

S.G.C. E78 GROSSETO - FANO

Tratto Selci Lama (E45) - S. Stefano di Gaifa.

Adeguamento a 2 corsie del tratto della Variante di Urbania

PROGETTO DEFINITIVO

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	I PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c <i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 <i>Ing. Claudio Muller</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754 <i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GPI INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl cooprogetti cocoprogetti engeko AIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 2): <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri ROMA N° 14035
IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069		
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Vincenzo Catone</i>		
VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO <i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i>		

OPERE D'ARTE MAGGIORI

Viadotti e Ponti

Viadotto S.Eraciano

Relazione di calcolo delle fondazioni

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO LIV.PROG. ANNO DPAN247 D 22	T00VI02GETRE01_B CODICE ELAB. T00VI02GETRE01	B	—
D			
C			
B	Rev. Ist.U.0039705 24/01/22 e Ist.U.0057794 01/02/22	Feb. '22	Belà
A	Emissione	Ottobre '21	Belà
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO
		VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1.	<u>PREMESSA.....</u>	<u>2</u>
2.	<u>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</u>	<u>2</u>
2.1.	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE	2
2.1.	ELABORATI DI PROGETTO.....	2
3.	<u>INQUADRAMENTO GEOTECNICO</u>	<u>3</u>
4.	<u>CRITERI DI CALCOLO.....</u>	<u>4</u>
4.1.	CARICO LIMITE VERTICALE	4
4.2.	CARICO LIMITE ORIZZONTALE	7
4.3.	COMPORTAMENTO AI CARICHI TRASVERSALI DEI PALI DI FONDAZIONE	8
4.4.	SOLLECITAZIONI LUNGO IL FUSTO DEL PALO	9
4.5.	CALCOLO DEI CEDIMENTI.....	9
5.	<u>RIASSUNTO DEI RISULTATI OTTENUTI.....</u>	<u>11</u>
6.	<u>PONTE ERACLIANO SPALLA A QUOTA= 295,76 M.S.L.M</u>	<u>12</u>
7.	<u>PONTE ERACLIANO SPALLA A QUOTA= 298.56 M.S.L.M</u>	<u>20</u>
8.	<u>PONTE ERACLIANO SPALLA B QUOTA=298.47 M.S.L.M</u>	<u>28</u>
9.	<u>PONTE ERACLIANO SPALLA B QUOTA= 300.97 M.S.L.M</u>	<u>36</u>
10.	<u>PONTE ERACLIANO PILA 1.....</u>	<u>44</u>
11.	<u>PONTE ERACLIANO PILA 2.....</u>	<u>52</u>

1. PREMESSA

Nel presente documento si riportano le analisi eseguite per la valutazione del carico limite verticale e orizzontale, dell'andamento delle sollecitazioni e dei cedimenti dei pali delle fondazioni previste per il Viadotto San Eracliano.

In particolare, si sono considerate le seguenti fondazioni;

- Spalla A
- Pila P1
- Pila P2
- Spalla B

Per le verifiche geotecniche dei pali e per la determinazione dei cedimenti si è fatto riferimento ai carichi di progetto riportati nella relazione di calcolo dell'opera [Elab. T00VI02STRRE02].

2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1. NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE

[NT1] D.M. del 17.01.2018 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni.

[NT2] Circolare Ministeriale 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

2.1. ELABORATI DI PROGETTO

[T00VI02STRRE02] Relazione tecnica e di calcolo opere d'arte maggiori viadotti e ponti – Viadotto San Eracliano.

3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le fondazioni previste per il Ponte Cerreto interessano le seguenti unità geotecniche:

- **Sub_alt** (Substrato alterato del flysch) strato di alterazione dell'unità marnoso arenacea. Costituito da marna e marna siltosa, limo con argilla da sabbioso a debolmente sabbioso, limo argilloso e ghiaia limosa
- **Sub** (Substrato marnoso arenaceo) substrato costituito da marna e marna argillosa, calcarenite e arenarie.

Nella seguente tabella sono stati riassunti i valori caratteristici di tutti i terreni sopra indicati:

Tabella 3-1 Parametri fisici e meccanici delle unità geotecniche in sito.

