 a 50	0.8	da 50 a 75	0.6	>75	0.4	
I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)																																	
Base	γb	1.15	1.35	1.30																																	
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15																																	
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25																																	
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25																																	
cu (kPa)	α																																				
<=25	0.9																																				
da 26 a 50	0.8																																				
da 50 a 75	0.6																																				
>75	0.4																																				
<p>I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella</p> <table border="1"> <tr> <th>n. Vert.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>7</th> <th>10</th> </tr> <tr> <td>ξ3</td> <td>1.70</td> <td>1.65</td> <td>1.60</td> <td>1.55</td> <td>1.50</td> <td>1.45</td> <td>1.40</td> </tr> <tr> <td>ξ4</td> <td>1.70</td> <td>1.55</td> <td>1.48</td> <td>1.42</td> <td>1.34</td> <td>1.28</td> <td>1.21</td> </tr> </table>	n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10	ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21													
n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10																														
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40																														
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21																														
<p>Peso del palo Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato: Wp(z) = (γcls - γnat) Ap Δz</p>																																					

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σvi	47.5
Tensione efficace in testa palo	kPa	σ'vi	23.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	R3
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

COMBINAZIONE M1

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	5-AL	0.0	5.0	C	100.0		1.00	1.00	100.0	0.0	19.0		100			4000	
2	5-AL	5.0	6.5	C	50.0		1.00	1.00	50.0	0.0	19.0		100			4000	
3	5-S	6.5	7.5	S	32.0		1.00	1.00	32.0	0.0	19.0	0	0	120	0	0	0
4	5-AL	7.5	14.0	C	50.0		1.00	1.00	50.0	0.0	19.0		100			4000	
5	5-S	14.0	17.5	S	32.0		1.00	1.00	32.0	0.0	19.0	0	0	120	0	0	0
6	5-AL	17.5	23.0	C	60.0		1.00	1.00	60.0	0.0	19.0		100			4000	
7	5-AL	23.0	48.0	C			1.00	1.00	0.0	0.0	19.0		100			4000	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P7-P19 - GR.3 - LIQUEFAZIONE
 MEDI

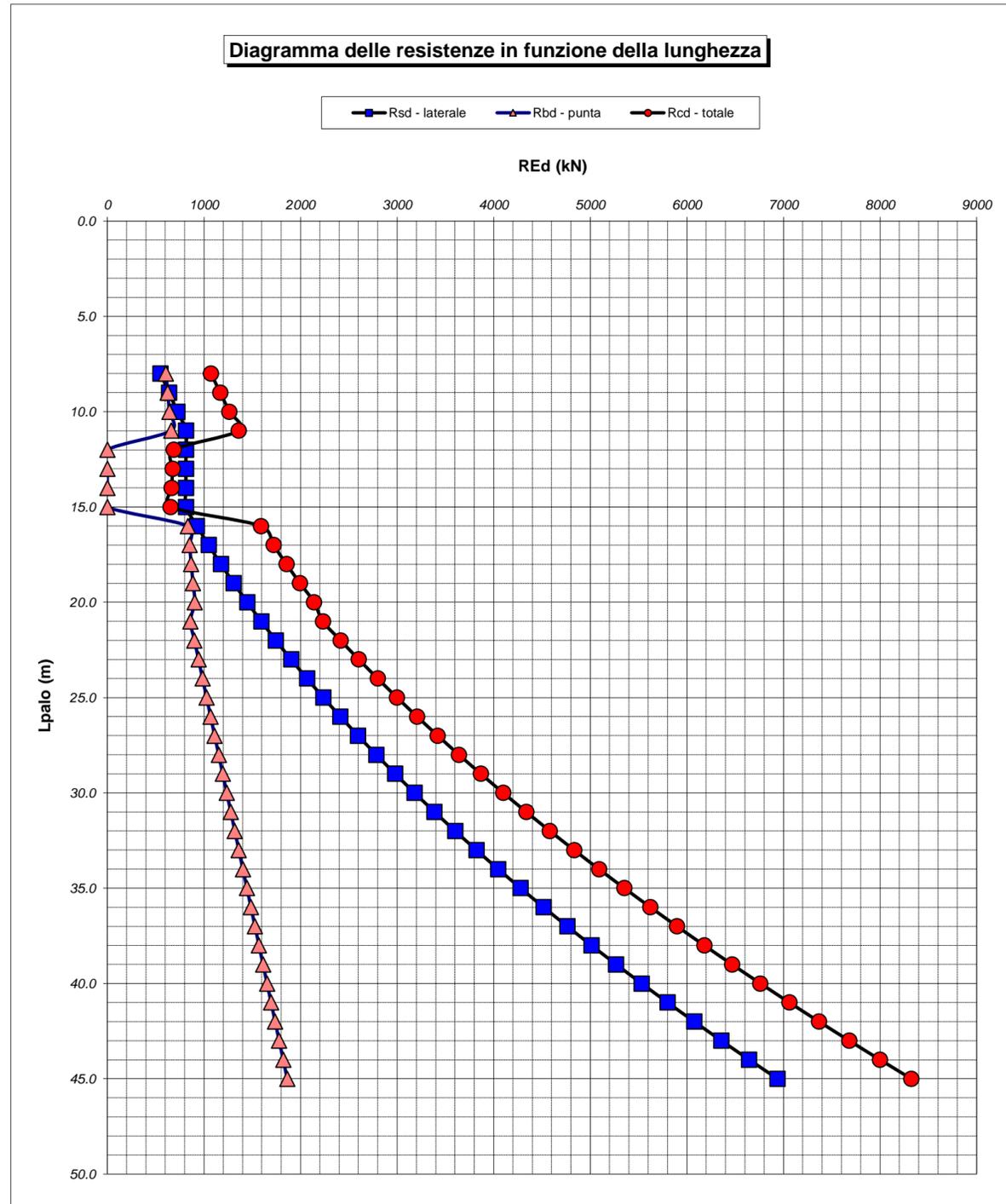
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	2.5	0.0			19.0	9.2		47.5	23.0												0		
1	C	3.5	1.0	100.0	0.0	19.0	9.2	17.7	66.5	32.2		100	17.7	83		900.0	4000	966.5	1708	52	904	11	945	47
1	C	4.5	2.0	100.0	0.0	19.0	9.2	22.7	85.5	41.4		100	22.7	191		900.0	4000	985.5	1742	118	921	21	1019	104
2	C	5.5	3.0	50.0	0.0	19.0	9.2	27.8	104.5	50.5		100	27.8	322		450.0	4000	554.5	980	200	518	32	686	172
2	C	6.5	4.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	123.5	59.7		100	30.0	463		450.0	4000	573.5	1013	288	536	42	781	244
3	S	7.5	5.0	32.0	0.0	19.0	9.2	0.0	142.5	68.9	0.667	0	0.0	463		288.0	0	0.0	0	288	0	53	235	254
4	C	8.5	6.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	161.5	78.1		100	30.0	604		450.0	4000	611.5	1081	375	572	64	883	326
4	C	9.5	7.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	180.5	87.3		100	30.0	746		450.0	4000	630.5	1114	463	590	74	978	398
4	C	10.5	8.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	199.5	96.5		100	30.0	887		450.0	4000	649.5	1148	551	607	85	1073	470
4	C	11.5	9.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	218.5	105.7		100	30.0	1028		450.0	4000	668.5	1181	639	625	95	1168	543
4	C	12.5	10.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	237.5	114.9		100	30.0	1170		450.0	4000	687.5	1215	727	643	106	1263	615
4	C	13.5	11.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	256.5	124.1		100	30.0	1311		450.0	4000	706.5	1248	814	661	117	1358	687
5	S	14.5	12.0	32.0	0.0	19.0	9.2	0.0	275.5	133.3	0.457	0	0.0	1311		288.0	0	0.0	0	814	0	127	687	697
5	S	15.5	13.0	32.0	0.0	19.0	9.2	0.0	294.5	142.4	0.433	0	0.0	1311		288.0	0	0.0	0	814	0	138	677	708
5	S	16.5	14.0	32.0	0.0	19.0	9.2	0.0	313.5	151.6	0.411	0	0.0	1311		288.0	0	0.0	0	814	0	148	666	719
5	S	17.5	15.0	32.0	0.0	19.0	9.2	0.0	332.5	160.8	0.389	0	0.0	1311		288.0	0	0.0	0	814	0	159	655	729
6	C	18.5	16.0	60.0	0.0	19.0	9.2	39.1	351.5	170.0		100	39.1	1495		540.0	4000	891.5	1575	929	834	170	1593	820
6	C	19.5	17.0	60.0	0.0	19.0	9.2	41.2	370.5	179.2		100	41.2	1690		540.0	4000	910.5	1609	1049	851	180	1721	915
6	C	20.5	18.0	60.0	0.0	19.0	9.2	43.3	389.5	188.4		100	43.3	1894		540.0	4000	929.5	1643	1176	869	191	1855	1014
6	C	21.5	19.0	60.0	0.0	19.0	9.2	45.4	408.5	197.6		100	45.4	2108		540.0	4000	948.5	1676	1309	887	201	1995	1118
6	C	22.5	20.0	60.0	0.0	19.0	9.2	47.6	427.5	206.8		100	47.6	2332		540.0	4000	967.5	1710	1449	905	212	2141	1226
7	C	23.5	21.0	52.7	0.0	19.0	9.2	49.7	446.5	216.0		100	49.7	2566		474.1	4000	920.6	1627	1594	861	223	2232	1338
7	C	24.5	22.0	55.5	0.0	19.0	9.2	51.8	465.5	225.2		100	51.8	2810		499.7	4000	965.2	1706	1745	902	233	2415	1455
7	C	25.5	23.0	58.4	0.0	19.0	9.2	53.9	484.5	234.3		100	53.9	3064		525.4	4000	1009.9	1785	1903	944	244	2604	1576
7	C	26.5	24.0	61.2	0.0	19.0	9.2	56.0	503.5	243.5		100	56.0	3328		551.0	4000	1054.5	1863	2067	986	254	2799	1702
7	C	27.5	25.0	64.1	0.0	19.0	9.2	58.1	522.5	252.7		100	58.1	3602		576.7	4000	1099.2	1942	2237	1028	265	3000	1831
7	C	28.5	26.0	66.9	0.0	19.0	9.2	60.2	541.5	261.9		100	60.2	3886		602.3	4000	1143.8	2021	2414	1069	276	3207	1965
7	C	29.5	27.0	69.8	0.0	19.0	9.2	62.4	560.5	271.1		100	62.4	4180		628.0	4000	1188.5	2100	2596	1111	286	3421	2104
7	C	30.5	28.0	72.6	0.0	19.0	9.2	64.5	579.5	280.3		100	64.5	4484		653.6	4000	1233.1	2179	2785	1153	297	3641	2246
7	C	31.5	29.0	75.5	0.0	19.0	9.2	66.6	598.5	289.5		100	66.6	4797		679.3	4000	1277.8	2258	2980	1195	307	3867	2393
7	C	32.5	30.0	78.3	0.0	19.0	9.2	68.7	617.5	298.7		100	68.7	5121		704.9	4000	1322.4	2337	3181	1236	318	4099	2545
7	C	33.5	31.0	81.2	0.0	19.0	9.2	70.8	636.5	307.9		100	70.8	5455		730.6	4000	1367.1	2416	3388	1278	329	4338	2700
7	C	34.5	32.0	84.0	0.0	19.0	9.2	72.9	655.5	317.1		100	72.9	5798		756.2	4000	1411.7	2495	3601	1320	339	4582	2860
7	C	35.5	33.0	86.9	0.0	19.0	9.2	75.0	674.5	326.2		100	75.0	6152		781.9	4000	1456.4	2574	3821	1362	350	4833	3025
7	C	36.5	34.0	89.7	0.0	19.0	9.2	77.2	693.5	335.4		100	77.2	6516		807.5	4000	1501.0	2653	4047	1403	360	5090	3193
7	C	37.5	35.0	92.6	0.0	19.0	9.2	79.3	712.5	344.6		100	79.3	6889		833.2	4000	1545.7	2731	4279	1445	371	5353	3366
7	C	38.5	36.0	95.4	0.0	19.0	9.2	81.4	731.5	353.8		100	81.4	7273		858.8	4000	1590.3	2810	4517	1487	382	5622	3544
7	C	39.5	37.0	98.3	0.0	19.0	9.2	83.5	750.5	363.0		100	83.5	7666		884.5	4000	1635.0	2889	4761	1529	392	5898	3725
7	C	40.5	38.0	101.1	0.0	19.0	9.2	85.6	769.5	372.2		100	85.6	8069		910.1	4000	1679.6	2968	5012	1570	403	6180	3911
7	C	41.5	39.0	104.0	0.0	19.0	9.2	87.7	788.5	381.4		100	87.7	8483		935.8	4000	1724.3	3047	5269	1612	414	6467	4102
7	C	42.5	40.0	106.8	0.0	19.0	9.2	89.8	807.5	390.6		100	89.8	8906		961.4	4000	1768.9	3126	5532	1654	424	6762	4296
7	C	43.5	41.0	109.7	0.0	19.0	9.2	91.9	826.5	399.8		100	91.9	9339		987.1	4000	1813.6	3205	5801	1696	435	7062	4495
7	C	44.5	42.0	112.5	0.0	19.0	9.2	94.1	845.5	409.0		100	94.1	9783		1012.7	4000	1858.2	3284	6076	1737	445	7368	4699
7	C	45.5	43.0	115.4	0.0	19.0	9.2	96.2	864.5	418.1		100	96.2	10236		1038.4	4000	1902.9	3363	6358	1779	456	7681	4906
7	C	46.5	44.0	118.2	0.0	19.0	9.2	98.3	883.5	427.3		100	98.3	10699		1064.0	4000	1947.5	3442	6645	1821	467	8000	5118
7	C	47.5	45.0	121.1	0.0	19.0	9.2	100.4	902.5	436.5		100	100.0	11170		1089.7	4000	1992.2	3520	6938	1863	477	8324	5334

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P7÷P19 - GR.3 - LIQUEFAZIONE
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILE P7÷P19 - LIQUEF/	44.0	6645	1821	8000	7739	97%	5118	1546	30%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd

è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η (Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione)

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali
 diametro dei pali
 numero di file
 numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILE P7÷P19 - LIQUEF/	1.50	4.50	9	3	3	0.73	52334	45180	86%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA OPERA: VI01 ALLINEAMENTI: PILE - P20+P22 - GR.5
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,calc)_{media} / ξ3; (Rsc,calc)_{min} / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ _R	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ _b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ _s	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ _{st}	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c<>0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*):
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.2 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σ _{vi}	
Tensione totale in testa palo			47.5
Tensione efficace in testa palo			23.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γ _b	1.35
coefficiente γ _s	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

COMBINAZIONE M1

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	5-AL	0.0	5.0	C	90		1.00	1.00	90.0	0.0	19.0		100			4000	
2	5-AL	5.0	13.0	C	50		1.00	1.00	50.0	0.0	19.0		100			4000	
3	5-AL	13.0	25.0	C	70		1.00	1.00	70.0	0.0	19.0		100			4000	
4	7-GS	25.0	37.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.0	50	150	120	6000	5800	50
5	9-AL	37.0	50.0	C	190.0		1.00	1.00	190.0	0.0	20.0		100			4000	
6																	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P20÷P22 - GR.5
 MEDI