UG	Descrizione	γ_n (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	$c'_{res}*$ (kPa)	$\phi'_{res}*$ (°)	E (MPa)
Sub_alt	Substrato alterato del flysch	20÷22	10 ÷ 20	25 ÷ 30	-	-	20 per $z > 5$ m 50 per $5 \text{ m} < z < 15$ m 100 per $z > 15$ m
Sub	Substrato marnoso arenaceo	23÷24	30 ÷ 50	27 ÷ 30	-	-	$2,5 \cdot 10^4 \div 3,5 \cdot 10^4$

* parametri derivati da prove di taglio diretto in condizioni residue

4. CRITERI DI CALCOLO

4.1. CARICO LIMITE VERTICALE

La valutazione del carico limite verticale dei pali è stata svolta secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 17/01/2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”).

La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} \text{ o } F_{td} < R_{c,d} \text{ o } R_{t,d}$$

essendo:

$$R_{c,d} \text{ o } R_{t,d} = R_{c,k} \text{ o } R_{t,k} / \gamma_R$$

dove:

F_{cd} = carico assiale a compressione di progetto

F_{td} = carico assiale a trazione di progetto

$R_{c,k}$ = valore caratteristico della capacità portante limite del palo a compressione

$R_{t,k}$ = valore caratteristico della capacità portante limite del palo a trazione

In particolare, le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento all'approccio 2, in accordo con la NTC2018 (cfr. §6.4.3.1):

Combinazione 1: A1 + M1 + R3

I coefficienti parziali sui parametri geotecnici vengono quindi presi unitari.

La resistenza di progetto, a compressione, $R_{c,d}$ o a trazione $R_{t,d}$, è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ o $R_{t,k}$ i coefficienti parziali γ_R (R3) riportati nella seguente tabella, relativi alla condizione di pali trivellati.

Tabella 4-1

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
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

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

Il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ o $R_{t,k}$ è ottenuto applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 (in tabella seguente) alle resistenze di calcolo R_{cal} ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Per il caso in esame si considera un coefficiente $\xi_3 = 1.7$.

Tabella 4-2

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

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) vengono svolte con i coefficienti parziali sulle azioni e i parametri geotecnici pari a 1 e si utilizzano i coefficienti γ_R riportati nella Tabella 4-1.

Portata a compressione

La portata di progetto di un palo trivellato Q_d è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{ll} / FS_L + Q_{bl} / FS_B - W'_p$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite

Q_{bl} = portata di base limite

W'_p = peso efficace del palo (al netto della sottospinta idraulica)*

FS_L = fattore di sicurezza per la portata laterale ($=\xi_3 \cdot \gamma_s$)

FS_B = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b$)

*Nel calcolo a compressione il peso del palo è un contributo sfavorevole, in quanto è un carico che si aggiunge all'azione di progetto dalla fondazione e viene quindi fattorizzato con $A1=1.3$.

Portata a trazione

La portata di progetto di un palo trivellato Q_d è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{ll} / FS_L + W'_p$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite

W'_p = peso efficace del palo (al netto della sottospinta idraulica)*,

FS_L = fattore di sicurezza per la portata laterale ($=\xi_3 \cdot \gamma_t$)

*Nel calcolo a trazione si considera il contributo favorevole del peso del palo ($A1=1$), alleggerito della sottospinta dell'acqua, quest'ultima, essendo un contributo sfavorevole, viene fattorizzata con $A1=1.3$

Portata laterale limite Q_{ll}

Il carico limite laterale viene calcolato con la seguente relazione:

$$Q_{ll} = p \times D \times S_i (\tau_i \times h_i)$$

dove:

D = diametro palo

τ_i = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo

h_i = altezza dello strato i-esimo.

Per i terreni incoerenti (ALL-AL, ALL-Gh, Sub-alt, E/C), la tensione tangenziale limite lungo il fusto del palo viene valutata con un criterio alle tensioni efficaci con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = k_s \times \sigma'_v \times \tan(\phi) \leq \tau_{i,max}$$

dove:

σ'_v = tensione verticale efficace litostatica

$\tau_{i,max}$ = 100 kPa valore massimo dell'adesione laterale limite palo

ϕ = angolo di attrito del terreno

k_s = coefficiente empirico assunto pari a 0.5

PROGETTAZIONE ATI:

Per il substrato roccioso (SUB) la portata limite laterale è assunta $q_{lk}=200$ kPa.

Portata di base limite Q_{bl}

Per la valutazione della portata di base limite è stata utilizzata la seguente relazione:

$$Q_{bl} = A_p \times q_{bl}$$

dove:

A_p = area della base del palo

q_{bl} = portata limite specifica di base

Per i terreni incoerenti, la portata limite specifica di base è stata determinata con riferimento alla seguente espressione:

$$q_{bl} = N_q \times \sigma'_v$$

il valore del coefficiente N_q adottato per i pali di medio diametro ($D=450$ mm) è stato preso con riferimento alle curve di Berezantzev (1961) riportate nella figura seguente. È stato considerato un angolo ridotto per pali trivellati $\phi'_{rid}=\phi'-3$ per tener conto della densità relativa e del livello di tensione.

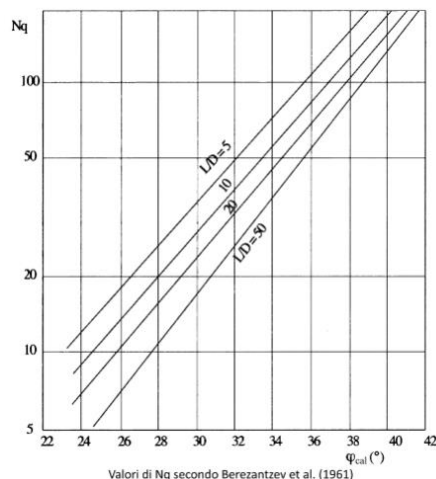


Figura 4-1 – N_q secondo Berezantzev-pali di medio diametro

Per il substrato roccioso (SUB) la portata limite di base è assunta $q_{bl}=3000$ kPa.

La valutazione della portata laterale limite Q_{ll} e di quella di base Q_{lb} è stata effettuata mediante il software Rspile (Rocscience inc, Toronto Canada). Successivamente, mediante l'ausilio di uno specifico foglio excel, si sono determinate le curve di capacità portante considerando gli opportuni fattori di sicurezza previsti da normativa.

4.2. CARICO LIMITE ORIZZONTALE

Il calcolo della capacità portante orizzontale è stato condotto con il metodo proposto da Brinch-Hansen (1961), considerando lo schema di palo impedito di ruotare in testa.

Per il caso generale di un terreno coesivo ed attritivo, l'andamento della pressione limite, alla generica profondità z , risulta pari a:

$$p_u = K_q \cdot \sigma'_z + K_c \cdot c$$

dove σ'_z e c definiscono, rispettivamente, lo stato tensionale verticale efficace e il valore di coesione assunti dal terreno alla quota considerata e i fattori K_q e K_c dipendono dall'angolo di attrito del terreno e dal rapporto z/D (D diametro del palo).

Il coefficiente K_q è definito come:

$$K_q = \frac{K_q^0 + K_q^\infty \alpha_q \frac{z}{D}}{1 + \alpha_q \frac{z}{D}}$$

come segue:

$$K_q^0 = \left[e^{\left(\frac{\pi}{2} + \phi\right) \tan \phi} \cos \phi \tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \right] - \left[e^{-\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \tan \phi} \cos \phi \tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \right]$$

$$K_q^\infty = N_c d_c^\infty K_0 \tan \phi$$

$$\alpha_q = \frac{K_q^0 K_0 \sin \phi}{(K_q^\infty - K_q^0) \sin \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

$$N_c = \left[e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) - 1 \right] \cot \phi$$

$$d_c^\infty = 1,58 + 4,09 \tan^4 \phi$$

L'andamento dei valori di K_q (così come quello di K_c , relativo a terreni coesivi) è altresì rappresentabile in forma grafica, come riportato in figura.