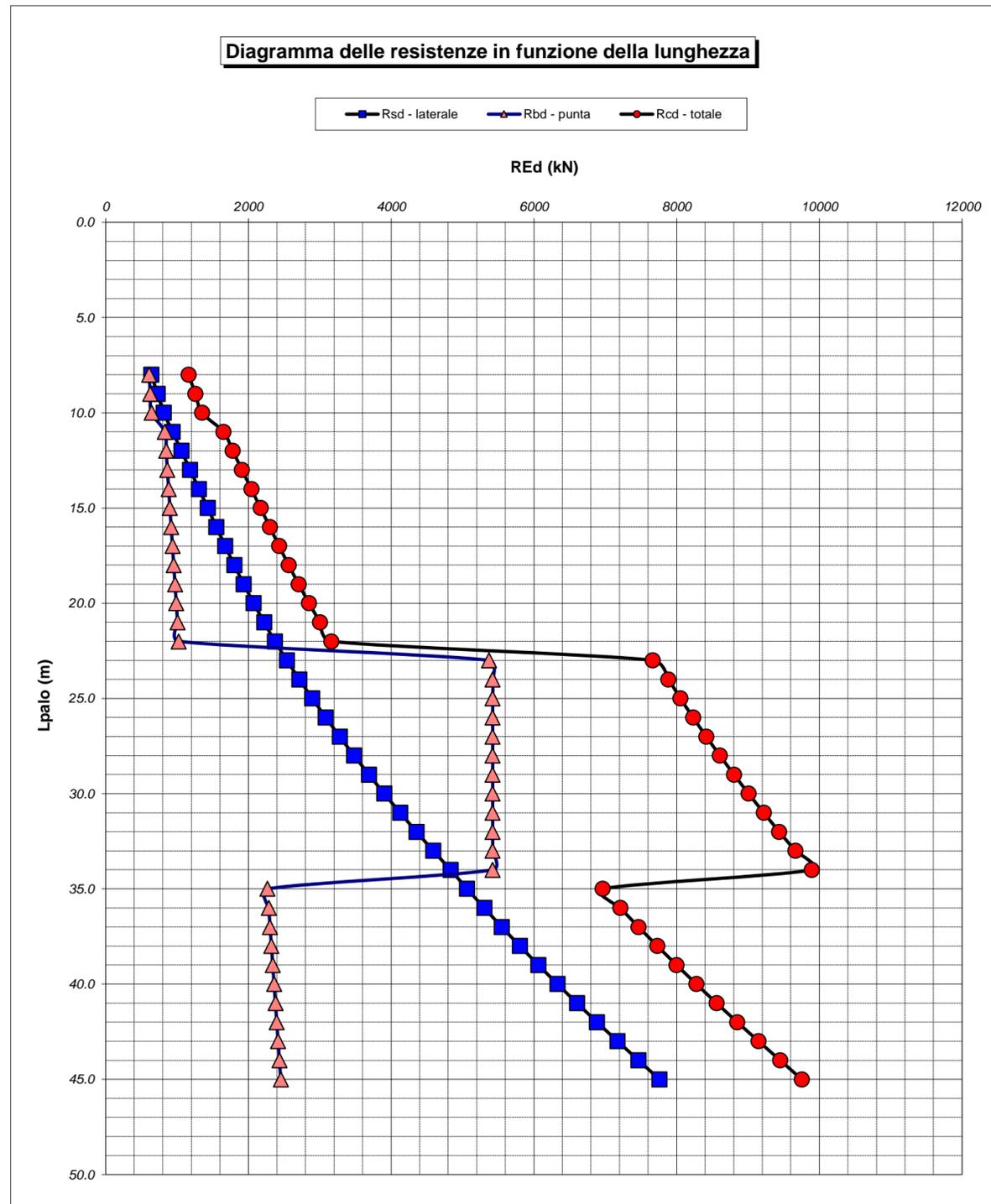
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9°cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	2.5	0.0			19.0	9.2		47.5	23.0												0		
1	C	3.5	1.0	90.0	0.0	19.0	9.2	17.7	66.5	32.2		100	17.7	83		810.0	4000	876.5	1549	52	820	11	861	47
1	C	4.5	2.0	90.0	0.0	19.0	9.2	22.7	85.5	41.4		100	22.7	191		810.0	4000	895.5	1582	118	837	21	934	104
2	C	5.5	3.0	50.0	0.0	19.0	9.2	27.8	104.5	50.5		100	27.8	322		450.0	4000	554.5	980	200	518	32	686	172
2	C	6.5	4.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	123.5	59.7		100	30.0	463		450.0	4000	573.5	1013	288	536	42	781	244
2	C	7.5	5.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	142.5	68.9		100	30.0	604		450.0	4000	592.5	1047	375	554	53	876	316
2	C	8.5	6.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	161.5	78.1		100	30.0	746		450.0	4000	611.5	1081	463	572	64	971	388
2	C	9.5	7.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	180.5	87.3		100	30.0	887		450.0	4000	630.5	1114	551	590	74	1066	460
2	C	10.5	8.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	199.5	96.5		100	30.0	1028		450.0	4000	649.5	1148	639	607	85	1161	532
2	C	11.5	9.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	218.5	105.7		100	30.0	1170		450.0	4000	668.5	1181	727	625	95	1256	604
2	C	12.5	10.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	237.5	114.9		100	30.0	1311		450.0	4000	687.5	1215	814	643	106	1351	676
3	C	13.5	11.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	256.5	124.1		100	42.0	1509		630.0	4000	886.5	1567	937	829	117	1650	773
3	C	14.5	12.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	275.5	133.3		100	42.0	1707		630.0	4000	905.5	1600	1060	847	127	1780	869
3	C	15.5	13.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	294.5	142.4		100	42.0	1905		630.0	4000	924.5	1634	1183	864	138	1910	966
3	C	16.5	14.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	313.5	151.6		100	42.0	2103		630.0	4000	943.5	1667	1306	882	148	2040	1063
3	C	17.5	15.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	332.5	160.8		100	42.0	2301		630.0	4000	962.5	1701	1429	900	159	2170	1159
3	C	18.5	16.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	351.5	170.0		100	42.0	2499		630.0	4000	981.5	1734	1552	918	170	2300	1256
3	C	19.5	17.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	370.5	179.2		100	42.0	2697		630.0	4000	1000.5	1768	1675	935	180	2430	1353
3	C	20.5	18.0	70.0	0.0	19.0	9.2	43.3	389.5	188.4		100	43.3	2901		630.0	4000	1019.5	1802	1802	953	191	2564	1452
3	C	21.5	19.0	70.0	0.0	19.0	9.2	45.4	408.5	197.6		100	45.4	3115		630.0	4000	1038.5	1835	1935	971	201	2704	1556
3	C	22.5	20.0	70.0	0.0	19.0	9.2	47.6	427.5	206.8		100	47.6	3339		630.0	4000	1057.5	1869	2074	989	212	2851	1664
3	C	23.5	21.0	70.0	0.0	19.0	9.2	49.7	446.5	216.0		100	49.7	3573		630.0	4000	1076.5	1902	2219	1007	223	3003	1776
3	C	24.5	22.0	70.0	0.0	19.0	9.2	51.8	465.5	225.2		100	51.8	3817		630.0	4000	1095.5	1936	2371	1024	233	3162	1893
4	S	25.5	23.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	484.5	234.3	0.250	150	57.4	4088	24.5		5800	5742.0	10147	2539	5369	244	7664	2021
4	S	26.5	24.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	503.5	243.5	0.250	150	59.7	4369	24.4		5800	5800.0	10249	2714	5423	254	7882	2154
4	S	27.5	25.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	522.5	252.7	0.250	150	62.0	4662	24.3		5800	5800.0	10249	2895	5423	265	8053	2292
4	S	28.5	26.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	541.5	261.9	0.250	150	64.3	4965	24.2		5800	5800.0	10249	3084	5423	276	8231	2434
4	S	29.5	27.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	560.5	271.1	0.250	150	66.6	5279	24.1		5800	5800.0	10249	3279	5423	286	8415	2581
4	S	30.5	28.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	579.5	280.3	0.250	150	68.9	5604	24.0		5800	5800.0	10249	3480	5423	297	8607	2733
4	S	31.5	29.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	598.5	289.5	0.250	150	71.2	5939	23.9		5800	5800.0	10249	3689	5423	307	8804	2890
4	S	32.5	30.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	617.5	298.7	0.250	150	73.5	6286	23.8		5800	5800.0	10249	3904	5423	318	9009	3051
4	S	33.5	31.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	636.5	307.9	0.250	150	75.8	6643	23.7		5800	5800.0	10249	4126	5423	329	9220	3217
4	S	34.5	32.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	655.5	317.1	0.250	150	78.1	7011	23.6		5800	5800.0	10249	4355	5423	339	9438	3388
4	S	35.5	33.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	674.5	326.2	0.250	150	80.4	7390	23.5		5800	5800.0	10249	4590	5423	350	9663	3563
4	S	36.5	34.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	693.5	335.4	0.250	150	82.7	7780	23.3		5800	5800.0	10249	4832	5423	360	9895	3743
5	C	37.5	35.0	190.0	0.0	20.0	10.2	79.5	713.5	345.6		100	79.5	8154		1710.0	4000	2423.5	4283	5065	2266	369	6961	3915
5	C	38.5	36.0	190.0	0.0	20.0	10.2	81.8	733.5	355.8		100	81.8	8540		1710.0	4000	2443.5	4318	5304	2285	378	7211	4091
5	C	39.5	37.0	190.0	0.0	20.0	10.2	84.2	753.5	366.0		100	84.2	8937		1710.0	4000	2463.5	4353	5551	2303	387	7467	4273
5	C	40.5	38.0	190.0	0.0	20.0	10.2	86.5	773.5	376.2		100	86.5	9344		1710.0	4000	2483.5	4389	5804	2322	396	7730	4459
5	C	41.5	39.0	190.0	0.0	20.0	10.2	88.9	793.5	386.4		100	88.9	9763		1710.0	4000	2503.5	4424	6064	2341	405	8000	4650
5	C	42.5	40.0	190.0	0.0	20.0	10.2	91.2	813.5	396.6		100	91.2	10193		1710.0	4000	2523.5	4459	6331	2359	414	8277	4845
5	C	43.5	41.0	190.0	0.0	20.0	10.2	93.6	833.5	406.8		100	93.6	10634		1710.0	4000	2543.5	4495	6605	2378	422	8561	5046
5	C	44.5	42.0	190.0	0.0	20.0	10.2	95.9	853.5	417.0		100	95.9	11086		1710.0	4000	2563.5	4530	6886	2397	431	8851	5251
5	C	45.5	43.0	190.0	0.0	20.0	10.2	98.2	873.5	427.1		100	98.2	11549		1710.0	4000	2583.5	4565	7173	2416	440	9149	5461
5	C	46.5	44.0	190.0	0.0	20.0	10.2	100.6	893.5	437.3		100	100.0	12020		1710.0	4000	2603.5	4601	7466	2434	449	9451	5675
5	C	47.5	45.0	190.0	0.0	20.0	10.2	102.9	913.5	447.5		100	100.0	12491		1710.0	4000	2623.5	4636	7759	2453	458	9754	5889

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P20÷P22 - GR.5
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILE P20÷P22	44.0	7466	2434	9451	8207	87%	5675	1952	34%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della η Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali
 diametro dei pali
 numero di file
 numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILE P20÷P22	1.50	4.50	9	3	3	0.73	61830	45540	74%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA OPERA: VI01 ALLINEAMENTI: PILE - P20+P22 - GR.5 - SCALZ. H=5.5m
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI

<p>Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a: Rcd = Rbd + Rsd - Wp Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a: Rtd = 0.7 Rsd + Wp in cui: Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ3; (Rsc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza laterale caratteristica Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo Wp: peso proprio del palo alleggerito</p>	<p>La Resistenza alla base di calcolo è pari a: Qb = qb x Ab dove: Ab: Area della superficie di base del palo qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari La Resistenza laterale di calcolo è pari a: Qs = As x Σ (qsi x dzi) dove: As: Area della superficie laterale del palo qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato dzi: altezza dell'iesimo strato</p>	<p>Terreni granulari (c' = 0, φ' <= 0) Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci Resistenza unitaria alla base In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*): qb = Nq* x σ'v con: Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D) In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione: qbmax1 = Nspt x αN con: αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella Ghiaie: qb,max = 7500 kPa Sabbie: qb,max = 5800 kPa Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa Resistenza laterale unitaria ql = β σ'v con: 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.2 per i depositi sabbiosi 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977): qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53</p>																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:</th> <th>γR</th> <th>Pali infissi (R3)</th> <th>Pali trivellati (R3)</th> <th>Pali ad elica continua (R3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base</td> <td>γb</td> <td>1.15</td> <td>1.35</td> <td>1.30</td> </tr> <tr> <td>Laterale in compressione</td> <td>γs</td> <td>1.15</td> <td>1.15</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>Totale (*)</td> <td>γ</td> <td>1.15</td> <td>1.30</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>Laterale in trazione</td> <td>γst</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> </tbody> </table> <p>I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>n. Vert.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>7</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ξ3</td> <td>1.70</td> <td>1.65</td> <td>1.60</td> <td>1.55</td> <td>1.50</td> <td>1.45</td> <td>1.40</td> </tr> <tr> <td>ξ4</td> <td>1.70</td> <td>1.55</td> <td>1.48</td> <td>1.42</td> <td>1.34</td> <td>1.28</td> <td>1.21</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso del palo Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato: Wp(z) = (γcls - γnat) Ap Δz</p>	I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)	Base	γb	1.15	1.35	1.30	Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15	Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25	Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25	n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10	ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	<p>Terreni coesivi (c<>0) Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali Resistenza unitaria alla base La resistenza alla base viene espressa come: qb = σv + 9 cu Resistenza laterale unitaria qs = α cu con: α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>cu (kPa)</th> <th>α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><=25</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>da 26 a 50</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>da 50 a 75</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>>75</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>In ogni caso non viene superato il valore limite di: qs,max = 100 kPa (AGI 1984).</p>	cu (kPa)	α	<=25	0.9	da 26 a 50	0.8	da 50 a 75	0.6	>75	0.4
I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)																																																								
Base	γb	1.15	1.35	1.30																																																								
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15																																																								
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25																																																								
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25																																																								
n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10																																																					
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40																																																					
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21																																																					
cu (kPa)	α																																																											
<=25	0.9																																																											
da 26 a 50	0.8																																																											
da 50 a 75	0.6																																																											
>75	0.4																																																											

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	4.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σvi	44.1
Tensione efficace in testa palo	kPa	σ'vi	0.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	R3
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

COMBINAZIONE M1

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	TRATTO SCALZATO	0.0	5.5	C	0		1.00	1.00	0.0	0.0	9.8		100			4000	
2	5-AL	0.0	7.0	C	90		1.00	1.00	90.0	0.0	19.0		100			4000	
3	5-AL	7.0	15.0	C	50		1.00	1.00	50.0	0.0	19.0		100			4000	
4	5-AL	15.0	27.0	C	70		1.00	1.00	70.0	0.0	19.0		100			4000	
5	7-GS	27.0	39.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.0	50	150	120	6000	5800	50
6	9-AL	39.0	50.0	C	190.0		1.00	1.00	190.0	0.0	20.0		100			4000	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P20÷P22 - GR.5 - SCALZ. H=5.5m
 MEDI

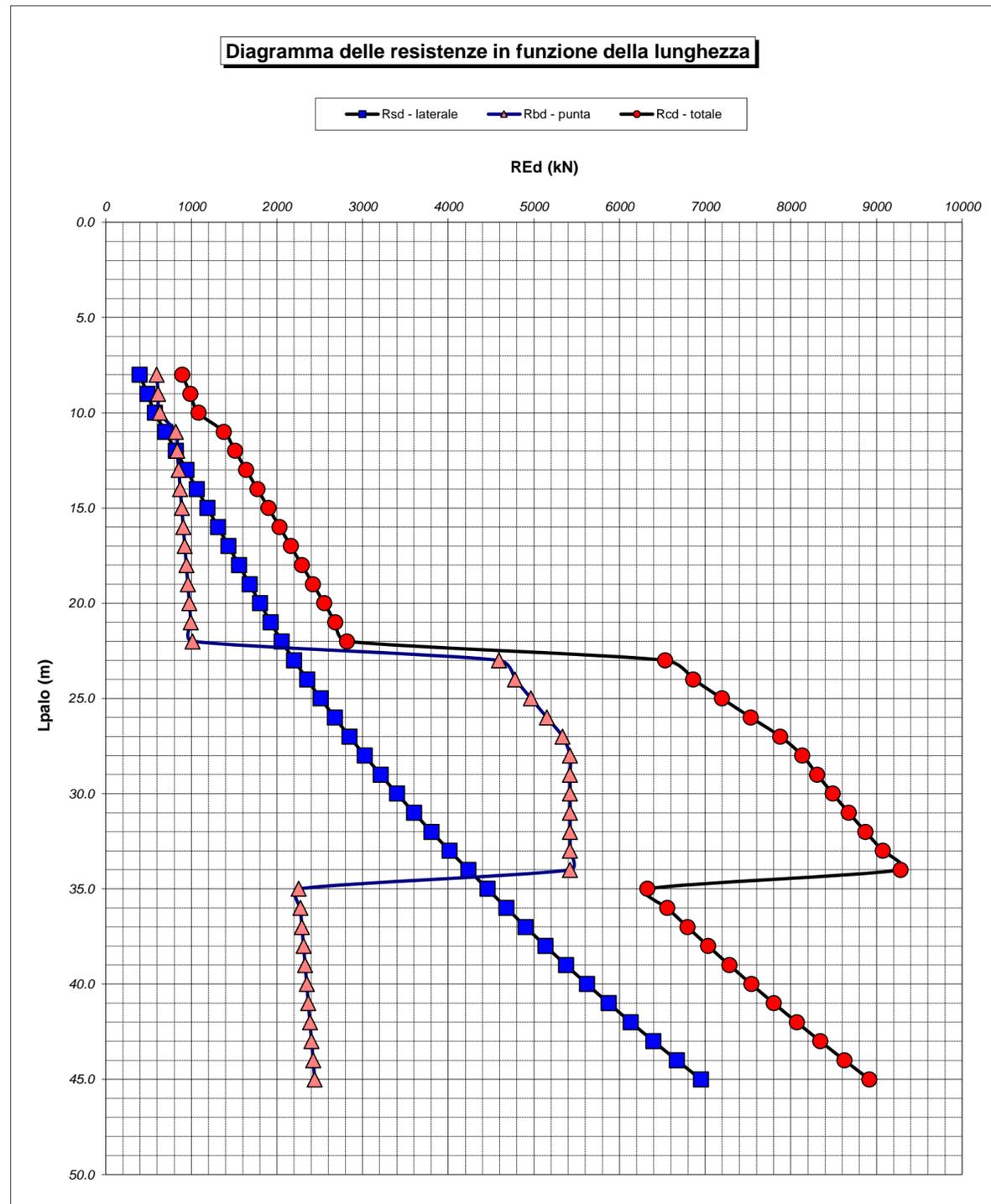
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9°cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	4.5	0.0			9.8	0.0		44.1	0.0												0		
1	C	5.5	1.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	54.0	0.0		100	0.0	0		0.0	4000	54.0	95	0	50	27	24	27
2	C	6.5	2.0	90.0	0.0	19.0	9.2	5.1	73.0	9.2		100	5.1	24		810.0	4000	883.0	1560	15	826	37	803	48
3	C	7.5	3.0	50.0	0.0	19.0	9.2	10.1	92.0	18.4		100	10.1	71		450.0	4000	542.0	958	44	507	48	503	79
3	C	8.5	4.0	50.0	0.0	19.0	9.2	15.2	111.0	27.6		100	15.2	143		450.0	4000	561.0	991	89	524	59	555	121
3	C	9.5	5.0	50.0	0.0	19.0	9.2	20.2	130.0	36.8		100	20.2	238		450.0	4000	580.0	1025	148	542	69	621	173
3	C	10.5	6.0	50.0	0.0	19.0	9.2	25.3	149.0	46.0		100	25.3	357		450.0	4000	599.0	1058	222	560	80	702	235
3	C	11.5	7.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	168.0	55.1		100	30.0	499		450.0	4000	618.0	1092	310	578	90	797	307
3	C	12.5	8.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	187.0	64.3		100	30.0	640		450.0	4000	637.0	1126	398	596	101	892	379
3	C	13.5	9.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	206.0	73.5		100	30.0	781		450.0	4000	656.0	1159	485	613	112	987	451
3	C	14.5	10.0	50.0	0.0	19.0	9.2	30.0	225.0	82.7		100	30.0	923		450.0	4000	675.0	1193	573	631	122	1082	523
4	C	15.5	11.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	244.0	91.9		100	42.0	1121		630.0	4000	874.0	1544	696	817	133	1380	620
4	C	16.5	12.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	263.0	101.1		100	42.0	1319		630.0	4000	893.0	1578	819	835	143	1510	717
4	C	17.5	13.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	282.0	110.3		100	42.0	1517		630.0	4000	912.0	1612	942	853	154	1641	813
4	C	18.5	14.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	301.0	119.5		100	42.0	1714		630.0	4000	931.0	1645	1065	870	165	1771	910
4	C	19.5	15.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	320.0	128.7		100	42.0	1912		630.0	4000	950.0	1679	1188	888	175	1901	1007
4	C	20.5	16.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	339.0	137.9		100	42.0	2110		630.0	4000	969.0	1712	1311	906	186	2031	1103
4	C	21.5	17.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	358.0	147.0		100	42.0	2308		630.0	4000	988.0	1746	1434	924	196	2161	1200
4	C	22.5	18.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	377.0	156.2		100	42.0	2506		630.0	4000	1007.0	1779	1557	942	207	2291	1297
4	C	23.5	19.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	396.0	165.4		100	42.0	2704		630.0	4000	1026.0	1813	1680	959	218	2421	1393
4	C	24.5	20.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.0	415.0	174.6		100	42.0	2902		630.0	4000	1045.0	1847	1802	977	228	2551	1490
4	C	25.5	21.0	70.0	0.0	19.0	9.2	42.3	434.0	183.8		100	42.3	3101		630.0	4000	1064.0	1880	1926	995	239	2682	1587
4	C	26.5	22.0	70.0	0.0	19.0	9.2	44.4	453.0	193.0		100	44.4	3310		630.0	4000	1083.0	1914	2056	1013	250	2819	1689
5	S	27.5	23.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	472.0	202.2	0.250	150	49.4	3543	24.3		5800	4911.5	8679	2201	4592	260	6533	1801
5	S	28.5	24.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	491.0	211.4	0.250	150	51.7	3787	24.2		5800	5112.5	9035	2352	4780	271	6861	1917
5	S	29.5	25.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	510.0	220.6	0.250	150	54.0	4041	24.1		5800	5311.6	9386	2510	4966	281	7195	2038
5	S	30.5	26.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	529.0	229.8	0.250	150	56.3	4306	24.0		5800	5508.8	9735	2675	5151	292	7534	2164
5	S	31.5	27.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	548.0	238.9	0.250	150	58.6	4582	23.9		5800	5704.1	10080	2846	5333	303	7877	2295
5	S	32.5	28.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	567.0	248.1	0.250	150	60.9	4869	23.8		5800	5800.0	10249	3024	5423	313	8134	2430
5	S	33.5	29.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	586.0	257.3	0.250	150	63.2	5167	23.7		5800	5800.0	10249	3209	5423	324	8309	2570
5	S	34.5	30.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	605.0	266.5	0.250	150	65.5	5476	23.6		5800	5800.0	10249	3401	5423	334	8490	2715
5	S	35.5	31.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	624.0	275.7	0.250	150	67.8	5795	23.5		5800	5800.0	10249	3599	5423	345	8677	2865
5	S	36.5	32.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	643.0	284.9	0.250	150	70.1	6125	23.3		5800	5800.0	10249	3805	5423	356	8872	3019
5	S	37.5	33.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	662.0	294.1	0.250	150	72.4	6466	23.2		5800	5800.0	10249	4016	5423	366	9073	3178
5	S	38.5	34.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	681.0	303.3	0.250	150	74.7	6818	23.1		5800	5800.0	10249	4235	5423	377	9281	3341
6	C	39.5	35.0	190.0	0.0	20.0	10.2	76.0	701.0	313.5		100	76.0	7176		1710.0	4000	2411.0	4261	4457	2254	386	6326	3506
6	C	40.5	36.0	190.0	0.0	20.0	10.2	76.0	721.0	323.7		100	76.0	7534		1710.0	4000	2431.0	4296	4680	2273	394	6558	3670
6	C	41.5	37.0	190.0	0.0	20.0	10.2	76.8	741.0	333.8		100	76.8	7896		1710.0	4000	2451.0	4331	4905	2292	403	6793	3836
6	C	42.5	38.0	190.0	0.0	20.0	10.2	79.1	761.0	344.0		100	79.1	8269		1710.0	4000	2471.0	4367	5136	2310	412	7034	4007
6	C	43.5	39.0	190.0	0.0	20.0	10.2	81.5	781.0	354.2		100	81.5	8653		1710.0	4000	2491.0	4402	5375	2329	421	7283	4183
6	C	44.5	40.0	190.0	0.0	20.0	10.2	83.8	801.0	364.4		100	83.8	9048		1710.0	4000	2511.0	4437	5620	2348	430	7538	4364
6	C	45.5	41.0	190.0	0.0	20.0	10.2	86.2	821.0	374.6		100	86.2	9454		1710.0	4000	2531.0	4473	5872	2366	439	7800	4549
6	C	46.5	42.0	190.0	0.0	20.0	10.2	88.5	841.0	384.8		100	88.5	9871		1710.0	4000	2551.0	4508	6131	2385	447	8069	4739
6	C	47.5	43.0	190.0	0.0	20.0	10.2	90.8	861.0	395.0		100	90.8	10299		1710.0	4000	2571.0	4543	6397	2404	456	8345	4934
6	C	48.5	44.0	190.0	0.0	20.0	10.2	93.2	881.0	405.2		100	93.2	10738		1710.0	4000	2591.0	4579	6670	2423	465	8627	5134
6	C	49.5	45.0	190.0	0.0	20.0	10.2	95.5	901.0	415.4		100	95.5	11189		1710.0	4000	2611.0	4614	6949	2441	474	8917	5339

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P20÷P22 - GR.5 - SCALZ. H=5.5m
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILE P20÷P22 - SCALZ	44.0	6670	2423	8627	6533	76%	5134	0	0%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{cd,gr} = n_{pali} \times \eta \times R_{cd}$$

in cui:

n_{pali}:

η

R_{cd} è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η (Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione) Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:
 i interasse tra i pali
 d diametro dei pali
 m numero di file
 n numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	n _{pali}	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILE P20÷P22 - SCALZ	1.50	4.50	9	3	3	0.73	56440	45540	81%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA OPERA: VI01 ALLINEAMENTI: PILE - P23+P32 - GR.6
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)media / ξ3; (Rbc,cal)min / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)media / ξ3; (Rsc,cal)min / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γb	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γcls - γnat) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c<>0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev(*):
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x αN con:
 αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.2 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-gliaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σvi	
Tensione totale in testa palo			47.5
Tensione efficace in testa palo		σ'v	23.0

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

Unità		COMBINAZIONE M1															
n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	5-AL	0.0	5.0	C	100.0		1.00	1.00	100.0	0.0	19.0		100			4000	
2	5-AL	5.0	17.5	C			1.00	1.00	0.0	0.0	19.0		100			4000	
3	5-S	17.5	19.0	SL		30.0	1.00	1.00	0.0	30.0	19.0	27	81	85	2295	2295	27
4	7-GS	19.0	38.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.0	50	150	120	6000	5800	50
5	9-AL	38.0	50.0	C	190.0		1.00	1.00	190.0	0.0	20.0		100			4000	
6																	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P23+P32 - GR.6
 MEDI