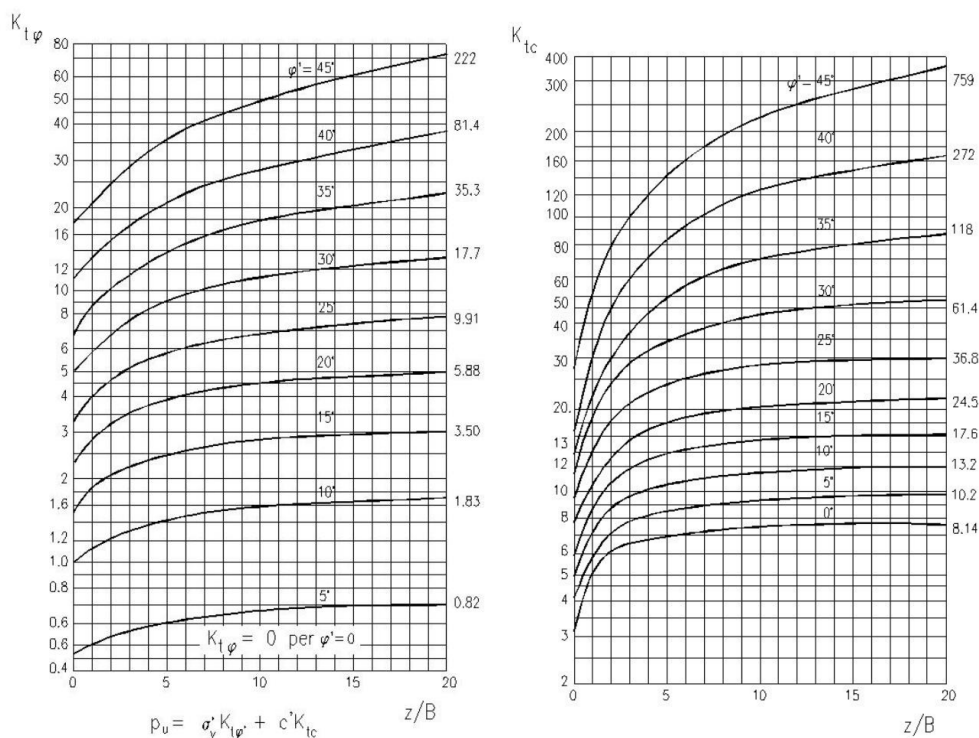


Figura 4-2 – Andamento dei parametri Kq e Kc di Brinch-Hansen, 1961

4.3. COMPORTAMENTO AI CARICHI TRASVERSALI DEI PALI DI FONDAZIONE

Lo studio del comportamento di un palo soggetto ai carichi orizzontali è condotto schematizzando il terreno come un mezzo alla Winkler.

L'andamento del modulo di reazione k_h è stato assunto variabile linearmente con la profondità secondo la seguente espressione di Reese e Matlock (1956):

$$k_h = n_h \cdot \frac{z}{d}$$

I valori di n_h utilizzati sono riassunti nella seguente tabella:

Tipo di terreno	n_h [kN/m ³]
Depositi eluvio colluviali E/C	400
Corpi di frana Cdf	400
Depositi alluvionali (grossolani) ALL-Gh	400
Depositi alluvionali (fini) ALL-AL	400
Substrato alterato del flysch Sub-alt	5000
Substrato marnoso arenaceo SUB	8000

4.4. SOLLECITAZIONI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

Per le verifiche strutturali dei pali di fondazione, si procede con la determinazione dell'andamento delle sollecitazioni di taglio e di momento, degli spostamenti orizzontali e delle rotazioni del palo, per assegnati carichi trasversali (V_p , M_p) applicati in testa risolvendo la seguente equazione differenziale:

$$E_p \cdot I_p \cdot \frac{d^4 y}{dz^4} - E_s \cdot y = 0$$

Nell'espressione precedente, i simboli hanno i seguenti significati:

E_p = modulo di Young del palo

I_p = momento di inerzia del palo

E_s = modulo di reazione orizzontale secante medio del terreno

y = spostamento orizzontale.

L'equazione viene risolta in campo lineare mediante la teoria di Matlock & Reese (1960), che ha alla base le seguenti ipotesi:

- pali interamente immorsati in un terreno omogeneo.
- pali caricati in testa da una forza orizzontale (V_p) ed un momento flettente (M_p).

È stato considerato un carico orizzontale unitario e la condizione di palo impedito di ruotare in testa. Sotto tali ipotesi si sono ricavate le espressioni generali di seguito riportate:

- $\delta_h = \left(\frac{V_p \cdot T^3}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot A_y + \left(\frac{M_p \cdot T^2}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot B_y$ spostamento orizzontale

- $\vartheta = \left(\frac{V_p \cdot T^2}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot A_s + \left(\frac{M_p \cdot T}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot B_s$ rotazione

- $M = (V_p \cdot T) \cdot A_m + M_p \cdot B_m$ momento flettente

- $V = V_p \cdot A_v + \frac{M_p}{T} \cdot B_v$ taglio

con il seguente significato dei simboli:

- $T = \left(\frac{E_p \cdot I_p}{E_s} \right)^{0,25}$

- A e B = coefficienti adimensionali funzione della flessibilità relativa, rappresentata dai rapporti L_p/T e z/T , essendo L_p la lunghezza del palo e z la profondità generica riferita alla testa palo.

4.5. CALCOLO DEI CEDIMENTI

La valutazione della curva carico-cedimento del palo è stata effettuata con il metodo delle curve di trasferimento (t-s e q-s).