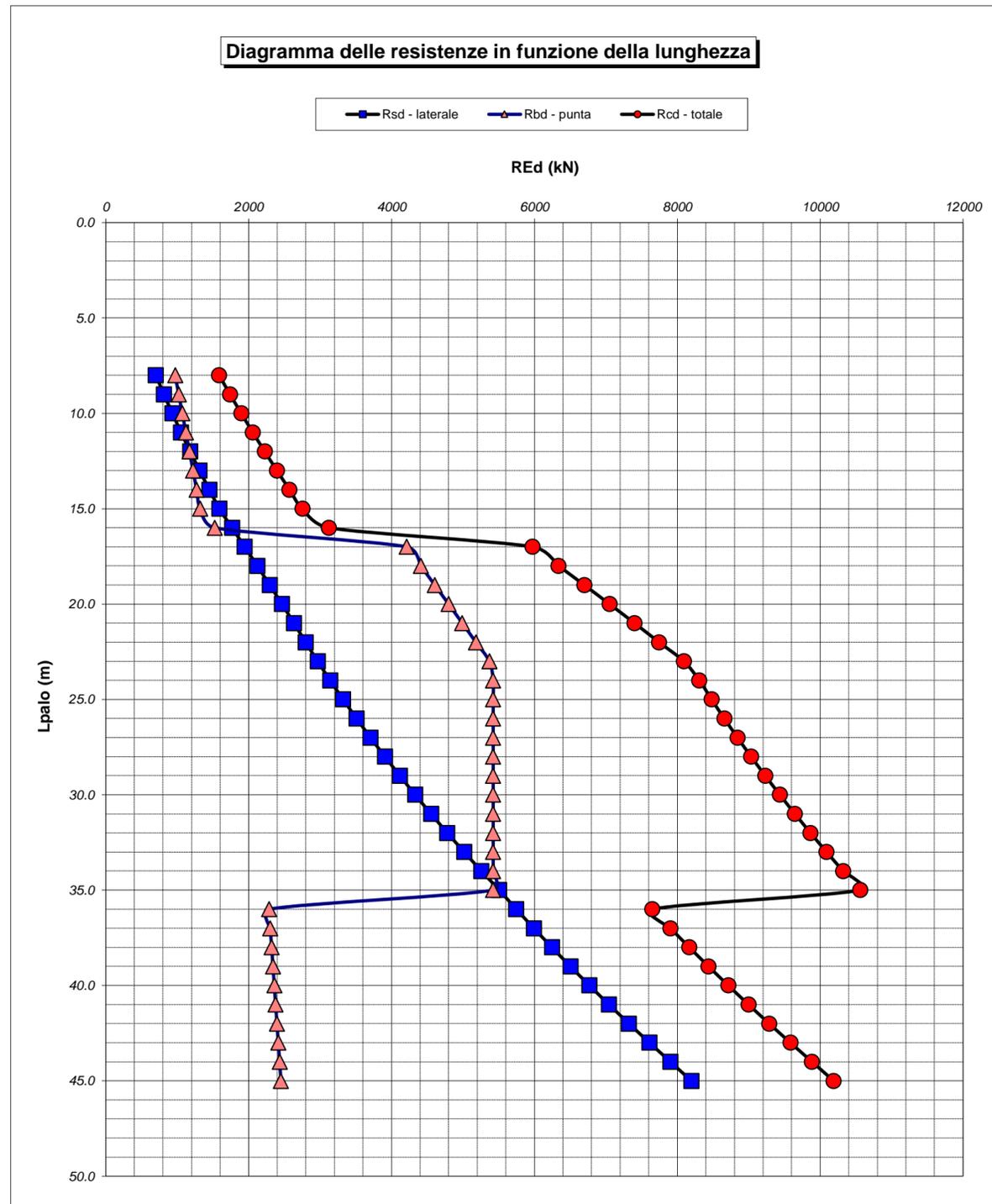
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σ'v kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	2.5	0.0			19.0	9.2		47.5	23.0												0		
1	C	3.5	1.0	100.0	0.0	19.0	9.2	17.7	66.5	32.2		100	17.7	83		900.0	4000	966.5	1708	52	904	11	945	47
1	C	4.5	2.0	100.0	0.0	19.0	9.2	22.7	85.5	41.4		100	22.7	191		900.0	4000	985.5	1742	118	921	21	1019	104
2	C	5.5	3.0	73.9	0.0	19.0	9.2	27.8	104.5	50.5		100	27.8	322		664.9	4000	769.4	1360	200	719	32	887	172
2	C	6.5	4.0	77.7	0.0	19.0	9.2	31.1	123.5	59.7		100	31.1	468		699.5	4000	823.0	1454	291	770	42	1018	246
2	C	7.5	5.0	81.6	0.0	19.0	9.2	32.6	142.5	68.9		100	32.6	622		734.2	4000	876.7	1549	386	820	53	1153	323
2	C	8.5	6.0	85.4	0.0	19.0	9.2	34.2	161.5	78.1		100	34.2	783		768.8	4000	930.3	1644	486	870	64	1292	404
2	C	9.5	7.0	89.3	0.0	19.0	9.2	35.7	180.5	87.3		100	35.7	951		803.5	4000	984.0	1739	591	920	74	1437	488
2	C	10.5	8.0	93.1	0.0	19.0	9.2	37.3	199.5	96.5		100	37.3	1127		838.1	4000	1037.6	1834	700	970	85	1585	575
2	C	11.5	9.0	97.0	0.0	19.0	9.2	38.8	218.5	105.7		100	38.8	1309		872.8	4000	1091.3	1928	813	1020	95	1738	665
2	C	12.5	10.0	100.8	0.0	19.0	9.2	40.3	237.5	114.9		100	40.3	1500		907.4	4000	1144.9	2023	931	1071	106	1896	758
2	C	13.5	11.0	104.7	0.0	19.0	9.2	41.9	256.5	124.1		100	41.9	1697		942.1	4000	1198.6	2118	1054	1121	117	2058	854
2	C	14.5	12.0	108.5	0.0	19.0	9.2	43.4	275.5	133.3		100	43.4	1901		976.7	4000	1252.2	2213	1181	1171	127	2225	954
2	C	15.5	13.0	112.4	0.0	19.0	9.2	45.0	294.5	142.4		100	45.0	2113		1011.4	4000	1305.9	2308	1313	1221	138	2396	1057
2	C	16.5	14.0	116.2	0.0	19.0	9.2	46.5	313.5	151.6		100	46.5	2332		1046.0	4000	1359.5	2402	1449	1271	148	2571	1162
2	C	17.5	15.0	120.1	0.0	19.0	9.2	48.0	332.5	160.8		100	48.0	2559		1080.7	4000	1413.2	2497	1589	1321	159	2751	1271
3	SL	18.5	16.0	0.0	30.0	19.0	9.2	0.0	351.5	170.0	0.367	81	60.8	2845	9.6		2295	1631.3	2883	1767	1525	170	3123	1407
4	S	19.5	17.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	370.5	179.2	0.347	150	60.6	3130	25.1		5800	4503.9	7959	1944	4211	180	5975	1541
4	S	20.5	18.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	389.5	188.4	0.327	150	60.1	3414	25.0		5800	4715.1	8332	2120	4409	191	6338	1675
4	S	21.5	19.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	408.5	197.6	0.308	150	59.4	3694	24.9		5800	4924.3	8702	2294	4604	201	6697	1807
4	S	22.5	20.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	427.5	206.8	0.289	150	58.5	3970	24.8		5800	5131.6	9068	2466	4798	212	7052	1938
4	S	23.5	21.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	446.5	216.0	0.271	150	57.4	4240	24.7		5800	5337.0	9431	2634	4990	223	7401	2066
4	S	24.5	22.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	465.5	225.2	0.254	150	56.0	4504	24.6		5800	5540.5	9791	2797	5180	233	7745	2191
4	S	25.5	23.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	484.5	234.3	0.250	150	57.4	4774	24.5		5800	5742.0	10147	2966	5369	244	8090	2320
4	S	26.5	24.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	503.5	243.5	0.250	150	59.7	5056	24.4		5800	5800.0	10249	3140	5423	254	8309	2453
4	S	27.5	25.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	522.5	252.7	0.250	150	62.0	5348	24.3		5800	5800.0	10249	3322	5423	265	8480	2590
4	S	28.5	26.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	541.5	261.9	0.250	150	64.3	5651	24.2		5800	5800.0	10249	3510	5423	276	8658	2733
4	S	29.5	27.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	560.5	271.1	0.250	150	66.6	5965	24.1		5800	5800.0	10249	3705	5423	286	8842	2880
4	S	30.5	28.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	579.5	280.3	0.250	150	68.9	6290	24.0		5800	5800.0	10249	3907	5423	297	9033	3032
4	S	31.5	29.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	598.5	289.5	0.250	150	71.2	6626	23.9		5800	5800.0	10249	4115	5423	307	9231	3188
4	S	32.5	30.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	617.5	298.7	0.250	150	73.5	6972	23.8		5800	5800.0	10249	4331	5423	318	9436	3350
4	S	33.5	31.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	636.5	307.9	0.250	150	75.8	7330	23.7		5800	5800.0	10249	4553	5423	329	9647	3515
4	S	34.5	32.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	655.5	317.1	0.250	150	78.1	7698	23.6		5800	5800.0	10249	4781	5423	339	9865	3686
4	S	35.5	33.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	674.5	326.2	0.250	150	80.4	8077	23.5		5800	5800.0	10249	5017	5423	350	10090	3861
4	S	36.5	34.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	693.5	335.4	0.250	150	82.7	8466	23.3		5800	5800.0	10249	5259	5423	360	10321	4042
4	S	37.5	35.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	712.5	344.6	0.250	150	85.0	8867	23.2		5800	5800.0	10249	5507	5423	371	10559	4226
5	C	38.5	36.0	190.0	0.0	20.0	10.2	81.6	732.5	354.8		100	81.6	9252		1710.0	4000	2442.5	4316	5746	2284	380	7650	4402
5	C	39.5	37.0	190.0	0.0	20.0	10.2	84.0	752.5	365.0		100	84.0	9647		1710.0	4000	2462.5	4352	5992	2302	389	7906	4583
5	C	40.5	38.0	190.0	0.0	20.0	10.2	86.3	772.5	375.2		100	86.3	10054		1710.0	4000	2482.5	4387	6245	2321	398	8168	4769
5	C	41.5	39.0	190.0	0.0	20.0	10.2	88.6	792.5	385.4		100	88.6	10472		1710.0	4000	2502.5	4422	6504	2340	406	8437	4959
5	C	42.5	40.0	190.0	0.0	20.0	10.2	91.0	812.5	395.6		100	91.0	10900		1710.0	4000	2522.5	4458	6770	2359	415	8714	5155
5	C	43.5	41.0	190.0	0.0	20.0	10.2	93.3	832.5	405.8		100	93.3	11340		1710.0	4000	2542.5	4493	7044	2377	424	8997	5355
5	C	44.5	42.0	190.0	0.0	20.0	10.2	95.7	852.5	416.0		100	95.7	11791		1710.0	4000	2562.5	4528	7324	2396	433	9287	5559
5	C	45.5	43.0	190.0	0.0	20.0	10.2	98.0	872.5	426.1		100	98.0	12253		1710.0	4000	2582.5	4564	7610	2415	442	9583	5769
5	C	46.5	44.0	190.0	0.0	20.0	10.2	100.4	892.5	436.3		100	100.0	12724		1710.0	4000	2602.5	4599	7903	2433	451	9886	5983
5	C	47.5	45.0	190.0	0.0	20.0	10.2	102.7	912.5	446.5		100	100.0	13195		1710.0	4000	2622.5	4634	8196	2452	459	10188	6197

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P23÷P32 - GR.6
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILE P23÷P32	28.0	3907	5423	9033	8207	91%	3032	1952	64%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η (Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione) Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:
 i interasse tra i pali
 d diametro dei pali
 m numero di file
 n numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILE P23÷P32	1.50	4.50	9	3	3	0.73	59095	45540	77%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01** **ALLINEAMENTI: PILE - P23+P32 - GR.6 - SCALZ. H=5.5m**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ3; (Rsc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ _R	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ _b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ _s	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ _{st}	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni granulari (c' = 0, φ' <= 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*):
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa

Terreni coesivi (c <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.2 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	4.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σvi	44.1
Tensione efficace in testa palo	kPa	σ'vi	0.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

COMBINAZIONE M1

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	TRATTO SCALZATO	0.0	5.0	C	0.0		1.00	1.00	0.0	0.0	9.8		100			4000	
2	5-AL	0.0	7.0	C	100.0		1.00	1.00	100.0	0.0	19.0		100			4000	
3	5-AL	7.0	19.5	C			1.00	1.00	0.0	0.0	19.0		100			4000	
4	5-S	19.5	21.0	SL		30.0	1.00	1.00	0.0	30.0	19.0	27	81	85	2295	2295	27
5	7-GS	21.0	40.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.0	50	150	120	6000	5800	50
6	9-AL	40.0	50.0	C	190.0		1.00	1.00	190.0	0.0	20.0		100			4000	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P23+P32 - GR.6 - SCALZ. H=5.5m
 MEDI

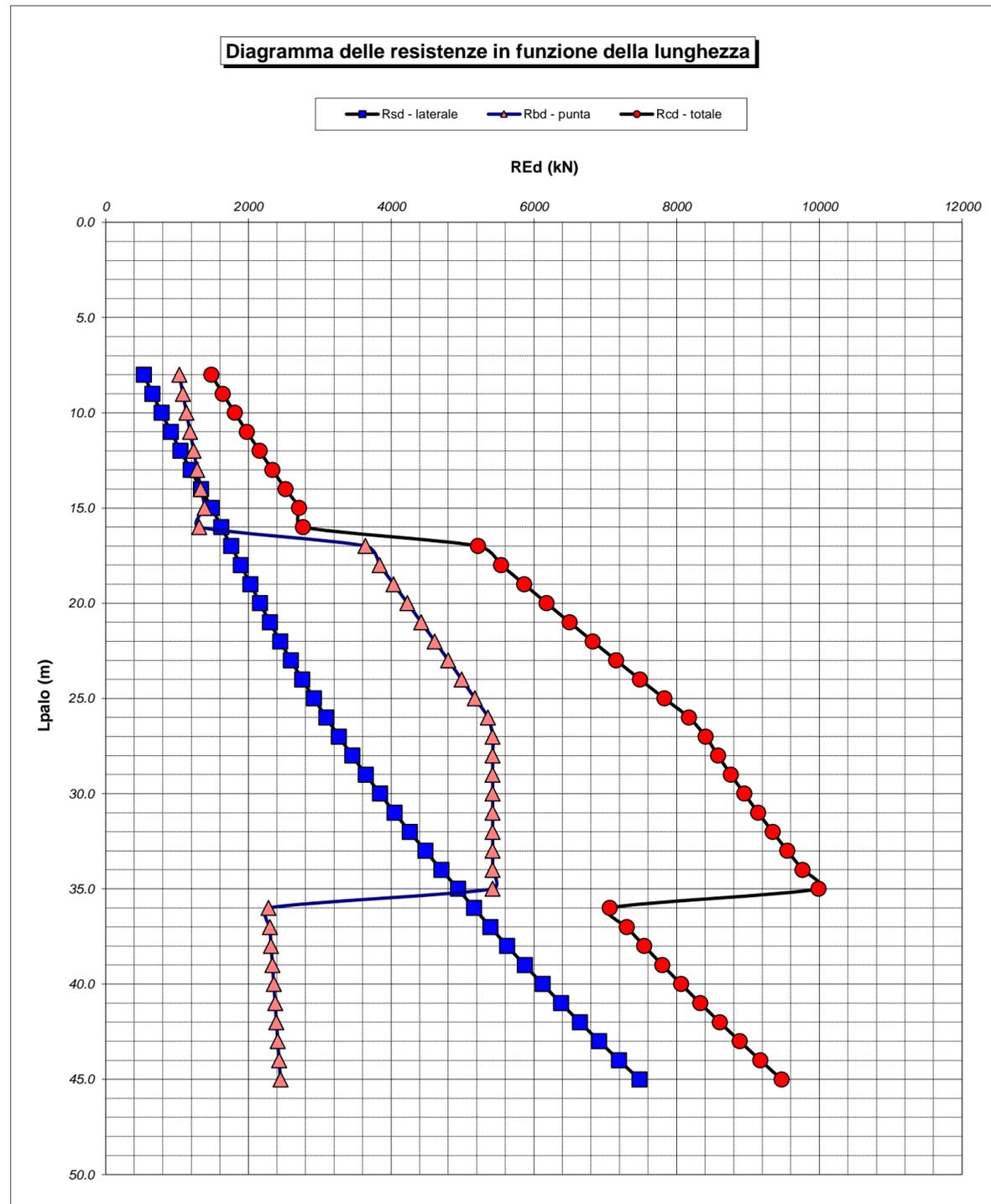
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	4.5	0.0			9.8	0.0		44.1	0.0											0			
2	C	5.5	1.0	100.0	0.0	19.0	9.2	5.1	63.1	9.2		100	5.1	24		900.0	4000	963.1	1702	15	901	11	905	21
2	C	6.5	2.0	100.0	0.0	19.0	9.2	10.1	82.1	18.4		100	10.1	71		900.0	4000	982.1	1736	44	918	21	941	52
3	C	7.5	3.0	81.6	0.0	19.0	9.2	15.2	101.1	27.6		100	15.2	143		734.2	4000	835.3	1476	89	781	32	838	94
3	C	8.5	4.0	85.4	0.0	19.0	9.2	20.2	120.1	36.8		100	20.2	238		768.8	4000	889.0	1571	148	831	42	937	146
3	C	9.5	5.0	89.3	0.0	19.0	9.2	25.3	139.1	46.0		100	25.3	357		803.5	4000	942.6	1666	222	881	53	1050	208
3	C	10.5	6.0	93.1	0.0	19.0	9.2	30.3	158.1	55.1		100	30.3	500		838.1	4000	996.3	1761	311	932	64	1179	281
3	C	11.5	7.0	97.0	0.0	19.0	9.2	35.4	177.1	64.3		100	35.4	667		872.8	4000	1049.9	1855	414	982	74	1322	364
3	C	12.5	8.0	100.8	0.0	19.0	9.2	40.3	196.1	73.5		100	40.3	857		907.4	4000	1103.6	1950	532	1032	85	1479	457
3	C	13.5	9.0	104.7	0.0	19.0	9.2	41.9	215.1	82.7		100	41.9	1054		942.1	4000	1157.2	2045	655	1082	95	1641	554
3	C	14.5	10.0	108.5	0.0	19.0	9.2	43.4	234.1	91.9		100	43.4	1259		976.7	4000	1210.9	2140	782	1132	106	1808	653
3	C	15.5	11.0	112.4	0.0	19.0	9.2	45.0	253.1	101.1		100	45.0	1471		1011.4	4000	1264.5	2235	913	1182	117	1979	756
3	C	16.5	12.0	116.2	0.0	19.0	9.2	46.5	272.1	110.3		100	46.5	1690		1046.0	4000	1318.2	2329	1050	1232	127	2155	862
3	C	17.5	13.0	120.1	0.0	19.0	9.2	48.0	291.1	119.5		100	48.0	1916		1080.7	4000	1371.8	2424	1190	1283	138	2335	971
3	C	18.5	14.0	123.9	0.0	19.0	9.2	49.6	310.1	128.7		100	49.6	2150		1115.3	4000	1425.5	2519	1335	1333	148	2520	1083
3	C	19.5	15.0	127.8	0.0	19.0	9.2	51.1	329.1	137.9		100	51.1	2391		1150.0	4000	1479.1	2614	1485	1383	159	2709	1198
4	SL	20.5	16.0	0.0	30.0	19.0	9.2	0.0	348.1	147.0	0.327	81	46.6	2610	9.5		2295	1401.4	2476	1621	1310	170	2762	1304
5	S	21.5	17.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	367.1	156.2	0.308	150	46.7	2830	24.9		5800	3893.6	6881	1758	3641	180	5218	1411
5	S	22.5	18.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	386.1	165.4	0.289	150	46.5	3050	24.8		5800	4105.3	7255	1894	3838	191	5542	1517
5	S	23.5	19.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	405.1	174.6	0.271	150	46.1	3267	24.7		5800	4315.0	7625	2029	4035	201	5862	1622
5	S	24.5	20.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	424.1	183.8	0.254	150	45.5	3481	24.6		5800	4522.9	7993	2162	4229	212	6179	1726
5	S	25.5	21.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	443.1	193.0	0.250	150	47.1	3703	24.5		5800	4728.7	8356	2300	4421	223	6499	1833
5	S	26.5	22.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	462.1	202.2	0.250	150	49.4	3936	24.4		5800	4932.7	8717	2445	4612	233	6824	1945
5	S	27.5	23.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	481.1	211.4	0.250	150	51.7	4180	24.3		5800	5134.7	9074	2596	4801	244	7153	2061
5	S	28.5	24.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	500.1	220.6	0.250	150	54.0	4434	24.2		5800	5334.8	9427	2754	4988	254	7488	2182
5	S	29.5	25.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	519.1	229.8	0.250	150	56.3	4699	24.1		5800	5533.0	9778	2919	5173	265	7827	2308
5	S	30.5	26.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	538.1	238.9	0.250	150	58.6	4975	24.0		5800	5729.2	10124	3090	5357	276	8171	2439
5	S	31.5	27.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	557.1	248.1	0.250	150	60.9	5262	23.9		5800	5800.0	10249	3269	5423	286	8405	2574
5	S	32.5	28.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	576.1	257.3	0.250	150	63.2	5560	23.8		5800	5800.0	10249	3453	5423	297	8580	2714
5	S	33.5	29.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	595.1	266.5	0.250	150	65.5	5869	23.7		5800	5800.0	10249	3645	5423	307	8761	2859
5	S	34.5	30.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	614.1	275.7	0.250	150	67.8	6188	23.6		5800	5800.0	10249	3844	5423	318	8948	3009
5	S	35.5	31.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	633.1	284.9	0.250	150	70.1	6518	23.5		5800	5800.0	10249	4049	5423	329	9143	3163
5	S	36.5	32.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	652.1	294.1	0.250	150	72.4	6859	23.3		5800	5800.0	10249	4260	5423	339	9344	3322
5	S	37.5	33.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	671.1	303.3	0.250	150	74.7	7211	23.2		5800	5800.0	10249	4479	5423	350	9552	3485
5	S	38.5	34.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	690.1	312.5	0.250	150	77.0	7574	23.1		5800	5800.0	10249	4704	5423	360	9767	3653
5	S	39.5	35.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	709.1	321.7	0.250	150	79.3	7947	23.0		5800	5800.0	10249	4936	5423	371	9988	3826
6	C	40.5	36.0	190.0	0.0	20.0	10.2	76.3	729.1	331.8		100	76.3	8307		1710.0	4000	2439.1	4310	5160	2281	380	7060	3992
6	C	41.5	37.0	190.0	0.0	20.0	10.2	78.7	749.1	342.0		100	78.7	8678		1710.0	4000	2459.1	4346	5390	2299	389	7300	4162
6	C	42.5	38.0	190.0	0.0	20.0	10.2	81.0	769.1	352.2		100	81.0	9060		1710.0	4000	2479.1	4381	5627	2318	398	7547	4337
6	C	43.5	39.0	190.0	0.0	20.0	10.2	83.4	789.1	362.4		100	83.4	9452		1710.0	4000	2499.1	4416	5871	2337	406	7801	4516
6	C	44.5	40.0	190.0	0.0	20.0	10.2	85.7	809.1	372.6		100	85.7	9856		1710.0	4000	2519.1	4452	6122	2355	415	8062	4701
6	C	45.5	41.0	190.0	0.0	20.0	10.2	88.0	829.1	382.8		100	88.0	10271		1710.0	4000	2539.1	4487	6380	2374	424	8330	4890
6	C	46.5	42.0	190.0	0.0	20.0	10.2	90.4	849.1	393.0		100	90.4	10697		1710.0	4000	2559.1	4522	6644	2393	433	8604	5084
6	C	47.5	43.0	190.0	0.0	20.0	10.2	92.7	869.1	403.2		100	92.7	11134		1710.0	4000	2579.1	4558	6915	2411	442	8885	5283
6	C	48.5	44.0	190.0	0.0	20.0	10.2	95.1	889.1	413.4		100	95.1	11582		1710.0	4000	2599.1	4593	7194	2430	451	9173	5486
6	C	49.5	45.0	190.0	0.0	20.0	10.2	97.4	909.1	423.6		100	97.4	12041		1710.0	4000	2619.1	4628	7479	2449	459	9468	5695

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P23÷P32 - GR.6 - SCALZ. H=5.5m
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILE P23÷P32 - SCALZ	28.0	3453	5423	8580	6533	76%	2714	0	0%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali
 diametro dei pali
 numero di file
 numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILE P23÷P32 - SCALZ	1.50	4.50	9	3	3	0.73	56128	45540	81%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01** **ALLINEAMENTI: PILE - P33+P46 - GR.7**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)media / ξ3; (Rbc,cal)min / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)media / ξ3; (Rsc,cal)min / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γb	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γcls - γnat) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni granulari (c' = 0, φ' <= 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*):
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x αN con:
 αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.2 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

Terreni coesivi (c<>0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σvi	
Tensione totale in testa palo			47.5
Tensione efficace in testa palo		σ'v	23.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

COMBINAZIONE M1

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	5-AL	0.0	2.0	C	125.0		1.00	1.00	125.0	0.0	19.0		100			4000	
2	7-GS	2.0	36.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.0	50	150	120	6000	5800	50
3	9-AL	36.0	50.0	C	190.0		1.00	1.00	190.0	0.0	20.0		100			4000	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P33+P46 - GR.7
MEDI

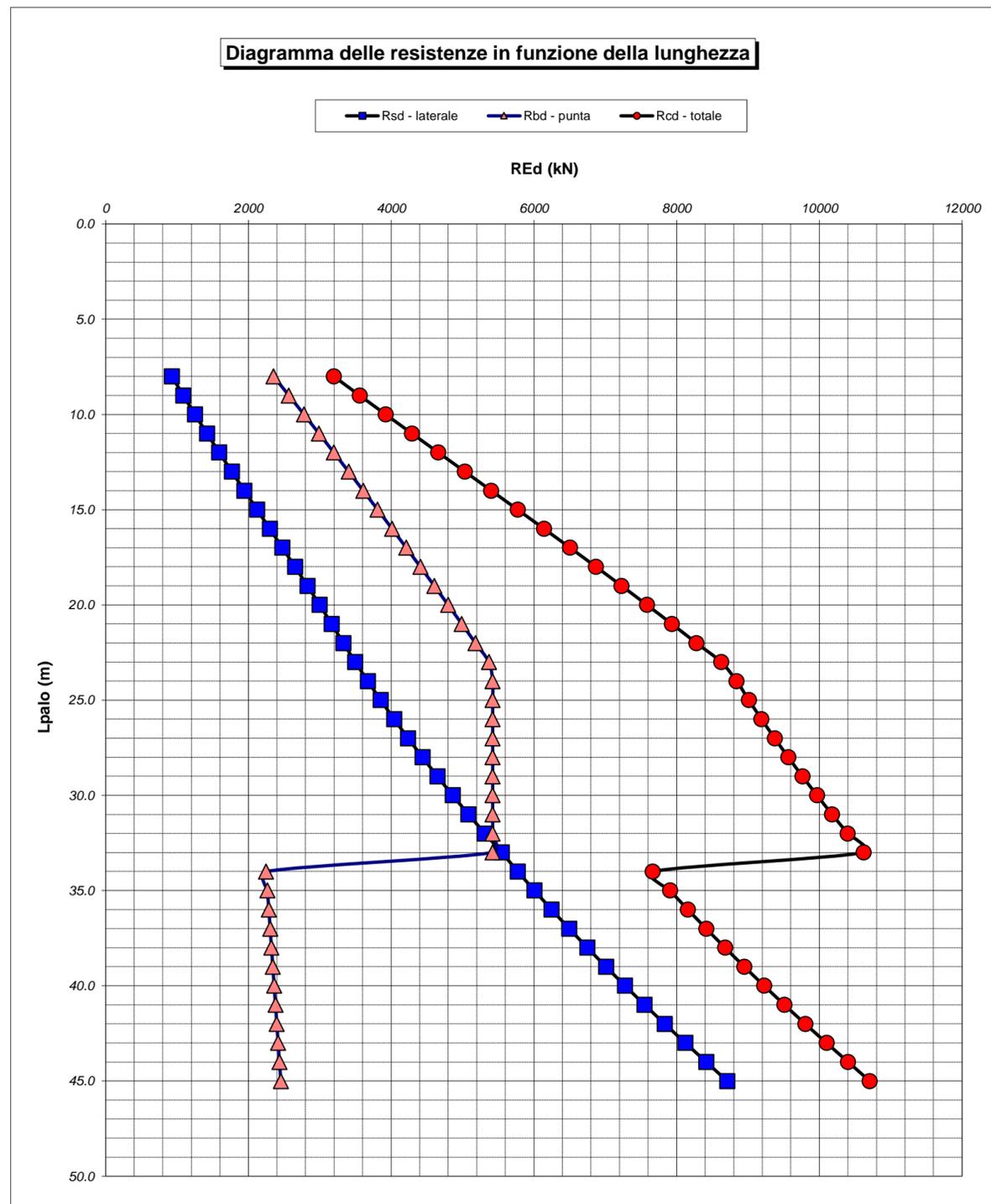
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σ'v kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
2	S	2.5	0.0			19.0	9.2		47.5	23.0												0		
2	S	3.5	1.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	66.5	32.2	0.857	150	23.6	111	26.8		5800	862.4	1524	69	806	11	865	59
2	S	4.5	2.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	85.5	41.4	0.800	150	29.4	250	26.7		5800	1104.5	1952	155	1033	21	1167	130
2	S	5.5	3.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	104.5	50.5	0.750	150	34.5	412	26.6		5800	1344.6	2376	256	1257	32	1481	211
2	S	6.5	4.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	123.5	59.7	0.706	150	38.9	596	26.5		5800	1582.8	2797	370	1480	42	1808	301
2	S	7.5	5.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	142.5	68.9	0.667	150	42.9	798	26.4		5800	1819.1	3215	496	1701	53	2143	400
2	S	8.5	6.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	161.5	78.1	0.631	150	46.4	1016	26.3		5800	2053.4	3629	631	1920	64	2488	506
2	S	9.5	7.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	180.5	87.3	0.597	150	49.4	1249	26.2		5800	2285.9	4039	776	2137	74	2839	617
2	S	10.5	8.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	199.5	96.5	0.566	150	52.0	1494	26.1		5800	2516.3	4447	928	2353	85	3196	734
2	S	11.5	9.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	218.5	105.7	0.536	150	54.2	1750	26.0		5800	2744.9	4851	1087	2566	95	3558	856
2	S	12.5	10.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	237.5	114.9	0.509	150	56.1	2014	25.9		5800	2971.5	5251	1251	2778	106	3923	982
2	S	13.5	11.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	256.5	124.1	0.482	150	57.6	2286	25.8		5800	3196.2	5648	1420	2988	117	4291	1110
2	S	14.5	12.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	275.5	133.3	0.457	150	58.9	2563	25.7		5800	3419.0	6042	1592	3197	127	4661	1242
2	S	15.5	13.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	294.5	142.4	0.433	150	59.8	2845	25.6		5800	3639.8	6432	1767	3403	138	5032	1375
2	S	16.5	14.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	313.5	151.6	0.411	150	60.4	3129	25.4		5800	3858.7	6819	1944	3608	148	5403	1509
2	S	17.5	15.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	332.5	160.8	0.389	150	60.7	3415	25.3		5800	4075.7	7202	2121	3811	159	5773	1644
2	S	18.5	16.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	351.5	170.0	0.367	150	60.8	3701	25.2		5800	4290.8	7582	2299	4012	170	6141	1779
2	S	19.5	17.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	370.5	179.2	0.347	150	60.6	3987	25.1		5800	4503.9	7959	2476	4211	180	6507	1914
2	S	20.5	18.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	389.5	188.4	0.327	150	60.1	4270	25.0		5800	4715.1	8332	2652	4409	191	6870	2048
2	S	21.5	19.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	408.5	197.6	0.308	150	59.4	4550	24.9		5800	4924.3	8702	2826	4604	201	7229	2180
2	S	22.5	20.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	427.5	206.8	0.289	150	58.5	4826	24.8		5800	5131.6	9068	2998	4798	212	7584	2310
2	S	23.5	21.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	446.5	216.0	0.271	150	57.4	5096	24.7		5800	5337.0	9431	3166	4990	223	7933	2439
2	S	24.5	22.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	465.5	225.2	0.254	150	56.0	5360	24.6		5800	5540.5	9791	3329	5180	233	8276	2564
2	S	25.5	23.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	484.5	234.3	0.250	150	57.4	5631	24.5		5800	5742.0	10147	3498	5369	244	8622	2692
2	S	26.5	24.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	503.5	243.5	0.250	150	59.7	5912	24.4		5800	5800.0	10249	3672	5423	254	8841	2825
2	S	27.5	25.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	522.5	252.7	0.250	150	62.0	6205	24.3		5800	5800.0	10249	3854	5423	265	9012	2963
2	S	28.5	26.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	541.5	261.9	0.250	150	64.3	6508	24.2		5800	5800.0	10249	4042	5423	276	9190	3105
2	S	29.5	27.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	560.5	271.1	0.250	150	66.6	6822	24.1		5800	5800.0	10249	4237	5423	286	9374	3252
2	S	30.5	28.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	579.5	280.3	0.250	150	68.9	7147	24.0		5800	5800.0	10249	4439	5423	297	9565	3404
2	S	31.5	29.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	598.5	289.5	0.250	150	71.2	7482	23.9		5800	5800.0	10249	4647	5423	307	9763	3561
2	S	32.5	30.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	617.5	298.7	0.250	150	73.5	7829	23.8		5800	5800.0	10249	4863	5423	318	9968	3722
2	S	33.5	31.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	636.5	307.9	0.250	150	75.8	8186	23.7		5800	5800.0	10249	5085	5423	329	10179	3888
2	S	34.5	32.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	655.5	317.1	0.250	150	78.1	8554	23.6		5800	5800.0	10249	5313	5423	339	10397	4059
2	S	35.5	33.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	674.5	326.2	0.250	150	80.4	8933	23.5		5800	5800.0	10249	5549	5423	350	10622	4234
3	C	36.5	34.0	190.0	0.0	20.0	10.2	77.4	694.5	336.4		100	77.4	9298		1710.0	4000	2404.5	4249	5775	2248	359	7664	4401
3	C	37.5	35.0	190.0	0.0	20.0	10.2	79.7	714.5	346.6		100	79.7	9673		1710.0	4000	2424.5	4284	6008	2267	368	7908	4573
3	C	38.5	36.0	190.0	0.0	20.0	10.2	82.1	734.5	356.8		100	82.1	10060		1710.0	4000	2444.5	4320	6249	2286	376	8158	4750
3	C	39.5	37.0	190.0	0.0	20.0	10.2	84.4	754.5	367.0		100	84.4	10458		1710.0	4000	2464.5	4355	6496	2304	385	8415	4932
3	C	40.5	38.0	190.0	0.0	20.0	10.2	86.8	774.5	377.2		100	86.8	10867		1710.0	4000	2484.5	4390	6750	2323	394	8679	5119
3	C	41.5	39.0	190.0	0.0	20.0	10.2	89.1	794.5	387.4		100	89.1	11287		1710.0	4000	2504.5	4426	7010	2342	403	8949	5310
3	C	42.5	40.0	190.0	0.0	20.0	10.2	91.4	814.5	397.6		100	91.4	11718		1710.0	4000	2524.5	4461	7278	2360	412	9227	5506
3	C	43.5	41.0	190.0	0.0	20.0	10.2	93.8	834.5	407.8		100	93.8	12160		1710.0	4000	2544.5	4497	7553	2379	421	9511	5707
3	C	44.5	42.0	190.0	0.0	20.0	10.2	96.1	854.5	418.0		100	96.1	12613		1710.0	4000	2564.5	4532	7834	2398	429	9802	5913
3	C	45.5	43.0	190.0	0.0	20.0	10.2	98.5	874.5	428.1		100	98.5	13077		1710.0	4000	2584.5	4567	8122	2417	438	10100	6124
3	C	46.5	44.0	190.0	0.0	20.0	10.2	100.8	894.5	438.3		100	100.0	13548		1710.0	4000	2604.5	4603	8415	2435	447	10403	6337
3	C	47.5	45.0	190.0	0.0	20.0	10.2	103.2	914.5	448.5		100	100.0	14019		1710.0	4000	2624.5	4638	8707	2454	456	10705	6551

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P33÷P46 - GR.7
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILE P33÷P46	28.0	4439	5423	9565	8543	89%	3404	2257	66%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd

è il numero complessivo di pali presenti nella palificata

efficienza della palificata

L'efficienza della η Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILE P33÷P46	1.50	4.50	9	3	3	0.73	62575	45720	73%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA OPERA: VI01 ALLINEAMENTI: PILE - P33+P46 - GR.7 - SCALZ. H=6.5m
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)media / ξ3; (Rbc,cal)min / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)media / ξ3; (Rsc,cal)min / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γb	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γcls - γnat) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c<>0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*):
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x αN con:
 αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.2 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	4.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σvi	44.1
Tensione efficace in testa palo	kPa	σ'vi	0.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

COMBINAZIONE M1

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	TRATTO SCALZATO	0.0	6.5	C	0.0		1.00	1.00	0.0	0.0	9.8		100			4000	
2	7-GS	6.5	38.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.0	50	150	120	6000	5800	50
3	9-AL	38.0	50.0	C	190.0		1.00	1.00	190.0	0.0	20.0		100			4000	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P33+P46 - GR.7 - SCALZ. H=6.5m
 MEDI

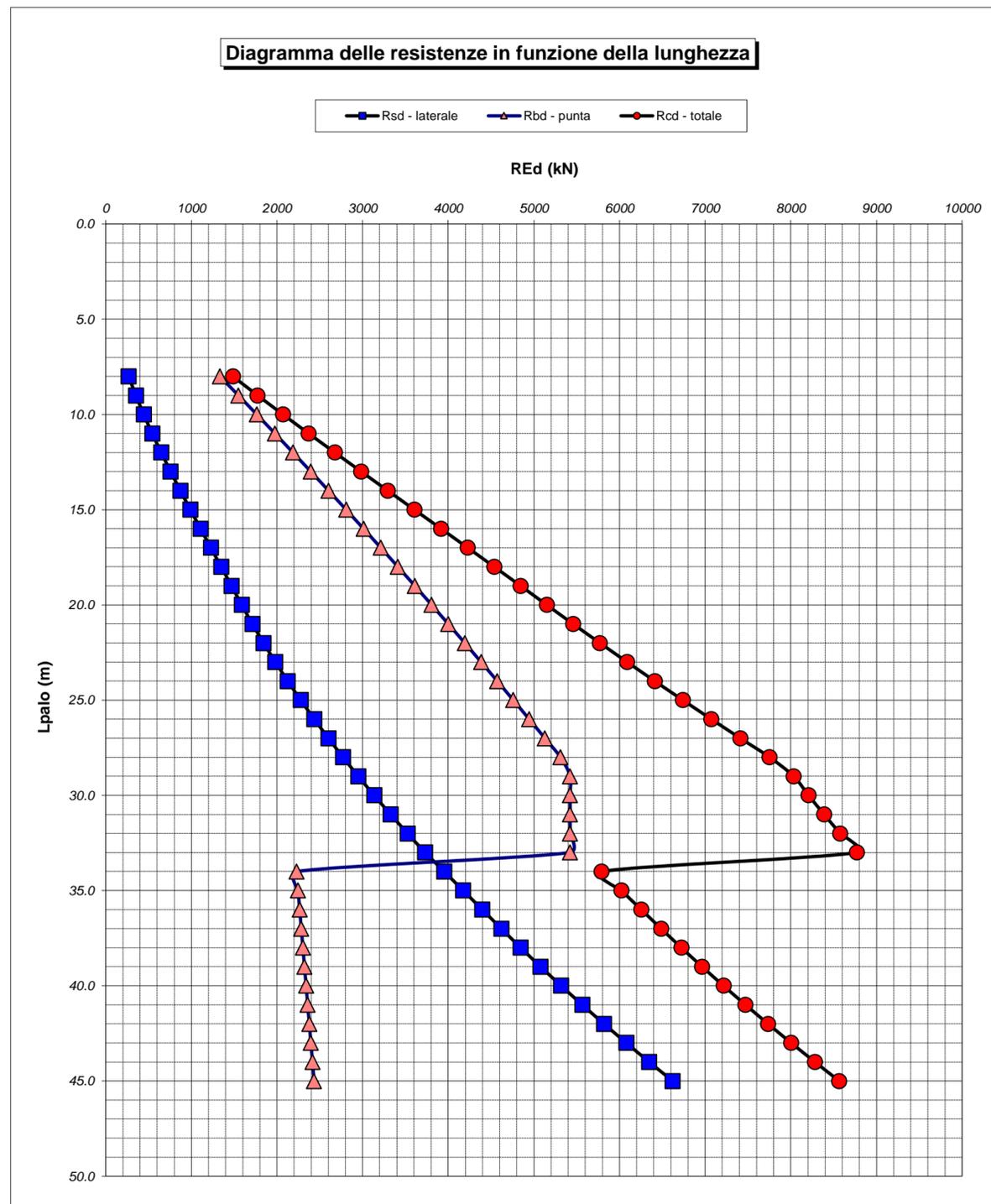
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	4.5	0.0			9.8	0.0		44.1	0.0												0		
1	C	5.5	1.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	54.0	0.0		100	0.0	0		0.0	4000	54.0	95	0	50	27	24	27
1	C	6.5	2.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	63.8	0.0		100	0.0	0		0.0	4000	63.8	113	0	60	54	6	54
2	S	7.5	3.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	82.8	9.2	0.667	150	3.1	14	26.4		5800	242.5	429	9	227	64	171	71
2	S	8.5	4.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	101.8	18.4	0.631	150	8.7	55	26.3		5800	483.2	854	34	452	75	411	99
2	S	9.5	5.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	120.8	27.6	0.597	150	13.7	120	26.2		5800	721.9	1276	75	675	85	664	138
2	S	10.5	6.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	139.8	36.8	0.566	150	18.2	206	26.1		5800	958.6	1694	128	896	96	928	186
2	S	11.5	7.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	158.8	46.0	0.536	150	22.2	310	26.0		5800	1193.4	2109	193	1116	107	1202	242
2	S	12.5	8.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	177.8	55.1	0.509	150	25.7	431	25.9		5800	1426.3	2521	268	1334	117	1484	305
2	S	13.5	9.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	196.8	64.3	0.482	150	28.8	567	25.8		5800	1657.3	2929	352	1550	128	1774	375
2	S	14.5	10.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	215.8	73.5	0.457	150	31.5	716	25.7		5800	1886.3	3333	445	1764	139	2070	450
2	S	15.5	11.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	234.8	82.7	0.433	150	33.9	875	25.6		5800	2113.4	3735	544	1976	149	2371	530
2	S	16.5	12.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	253.8	91.9	0.411	150	35.8	1044	25.4		5800	2338.6	4133	649	2187	160	2676	614
2	S	17.5	13.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	272.8	101.1	0.389	150	37.5	1221	25.3		5800	2561.9	4527	758	2395	170	2983	701
2	S	18.5	14.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	291.8	110.3	0.367	150	38.8	1404	25.2		5800	2783.2	4918	872	2602	181	3293	791
2	S	19.5	15.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	310.8	119.5	0.347	150	39.9	1592	25.1		5800	3002.6	5306	989	2807	192	3605	884
2	S	20.5	16.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	329.8	128.7	0.327	150	40.6	1783	25.0		5800	3220.0	5690	1107	3011	202	3916	977
2	S	21.5	17.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	348.8	137.9	0.308	150	41.0	1976	24.9		5800	3435.6	6071	1228	3212	213	4227	1072
2	S	22.5	18.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	367.8	147.0	0.289	150	41.2	2171	24.8		5800	3649.2	6449	1348	3412	223	4537	1167
2	S	23.5	19.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	386.8	156.2	0.271	150	41.2	2365	24.7		5800	3860.8	6823	1469	3610	234	4845	1262
2	S	24.5	20.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	405.8	165.4	0.254	150	40.8	2557	24.6		5800	4070.6	7193	1588	3806	245	5150	1356
2	S	25.5	21.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	424.8	174.6	0.250	150	42.5	2757	24.5		5800	4278.4	7561	1713	4000	255	5458	1454
2	S	26.5	22.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	443.8	183.8	0.250	150	44.8	2968	24.4		5800	4484.3	7924	1844	4193	266	5771	1556
2	S	27.5	23.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	462.8	193.0	0.250	150	47.1	3190	24.3		5800	4688.2	8285	1982	4383	276	6089	1663
2	S	28.5	24.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	481.8	202.2	0.250	150	49.4	3423	24.2		5800	4890.2	8642	2126	4572	287	6412	1775
2	S	29.5	25.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	500.8	211.4	0.250	150	51.7	3667	24.1		5800	5090.3	8995	2278	4759	298	6739	1892
2	S	30.5	26.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	519.8	220.6	0.250	150	54.0	3921	24.0		5800	5288.5	9346	2436	4945	308	7072	2013
2	S	31.5	27.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	538.8	229.8	0.250	150	56.3	4187	23.9		5800	5484.7	9692	2600	5128	319	7410	2139
2	S	32.5	28.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	557.8	238.9	0.250	150	58.6	4463	23.8		5800	5679.0	10036	2772	5310	329	7752	2270
2	S	33.5	29.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	576.8	248.1	0.250	150	60.9	4749	23.7		5800	5800.0	10249	2950	5423	340	8033	2405
2	S	34.5	30.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	595.8	257.3	0.250	150	63.2	5047	23.6		5800	5800.0	10249	3135	5423	351	8207	2545
2	S	35.5	31.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	614.8	266.5	0.250	150	65.5	5356	23.5		5800	5800.0	10249	3327	5423	361	8388	2690
2	S	36.5	32.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	633.8	275.7	0.250	150	67.8	5675	23.3		5800	5800.0	10249	3525	5423	372	8576	2839
2	S	37.5	33.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	652.8	284.9	0.250	150	70.1	6005	23.2		5800	5800.0	10249	3730	5423	382	8771	2993
3	C	38.5	34.0	190.0	0.0	20.0	10.2	76.0	672.8	295.1		100	76.0	6364		1710.0	4000	2382.8	4211	3953	2228	391	5789	3158
3	C	39.5	35.0	190.0	0.0	20.0	10.2	76.0	692.8	305.3		100	76.0	6722		1710.0	4000	2402.8	4246	4175	2247	400	6021	3323
3	C	40.5	36.0	190.0	0.0	20.0	10.2	76.0	712.8	315.5		100	76.0	7080		1710.0	4000	2422.8	4281	4397	2265	409	6254	3487
3	C	41.5	37.0	190.0	0.0	20.0	10.2	76.0	732.8	325.7		100	76.0	7438		1710.0	4000	2442.8	4317	4620	2284	418	6486	3652
3	C	42.5	38.0	190.0	0.0	20.0	10.2	77.2	752.8	335.8		100	77.2	7802		1710.0	4000	2462.8	4352	4846	2303	427	6722	3819
3	C	43.5	39.0	190.0	0.0	20.0	10.2	79.6	772.8	346.0		100	79.6	8177		1710.0	4000	2482.8	4387	5079	2321	435	6965	3991
3	C	44.5	40.0	190.0	0.0	20.0	10.2	81.9	792.8	356.2		100	81.9	8563		1710.0	4000	2502.8	4423	5319	2340	444	7215	4167
3	C	45.5	41.0	190.0	0.0	20.0	10.2	84.3	812.8	366.4		100	84.3	8960		1710.0	4000	2522.8	4458	5565	2359	453	7471	4349
3	C	46.5	42.0	190.0	0.0	20.0	10.2	86.6	832.8	376.6		100	86.6	9368		1710.0	4000	2542.8	4493	5819	2377	462	7734	4535
3	C	47.5	43.0	190.0	0.0	20.0	10.2	89.0	852.8	386.8		100	89.0	9788		1710.0	4000	2562.8	4529	6079	2396	471	8005	4726
3	C	48.5	44.0	190.0	0.0	20.0	10.2	91.3	872.8	397.0		100	91.3	10218		1710.0	4000	2582.8	4564	6347	2415	480	8282	4922
3	C	49.5	45.0	190.0	0.0	20.0	10.2	93.6	892.8	407.2		100	93.6	10659		1710.0	4000	2602.8	4599	6621	2434	488	8566	5123

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

PILE - P33÷P46 - GR.7 - SCALZ. H=6.5m
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
PILE P33÷P46 - SCALZ	28.0	2772	5310	7752	6622	85%	2270	0	0%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{cd,gr} = n_{pali} \times \eta \times R_{cd}$$

in cui:

n_{pali}:

η

R_{cd} è il numero complessivo di pali presenti nella palificata

efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η (Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione)

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali
 diametro dei pali
 numero di file
 numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	n _{pali}	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
PILE P33÷P46 - SCALZ	1.50	4.50	9	3	3	0.73	50716	45720	90%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01** **ALLINEAMENTI: SPALLA SPB**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)media / ξ3; (Rbc,cal)min / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,calc)media / ξ3; (Rsc,calc)min / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γb	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γcls - γnat) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c<>0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali

Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu

Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci

Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev^(*):
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)

In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x αN con:
 αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella

Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa

Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.2 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):

qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.50
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.77
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	4.71
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σvi	
Tensione totale in testa palo			47.5
Tensione efficace in testa palo		σ'v	23.0

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	0.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ	1.40

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.) **COMBINAZIONE M1**

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	5-AL	0.0	4.0	C	125.0		1.00	1.00	125.0	0.0	19.0		100			4000	
2	7-GS	4.0	38.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.0	50	150	120	6000	5800	50
3	9-AL	38.0	50.0	C	190.0		1.00	1.00	190.0	0.0	20.0		100			4000	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