Vengono fornite le curve carico cedimento calcolate con riferimento alla teoria delle curve di trasferimento e sfruttando un metodo di calcolo di tipo iterativo. Dividendo il palo in conci di altezza uguale, si è proceduto al calcolo del cedimento del palo mediante le equazioni di equilibrio di ogni concio imponendo lo spostamento alla base del palo e controllando il delta di spostamento tra

PROGETTAZIONE ATI:

concio e terreno. In questo modo è possibile calcolare per equilibrio la coppia Q_{testa} - w_{testa} per un dato cedimento alla base w_b .

Imponendo il cedimento alla base si è utilizzato la curva di trasferimento ad essa relativa per avere il valore di portata e per la condizione di equilibrio di ogni concio è stato considerato il valore di tensione laterale in funzione dello spostamento del singolo concio. Iterando il procedimento per un numero adeguato di w_b è stato possibile ricavare la curva carico-cedimento. Il metodo tiene quindi in conto dell'effettiva mobilitazione delle resistenze nel terreno, dettate dall'effettivo spostamento considerato e dalle curve di trasferimento adottate.

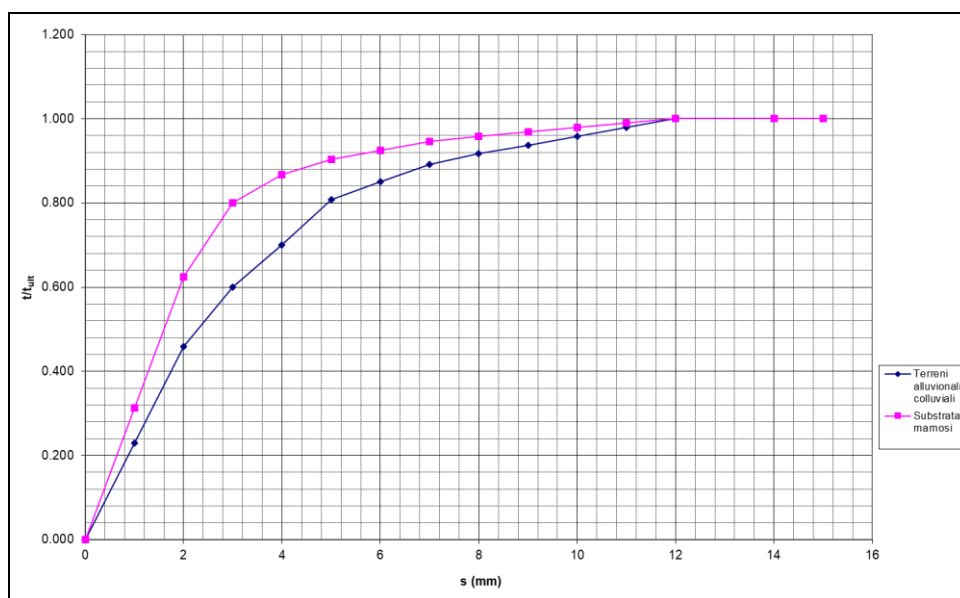


Figura 4-3 Curva di trasferimento laterale

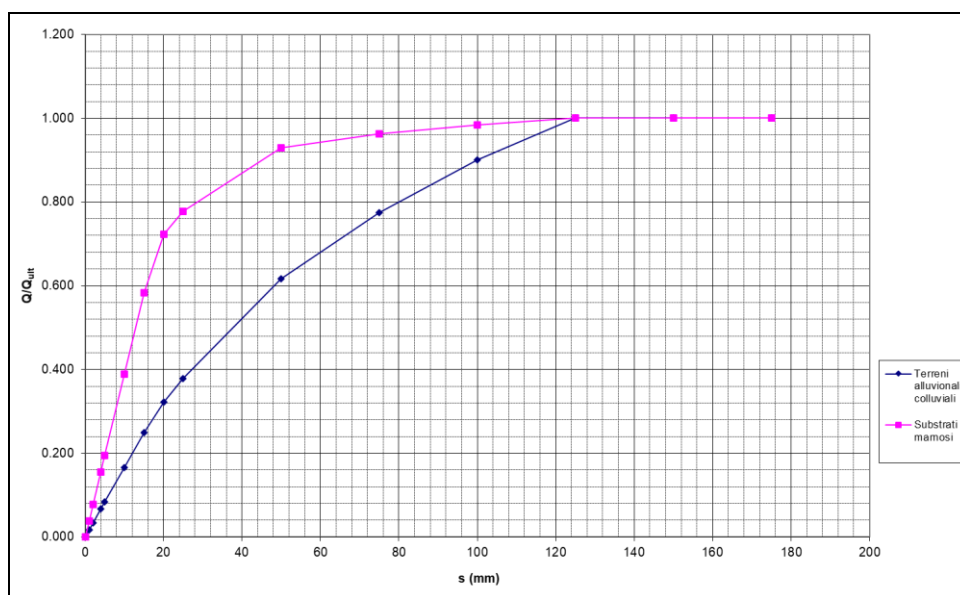


Figura 4-4 Curva di trasferimento alla base

PROGETTAZIONE ATI:

5. RIASSUNTO DEI RISULTATI OTTENUTI

Nella seguente tabella si riporta un riepilogo della geometria e i carichi limite dei pali ottenuti. I risultati dettagliati delle analisi eseguite sono riportati nei capitoli successivi.