SPALLA SPB
 MEDI

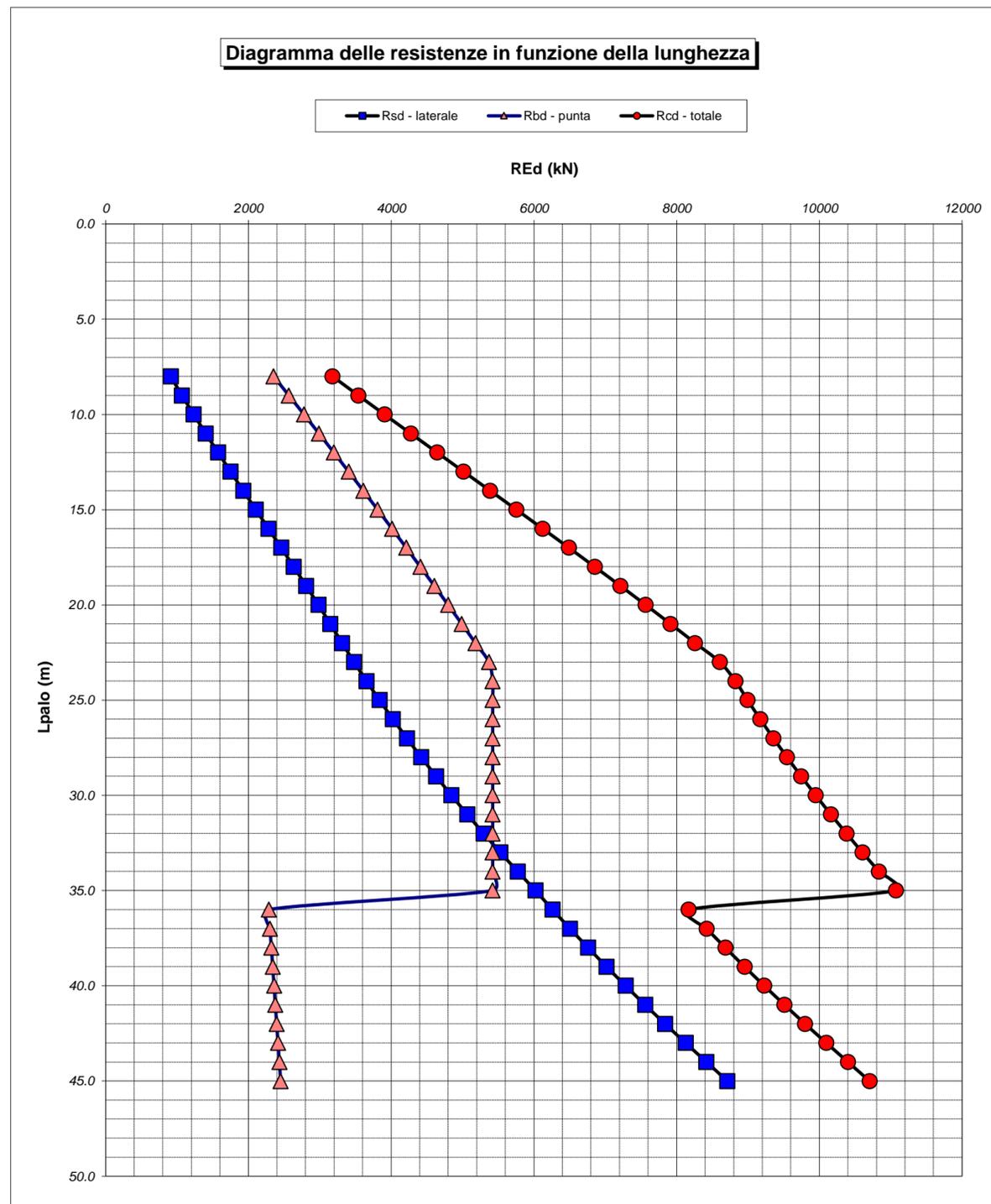
Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	σv kPa	σ'v kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9°cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	C	2.5	0.0			19.0	9.2		47.5	23.0											0			
1	C	3.5	1.0	125.0	0.0	19.0	9.2	17.7	66.5	32.2		100	17.7	83		1125.0	4000	1191.5	2106	52	1114	11	1155	47
2	S	4.5	2.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	85.5	41.4	0.800	150	29.4	222	26.7		5800	1104.5	1952	138	1033	21	1149	118
2	S	5.5	3.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	104.5	50.5	0.750	150	34.5	384	26.6		5800	1344.6	2376	239	1257	32	1464	199
2	S	6.5	4.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	123.5	59.7	0.706	150	38.9	568	26.5		5800	1582.8	2797	353	1480	42	1790	289
2	S	7.5	5.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	142.5	68.9	0.667	150	42.9	770	26.4		5800	1819.1	3215	478	1701	53	2126	388
2	S	8.5	6.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	161.5	78.1	0.631	150	46.4	988	26.3		5800	2053.4	3629	614	1920	64	2470	493
2	S	9.5	7.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	180.5	87.3	0.597	150	49.4	1221	26.2		5800	2285.9	4039	758	2137	74	2822	605
2	S	10.5	8.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	199.5	96.5	0.566	150	52.0	1466	26.1		5800	2516.3	4447	911	2353	85	3179	722
2	S	11.5	9.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	218.5	105.7	0.536	150	54.2	1722	26.0		5800	2744.9	4851	1069	2566	95	3540	844
2	S	12.5	10.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	237.5	114.9	0.509	150	56.1	1986	25.9		5800	2971.5	5251	1234	2778	106	3906	970
2	S	13.5	11.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	256.5	124.1	0.482	150	57.6	2258	25.8		5800	3196.2	5648	1402	2988	117	4274	1098
2	S	14.5	12.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	275.5	133.3	0.457	150	58.9	2535	25.7		5800	3419.0	6042	1575	3197	127	4644	1229
2	S	15.5	13.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	294.5	142.4	0.433	150	59.8	2817	25.6		5800	3639.8	6432	1749	3403	138	5015	1362
2	S	16.5	14.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	313.5	151.6	0.411	150	60.4	3101	25.4		5800	3858.7	6819	1926	3608	148	5386	1497
2	S	17.5	15.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	332.5	160.8	0.389	150	60.7	3387	25.3		5800	4075.7	7202	2104	3811	159	5756	1632
2	S	18.5	16.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	351.5	170.0	0.367	150	60.8	3674	25.2		5800	4290.8	7582	2282	4012	170	6124	1767
2	S	19.5	17.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	370.5	179.2	0.347	150	60.6	3959	25.1		5800	4503.9	7959	2459	4211	180	6490	1902
2	S	20.5	18.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	389.5	188.4	0.327	150	60.1	4242	25.0		5800	4715.1	8332	2635	4409	191	6853	2035
2	S	21.5	19.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	408.5	197.6	0.308	150	59.4	4522	24.9		5800	4924.3	8702	2809	4604	201	7212	2168
2	S	22.5	20.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	427.5	206.8	0.289	150	58.5	4798	24.8		5800	5131.6	9068	2980	4798	212	7566	2298
2	S	23.5	21.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	446.5	216.0	0.271	150	57.4	5069	24.7		5800	5337.0	9431	3148	4990	223	7916	2426
2	S	24.5	22.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	465.5	225.2	0.254	150	56.0	5332	24.6		5800	5540.5	9791	3312	5180	233	8259	2552
2	S	25.5	23.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	484.5	234.3	0.250	150	57.4	5603	24.5		5800	5742.0	10147	3480	5369	244	8605	2680
2	S	26.5	24.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	503.5	243.5	0.250	150	59.7	5885	24.4		5800	5800.0	10249	3655	5423	254	8824	2813
2	S	27.5	25.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	522.5	252.7	0.250	150	62.0	6177	24.3		5800	5800.0	10249	3837	5423	265	8994	2951
2	S	28.5	26.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	541.5	261.9	0.250	150	64.3	6480	24.2		5800	5800.0	10249	4025	5423	276	9172	3093
2	S	29.5	27.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	560.5	271.1	0.250	150	66.6	6794	24.1		5800	5800.0	10249	4220	5423	286	9357	3240
2	S	30.5	28.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	579.5	280.3	0.250	150	68.9	7119	24.0		5800	5800.0	10249	4422	5423	297	9548	3392
2	S	31.5	29.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	598.5	289.5	0.250	150	71.2	7454	23.9		5800	5800.0	10249	4630	5423	307	9746	3549
2	S	32.5	30.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	617.5	298.7	0.250	150	73.5	7801	23.8		5800	5800.0	10249	4845	5423	318	9950	3710
2	S	33.5	31.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	636.5	307.9	0.250	150	75.8	8158	23.7		5800	5800.0	10249	5067	5423	329	10161	3876
2	S	34.5	32.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	655.5	317.1	0.250	150	78.1	8526	23.6		5800	5800.0	10249	5296	5423	339	10379	4046
2	S	35.5	33.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	674.5	326.2	0.250	150	80.4	8905	23.5		5800	5800.0	10249	5531	5423	350	10604	4222
2	S	36.5	34.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	693.5	335.4	0.250	150	82.7	9295	23.3		5800	5800.0	10249	5773	5423	360	10836	4402
2	S	37.5	35.0	0.0	38.0	19.0	9.2	0.0	712.5	344.6	0.250	150	85.0	9696	23.2		5800	5800.0	10249	6022	5423	371	11074	4587
3	C	38.5	36.0	190.0	0.0	20.0	10.2	81.6	732.5	354.8		100	81.6	10080		1710.0	4000	2442.5	4316	6261	2284	380	8165	4763
3	C	39.5	37.0	190.0	0.0	20.0	10.2	84.0	752.5	365.0		100	84.0	10476		1710.0	4000	2462.5	4352	6507	2302	389	8420	4943
3	C	40.5	38.0	190.0	0.0	20.0	10.2	86.3	772.5	375.2		100	86.3	10882		1710.0	4000	2482.5	4387	6759	2321	398	8683	5129
3	C	41.5	39.0	190.0	0.0	20.0	10.2	88.6	792.5	385.4		100	88.6	11300		1710.0	4000	2502.5	4422	7019	2340	406	8952	5320
3	C	42.5	40.0	190.0	0.0	20.0	10.2	91.0	812.5	395.6		100	91.0	11729		1710.0	4000	2522.5	4458	7285	2359	415	9228	5515
3	C	43.5	41.0	190.0	0.0	20.0	10.2	93.3	832.5	405.8		100	93.3	12169		1710.0	4000	2542.5	4493	7558	2377	424	9511	5715
3	C	44.5	42.0	190.0	0.0	20.0	10.2	95.7	852.5	416.0		100	95.7	12619		1710.0	4000	2562.5	4528	7838	2396	433	9801	5920
3	C	45.5	43.0	190.0	0.0	20.0	10.2	98.0	872.5	426.1		100	98.0	13081		1710.0	4000	2582.5	4564	8125	2415	442	10098	6129
3	C	46.5	44.0	190.0	0.0	20.0	10.2	100.4	892.5	436.3		100	100.0	13553		1710.0	4000	2602.5	4599	8418	2433	451	10400	6343
3	C	47.5	45.0	190.0	0.0	20.0	10.2	102.7	912.5	446.5		100	100.0	14024		1710.0	4000	2622.5	4634	8710	2452	459	10703	6557

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

OPERA: VI01

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

SPALLA SPB
 MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPALLA SPB	21.0	3148	4990	7916	5630	71%	2426	431	18%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd

è il numero complessivo di pali presenti nella palificata

efficienza della palificata

L'efficienza della η Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
SPALLA SPB	1.50	4.50	15	3	5	0.70	83064	57409	69%

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni del viadotto		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	05	002	C	59

**14.ALLEGATO 3 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO
LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI TRASVERSALI**

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01**
RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI **ALLINEAMENTI: SPA, PILE DA P1 A P32**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi trasversali **Rtr,d** è pari a:

Rtr,d = Rtr,k / γT: Resistenza ai carichi trasversali di progetto
 Rtr,k = Min [(Rtr,cal)_{media} / ξ3; (Rtr,cal)_{min} / ξ4 Resistenza ai carichi trasversali caratteristica
 Rtr,calc = Hlim: Resistenza ai carichi trasversali di calcolo

Il coefficiente parziale γT per verifiche SLU di pali soggetti ad azioni trasversali è pari a:

Coefficiente parziale (R3) γT 1.30

La resistenza ai carichi trasversali di calcolo è valutata in accordo a Broms (1984):

Terreni coesivi:
 palo corto: Hlim = 9 cu D (L - 1.5 D)
 palo intermedio: Hlim = -9 cu D² (L/D + 1.5) + 9 cu D² (2 (L/D)² + 4/9 My / (cu D³) + 4.5)^{0.5}
 palo lungo: Hlim = -13.5 cu D² + cu D² (182.25 + 36 My / (cu D³))^{0.5}

Terreni incoerenti:
 palo corto: Hlim = 1.5 L² Kp γ' D
 palo intermedio: Hlim = 0.5 L² Kp γ' D + My / L
 palo lungo: Hlim = Kp γ' D³ ((3.681 My / (Kp γ' D⁴))²)^{1/3}

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

Diametro del palo	D	m	1.50
Lunghezza minima del palo	L	m	28.00

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ3	1.40
coefficiente ξ4	1.21

PARAMETRI GEOTECNICI

DESCRIZIONE	TERRENI COESIVI		TERRENI INCOERENTI					
	cu,med kPa	cu,min kPa	γ',med kN/m ³	φ',med deg	kp,med	γ',min kN/m ³	φ',min deg	kp,min
5-AL	75.0	50.0			1.00			1.00

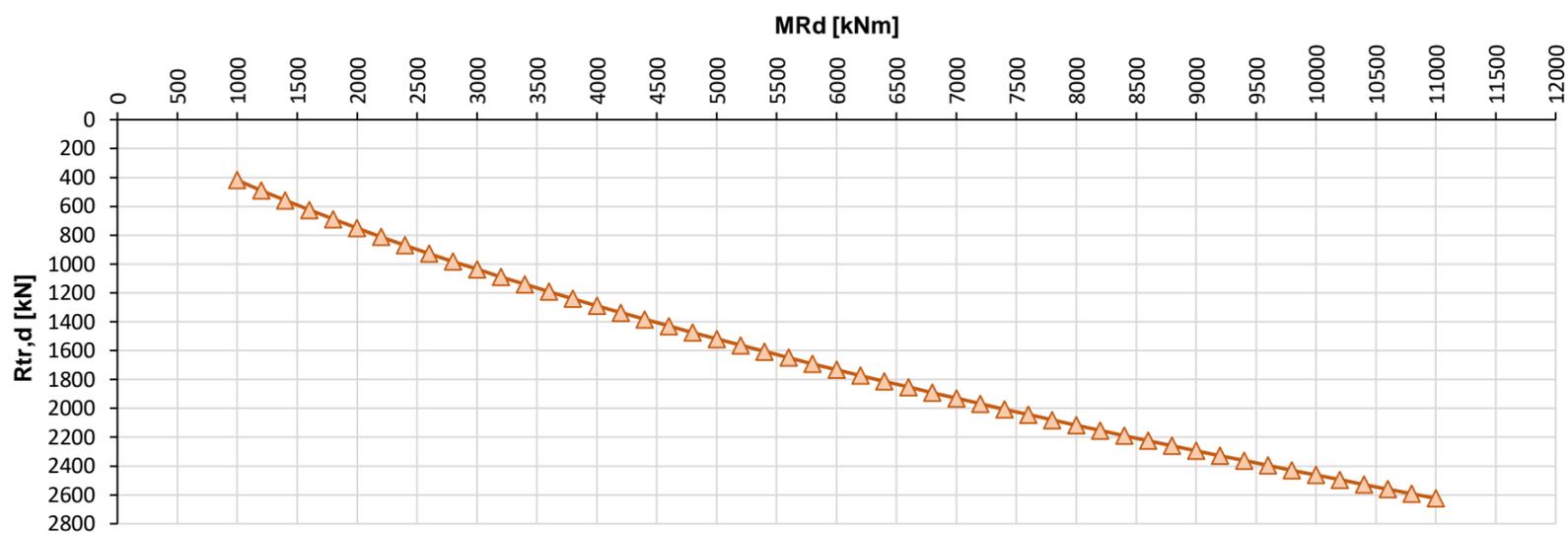
* Per terreni incoerenti impostare cu,med = cu,min = ""

My=MRd (kNm)	PARAMETRI MEDI					PARAMETRI MINIMI					Rtr,d (kN)
	palo corto		palo intermedio		palo lungo	palo corto		palo intermedio		palo lungo	
	Hlim1,med (kN)	Hlim2,med (kN)	Hlim3,med (kN)	Hlim (kN)	Rtr,d,med (kN)	Hlim1,min (kN)	Hlim2,min (kN)	Hlim3,min (kN)	Hlim (kN)	Rtr,d,min (kN)	
1000	26072	9644	762	762	418	17381	6446	719	719	457	418
1200	26072	9654	892	892	490	17381	6456	836	836	532	490
1400	26072	9664	1017	1017	559	17381	6466	948	948	603	559
1600	26072	9675	1138	1138	625	17381	6476	1055	1055	671	625
1800	26072	9685	1255	1255	689	17381	6487	1158	1158	736	689
2000	26072	9695	1367	1367	751	17381	6497	1257	1257	799	751
2200	26072	9705	1477	1477	811	17381	6507	1353	1353	860	811
2400	26072	9715	1583	1583	870	17381	6517	1445	1445	919	870
2600	26072	9725	1687	1687	927	17381	6527	1535	1535	976	927
2800	26072	9735	1788	1788	982	17381	6537	1622	1622	1031	982
3000	26072	9745	1886	1886	1036	17381	6547	1707	1707	1085	1036
3200	26072	9755	1982	1982	1089	17381	6557	1790	1790	1138	1089
3400	26072	9765	2076	2076	1141	17381	6567	1870	1870	1189	1141
3600	26072	9775	2168	2168	1191	17381	6577	1949	1949	1239	1191
3800	26072	9785	2258	2258	1241	17381	6587	2026	2026	1288	1241
4000	26072	9795	2347	2347	1289	17381	6597	2102	2102	1336	1289
4200	26072	9805	2434	2434	1337	17381	6607	2175	2175	1383	1337
4400	26072	9815	2519	2519	1384	17381	6617	2248	2248	1429	1384
4600	26072	9825	2602	2602	1430	17381	6627	2319	2319	1474	1430
4800	26072	9835	2685	2685	1475	17381	6637	2388	2388	1518	1475
5000	26072	9845	2766	2766	1520	17381	6647	2457	2457	1562	1520
5200	26072	9855	2845	2845	1563	17381	6657	2524	2524	1605	1563
5400	26072	9865	2924	2924	1606	17381	6667	2591	2591	1647	1606
5600	26072	9875	3001	3001	1649	17381	6677	2656	2656	1688	1649
5800	26072	9885	3077	3077	1691	17381	6686	2720	2720	1729	1691
6000	26072	9895	3152	3152	1732	17381	6696	2783	2783	1769	1732
6200	26072	9905	3226	3226	1773	17381	6706	2845	2845	1809	1773
6400	26072	9915	3299	3299	1813	17381	6716	2907	2907	1848	1813
6600	26072	9925	3372	3372	1853	17381	6726	2968	2968	1887	1853
6800	26072	9935	3443	3443	1892	17381	6736	3027	3027	1925	1892
7000	26072	9945	3513	3513	1930	17381	6746	3086	3086	1962	1930
7200	26072	9955	3583	3583	1969	17381	6756	3145	3145	1999	1969
7400	26072	9965	3651	3651	2006	17381	6766	3202	3202	2036	2006
7600	26072	9975	3719	3719	2044	17381	6776	3259	3259	2072	2044
7800	26072	9985	3787	3787	2081	17381	6786	3315	3315	2108	2081
8000	26072	9995	3853	3853	2117	17381	6796	3371	3371	2143	2117