Geometria

FONDAZIONE	QUOTA [m.s.l.m]	DIAMETRO [m]	LUNGHEZZA [m]
Pila 1	287.21	0.45	12
Pila 2	290.16	0.45	10
Spalla A	295.76	0.45	8
Spalla A	298.56	0.45	8
Spalla B	298.47	0.45	8
Spalla B	300.97	0.45	8

Verifiche a compressione

FONDAZIONE	CARICO LIMITE A COMPRESSIONE SLU[kN]	CARICO MAX DI PROGETTO A COMPRESSIONE SLU[kN]	FS compressione SLU	CARICO LIMITE A COMPRESSIONE SLV[kN]	CARICO MAX DI PROGETTO A COMPRESSIONE SLV[kN]	FS compressione SLV
Pila 1	1728.43	1500.00	1.15	1742.74	1364.00	1.28
Pila 2	1618.37	1500.00	1.08	1630.30	1364.00	1.20
Spalla A	953.47	728.00	1.31	963.01	731.00	1.32
Spalla A	1235.59	728.00	1.70	1245.10	731.00	1.70
Spalla B	1336.27	656.00	2.04	1345.82	545.00	2.47
Spalla B	1336.27	656.00	2.04	1345.82	545.00	2.47

Verifiche a trazione

FONDAZIONE	CARICO LIMITE A TRAZIONE SLU[kN]	CARICO MAX DI PROGETTO A TRAZIONE SLU[kN]	FS trazione SLU	CARICO LIMITE A TRAZIONE SLV[kN]	CARICO MAX DI PROGETTO A TRAZIONE SLV[kN]	FS trazione SLV
Pila 1	1461.30	-	-	1467.02	-	-
Pila 2	1349.64	-	-	1354.41	-	-
Spalla A	272.53	-	-	731.35	106.10	6.89
Spalla A	987.05	-	-	990.86	106.10	9.34
Spalla B	1079.71	-	-	1083.53	-	-
Spalla B	1079.71	-	-	1083.53	-	-

Verifiche a carico trasversale

FONDAZIONE	CARICO LIMITE ORIZZONTALE SLU- SLV [kN]	CARICO MAX DI PROGETTO ORIZZONTALE SLU [kN]	FS
Pila 1	331.85	164.00	2.02
Pila 2	388.37	164.00	2.37
Spalla A	261.00	200.00	1.31
Spalla A	345.68	200.00	1.73
Spalla B	349.28	151.00	2.31
Spalla B	349.28	151.00	2.31

Cedimenti

FONDAZIONE	CARICO MASSIMO VERTICALE SLE	CEDIMENTO [mm]
Pila 1	1114	1.4
Pila 2	1114	1.3
Spalla A	535.7	1.36
Spalla A	535.7	0.61
Spalla B	482.9	0.46
Spalla B	482.9	0.46

PROGETTAZIONE ATI:

6. PONTE ERACLIANO SPALLA A QUOTA= 295,76 M.S.L.M

Carico limite verticale

Nella seguente tabella si riporta la stratigrafia utilizzata per il calcolo della capacità portante. La stratigrafia parte da testa palo.

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	N_q [-]	$q_{b,lim}$ [kPa]
0.0-2.7	Sub-alt	21.0	27.5	15	6.6	3000
>2.7	SUB	23.5	28.5	40	-	3000

Si sono considerati i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- $\xi_3 = 1.70$
- $FS_L =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 2.0$)
- $FS_{L,t} =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.1$)
- $FS_B =$ fattore di sicurezza per la portata di base ($= \xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$)

Si è considerato:

- falda a quota testa palo.

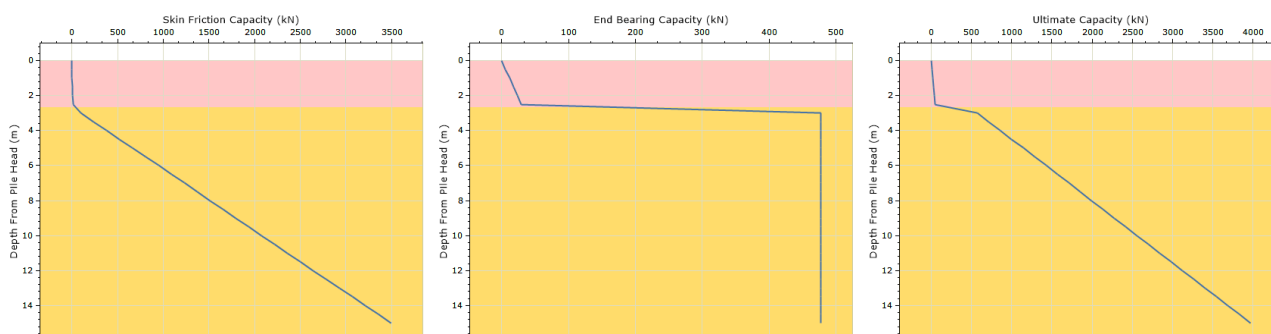


Figura 6-1 – Curve a compressione non fattorizzate

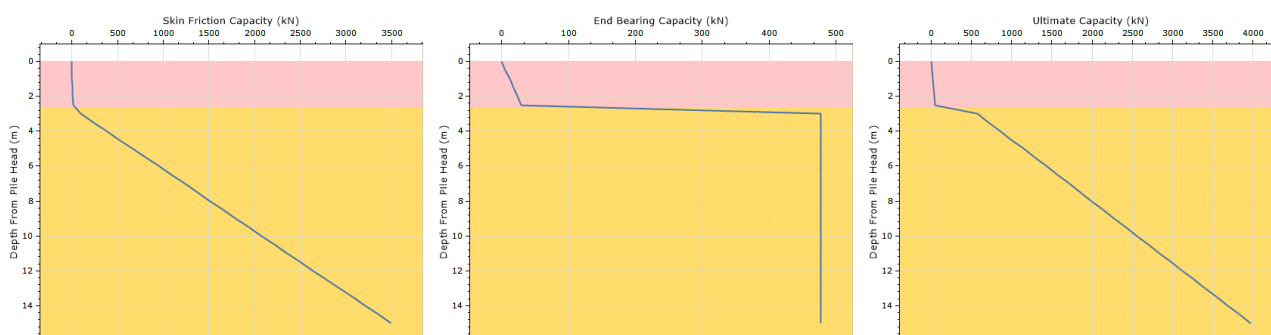


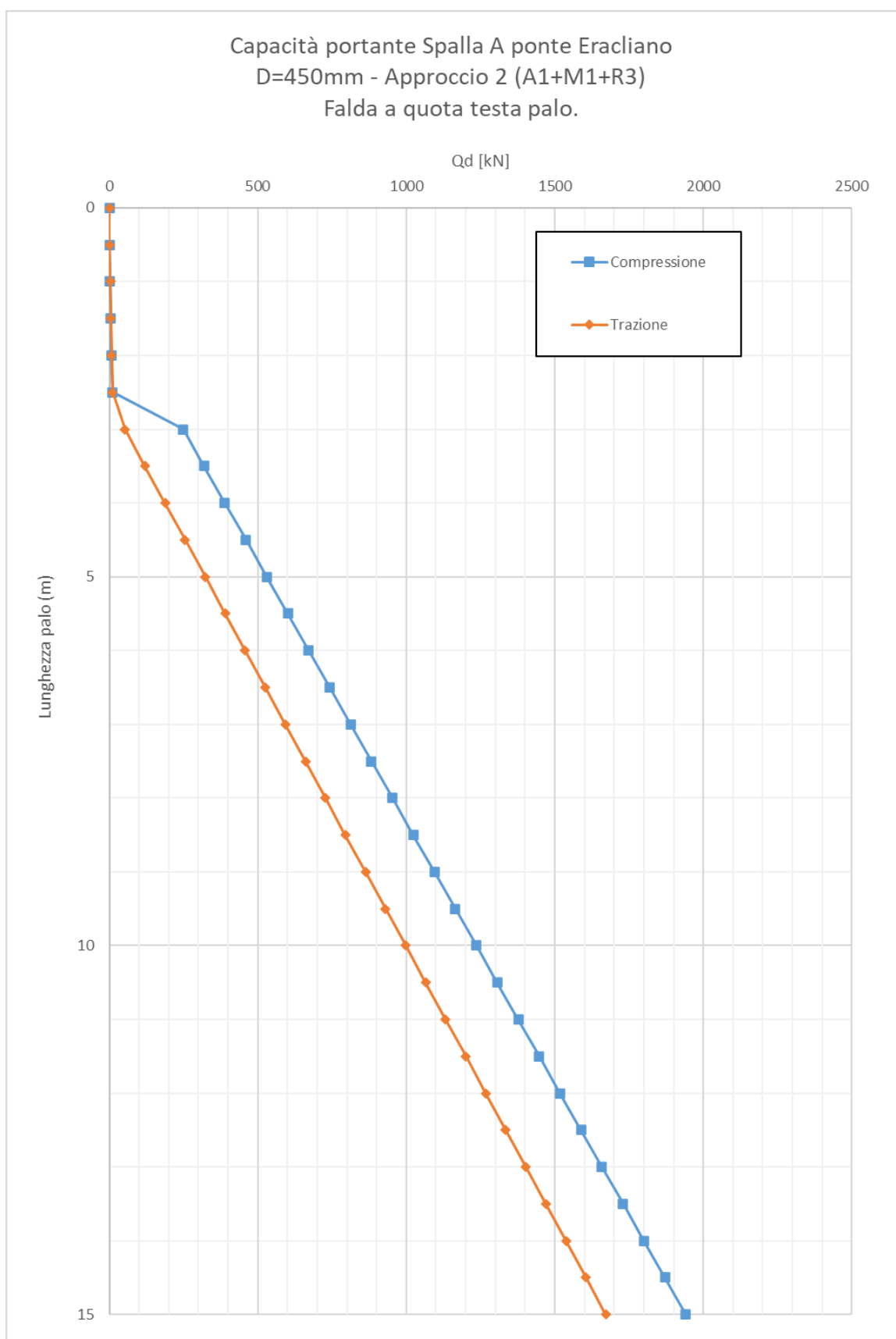
Figura 6-2 – Curve a trazione non fattorizzate

PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLU):

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	COMPRESSIONE			
								QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	0.515284724	5.872985591	6.388270315	1.955	2.13	2.30	0.263573	2.5590351	1.79	1.03
1	-1	2.061139488	11.74597118	13.80711067	1.955	2.13	2.30	1.054291	5.1180702	3.58	2.593891
1.5	-1.5	4.637566492	17.61895677	22.25652326	1.955	2.13	2.30	2.372157	7.6771053	5.37	4.681557
2	-2	8.244560132	23.49194236	31.7365025	1.955	2.13	2.30	4.217166	10.23614	7.16	7.30
2.5	-2.5	12.88212452	29.36492795	42.24705248	1.955	2.13	2.30	6.589322	12.795176	8.95	10.43832
3	-3	99.84826922	477.1293843	576.9776535	1.955	2.13	2.30	51.07328	207.89951	10.74	248.2374
3.5	-3.5	241.2201931	477.1293843	718.3495774	1.955	2.13	2.30	123.3863	207.89951	12.52	318.7612