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01**
RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI **ALLINEAMENTI: SPA, PILE DA P1 A P32**

8200	26072	10005	3919	3919	2153	17381	6806	3426	3426	2178	2153
8400	26072	10015	3984	3984	2189	17381	6816	3480	3480	2212	2189
8600	26072	10025	4048	4048	2224	17381	6826	3534	3534	2246	2224
8800	26072	10035	4112	4112	2259	17381	6835	3587	3587	2280	2259
9000	26072	10045	4175	4175	2294	17381	6845	3639	3639	2314	2294
9200	26072	10055	4237	4237	2328	17381	6855	3691	3691	2347	2328
9400	26072	10065	4299	4299	2362	17381	6865	3743	3743	2380	2362
9600	26072	10075	4360	4360	2396	17381	6875	3794	3794	2412	2396
9800	26072	10084	4421	4421	2429	17381	6885	3845	3845	2444	2429
10000	26072	10094	4481	4481	2462	17381	6895	3895	3895	2476	2462
10200	26072	10104	4541	4541	2495	17381	6905	3944	3944	2508	2495
10400	26072	10114	4600	4600	2528	17381	6915	3994	3994	2539	2528
10600	26072	10124	4659	4659	2560	17381	6924	4042	4042	2570	2560
10800	26072	10134	4717	4717	2592	17381	6934	4091	4091	2601	2592
11000	26072	10144	4775	4775	2623	17381	6944	4139	4139	2631	2623

Resistenza di progetto del palo singolo alle azioni trasversali
Palo impedito di ruotare in testa (incastro)



ALLINEAMENTO	PALO SINGOLO				PALIFICATA						
	My (kNm)	Rtr,d (kN)	Ftr,d (kN)	c.u.1	My (kNm)	Rtr,d1 (kN)	npali	η (%)	Rtr,dgr (kN)	Ftr,dgr (kN)	c.u.gr
SPA	9738	2396	2163.0	90%	9924	2429	15	80%	29150	32445.0	111%
PILE da P1 A P32	8551	2189	1574.0	72%	9984	2429	9	80%	17490	14166.0	81%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01**
RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI **ALLINEAMENTI: PILE DA P33 A 46, SPB**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi trasversali **Rtr,d** è pari a:

$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$: Resistenza ai carichi trasversali di progetto
 $R_{tr,k} = \text{Min} [(R_{tr,cal})_{media} / \xi_3; (R_{tr,cal})_{min} / \xi_4]$: Resistenza ai carichi trasversali caratteristica
 $R_{tr,calc} = H_{lim}$: Resistenza ai carichi trasversali di calcolo

Il coefficiente parziale γ_T per verifiche SLU di pali soggetti ad azioni trasversali è pari a:

Coefficiente parziale (R3) γ_T 1.30

La resistenza ai carichi trasversali di calcolo è valutata in accordo a Broms (1984):

Terreni coesivi:
 palo corto: $H_{lim} = 9 \text{ cu D (L - 1.5 D)}$
 palo intermedio: $H_{lim} = -9 \text{ cu D}^2 (L/D + 1.5) + 9 \text{ cu D}^2 (2 (L/D)^2 + 4/9 \text{ My} / (\text{cu D}^3) + 4.5)^{0.5}$
 palo lungo: $H_{lim} = -13.5 \text{ cu D}^2 + \text{cu D}^2 (182.25 + 36 \text{ My} / (\text{cu D}^3))^{0.5}$

Terreni incoerenti:
 palo corto: $H_{lim} = 1.5 L^2 K_p \gamma' D$
 palo intermedio: $H_{lim} = 0.5 L^2 K_p \gamma' D + \text{My} / L$
 palo lungo: $H_{lim} = K_p \gamma' D^3 ((3.681 \text{ My} / (K_p \gamma' D^4))^{2/3})^{1/3}$

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

Diametro del palo	D	m	1.50
Lunghezza minima del palo	L	m	21.00

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ_3	1.40
coefficiente ξ_4	1.21

PARAMETRI GEOTECNICI

DESCRIZIONE	TERRENI COESIVI		TERRENI INCOERENTI					
	cu,med kPa	cu,min kPa	γ',med kN/m ³	ϕ',med deg	kp,med	γ',min kN/m ³	ϕ',min deg	kp,min
7-GS			9.2	36.0	3.85	9.2	34.0	3.54

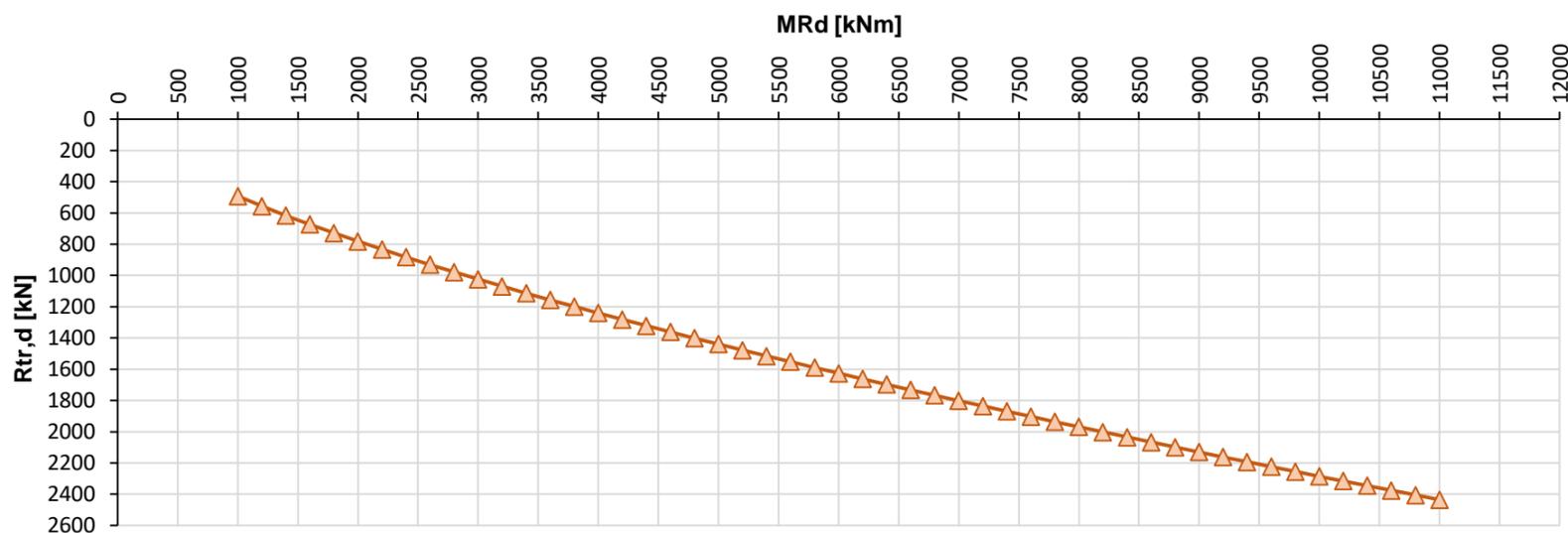
* Per terreni incoerenti impostare $cu,med = cu,min = ""$

My=MRd (kNm)	PARAMETRI MEDI					PARAMETRI MINIMI					Rtr,d (kN)
	palo corto		palo intermedio		palo lungo	palo corto		palo intermedio		palo lungo	
	H _{lim1,med} (kN)	H _{lim2,med} (kN)	H _{lim3,med} (kN)	H _{lim} (kN)	Rtr,d _{med} (kN)	H _{lim1,min} (kN)	H _{lim2,min} (kN)	H _{lim3,min} (kN)	H _{lim} (kN)	Rtr,d _{min} (kN)	
1000	35124	11756	896	896	492	32254	10799	871	871	554	492
1200	35124	11765	1012	1012	556	32254	10809	984	984	625	556
1400	35124	11775	1121	1121	616	32254	10818	1090	1090	693	616
1600	35124	11784	1226	1226	674	32254	10828	1191	1191	757	674
1800	35124	11794	1326	1326	729	32254	10837	1289	1289	819	729
2000	35124	11803	1422	1422	782	32254	10847	1383	1383	879	782
2200	35124	11813	1516	1516	833	32254	10856	1473	1473	937	833
2400	35124	11822	1606	1606	883	32254	10866	1561	1561	993	883
2600	35124	11832	1694	1694	931	32254	10875	1647	1647	1047	931
2800	35124	11841	1780	1780	978	32254	10885	1730	1730	1100	978
3000	35124	11851	1864	1864	1024	32254	10894	1812	1812	1152	1024
3200	35124	11860	1946	1946	1069	32254	10904	1891	1891	1202	1069
3400	35124	11870	2026	2026	1113	32254	10913	1969	1969	1252	1113
3600	35124	11879	2105	2105	1156	32254	10923	2046	2046	1301	1156
3800	35124	11889	2182	2182	1199	32254	10932	2121	2121	1348	1199
4000	35124	11899	2258	2258	1241	32254	10942	2195	2195	1395	1241
4200	35124	11908	2333	2333	1282	32254	10951	2267	2267	1441	1282
4400	35124	11918	2406	2406	1322	32254	10961	2339	2339	1487	1322
4600	35124	11927	2478	2478	1362	32254	10970	2409	2409	1531	1362
4800	35124	11937	2550	2550	1401	32254	10980	2478	2478	1576	1401
5000	35124	11946	2620	2620	1440	32254	10990	2547	2547	1619	1440
5200	35124	11956	2689	2689	1478	32254	10999	2614	2614	1662	1478
5400	35124	11965	2758	2758	1515	32254	11009	2681	2681	1704	1515
5600	35124	11975	2826	2826	1553	32254	11018	2747	2747	1746	1553
5800	35124	11984	2893	2893	1589	32254	11028	2812	2812	1787	1589
6000	35124	11994	2959	2959	1626	32254	11037	2876	2876	1828	1626
6200	35124	12003	3024	3024	1662	32254	11047	2939	2939	1869	1662
6400	35124	12013	3089	3089	1697	32254	11056	3002	3002	1909	1697
6600	35124	12022	3153	3153	1732	32254	11066	3064	3064	1948	1732
6800	35124	12032	3216	3216	1767	32254	11075	3126	3126	1987	1767
7000	35124	12041	3279	3279	1802	32254	11085	3187	3187	2026	1802
7200	35124	12051	3341	3341	1836	32254	11094	3248	3248	2065	1836
7400	35124	12060	3403	3403	1870	32254	11104	3307	3307	2103	1870
7600	35124	12070	3464	3464	1903	32254	11113	3367	3367	2140	1903
7800	35124	12079	3524	3524	1936	32254	11123	3426	3426	2178	1936

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01**
RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI **ALLINEAMENTI: PILE DA P33 A 46, SPB**

8000	35124	12089	3584	3584	1969	32254	11132	3484	3484	2215	1969
8200	35124	12099	3644	3644	2002	32254	11142	3542	3542	2252	2002
8400	35124	12108	3703	3703	2034	32254	11151	3599	3599	2288	2034
8600	35124	12118	3761	3761	2067	32254	11161	3656	3656	2324	2067
8800	35124	12127	3819	3819	2099	32254	11170	3712	3712	2360	2099
9000	35124	12137	3877	3877	2130	32254	11180	3768	3768	2396	2130
9200	35124	12146	3934	3934	2162	32254	11190	3824	3824	2431	2162
9400	35124	12156	3991	3991	2193	32254	11199	3879	3879	2466	2193
9600	35124	12165	4047	4047	2224	32254	11209	3934	3934	2501	2224
9800	35124	12175	4103	4103	2255	32254	11218	3989	3989	2536	2255
10000	35124	12184	4159	4159	2285	32254	11228	4043	4043	2570	2285
10200	35124	12194	4214	4214	2316	32254	11237	4096	4096	2604	2316
10400	35124	12203	4269	4269	2346	32254	11247	4150	4150	2638	2346
10600	35124	12213	4324	4324	2376	32254	11256	4203	4203	2672	2376
10800	35124	12222	4378	4378	2406	32254	11266	4255	4255	2705	2406
11000	35124	12232	4432	4432	2435	32254	11275	4308	4308	2739	2435

Resistenza di progetto del palo singolo alle azioni trasversali
Palo impedito di ruotare in testa (incastro)



ALLINEAMENTO	PALO SINGOLO				PALIFICATA						
	My (kNm)	Rtr,d (kN)	Ftr,d (kN)	c.u.1	My (kNm)	Rtr,d1 (kN)	npali	η (%)	Rtr,dgr (kN)	Ftr,dgr (kN)	c.u.gr
P33 - P46	8551.0	2034	1615.0	79%	9984.0	2255	9	80%	16234	14535.0	90%
SPB	9130.0	2130	2008.0	94%	9964.0	2255	9	80%	16234	18072.0	111%

LAVORO: VIADOTTO RIPALTA **OPERA: VI01**
RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI **ALLINEAMENTI: PILE DA P7 A P19**

Presenza di strato di terreno potenzialmente liquefacibile

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi trasversali **Rtr,d** è pari a:

$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$ Resistenza ai carichi trasversali di progetto
 $R_{tr,k} = \text{Min} [(R_{tr,cal})_{media} / \xi_3; (R_{tr,cal})_{min} / \xi_4]$ Resistenza ai carichi trasversali caratteristica
 $R_{tr,calc} = H_{lim}$ Resistenza ai carichi trasversali di calcolo

Il coefficiente parziale γ_T per verifiche SLU di pali soggetti ad azioni trasversali è pari a:

Coefficiente parziale (R3) γ_T 1.30

La resistenza ai carichi trasversali di calcolo è valutata in accordo a Broms (1984) - caso di palo lungo

Terreni coesivi:

$H_{lim} = 9 c_u D x [L - 1.5 D - z_2 - z_1]$

$H_{lim} x L = 2 M_y + 9 c_u D x [(z_1 - 1.5 D) x (L - 1.5 D - (z_1 - 1.5 D) / 2) + (L - z_2)^2 / 2]$

eq. Traslazione orizzontale

eq. Rotazione attorno a B

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

Diametro del palo	D	m	1.50
Lunghezza minima del palo	L	m	44.00
Momento di plasticizzazione	$M_y = MR_d$	kNm	8548.00

STRATO POTENZIALMENTE LIQUEFACIBILE

Profondità iniziale da quota testa palo	z_1	m	4.00
Profondità finale da quota testa palo	z_2	m	5.00
spessore strato potenzialmente liquefacibile	h_{liq}	m	1.00

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	10
coefficiente ξ_3	1.40
coefficiente ξ_4	1.21

PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

DESCRIZIONE	$c_{u,med}$ kPa	L_{med} (m)	$H_{lim,med}$ (kN)	$R_{tr,d,med}$ (kN)
PARAMETRI MEDI 5-AL	75.0	6.92	3712	2040

DESCRIZIONE	$c_{u,med}$ kPa	L_{min} (m)	$H_{lim,min}$ (kN)	$R_{tr,d,min}$ (kN)
PARAMETRI MINIMI 5-AL	50.0	8.04	3236	2057

Resistenza di progetto del palo impedito di ruotare in testa (incastro) alle azioni trasversali in presenza di strato di terreno potenzialmente liquefacibile	Rtr,d	kN	2039.5
---	--------------	-----------	---------------