4	-4	382.591806	477.1293843	859.7211902	1.955	2.13	2.30	195.6991	207.89951	14.31	389.2848
4.5	-4.5	523.9636733	477.1293843	1001.093058	1.955	2.13	2.30	268.0121	207.89951	16.10	459.8085
5	-5	665.3352296	477.1293843	1142.464614	1.955	2.13	2.30	340.3249	207.89951	17.89	530.3321
5.5	-5.5	806.7068453	477.1293843	1283.83623	1.955	2.13	2.30	412.6378	207.89951	19.68	600.8557
6	-6	948.0786815	477.1293843	1425.208066	1.955	2.13	2.30	484.9507	207.89951	21.47	671.3794
6.5	-6.5	1089.450238	477.1293843	1566.579622	1.955	2.13	2.30	557.2635	207.89951	23.26	741.903
7	-7	1230.82202	477.1293843	1707.951405	1.955	2.13	2.30	629.5765	207.89951	25.05	812.4267
7.5	-7.5	1372.193605	477.1293843	1849.322989	1.955	2.13	2.30	701.8893	207.89951	26.84	882.9503
8	-8	1513.565246	477.1293843	1990.69463	1.955	2.13	2.30	774.2022	207.89951	28.63	953.4739
8.5	-8.5	1654.937057	477.1293843	2132.066441	1.955	2.13	2.30	846.5151	207.89951	30.42	1023.998
9	-9	1796.308641	477.1293843	2273.438026	1.955	2.13	2.30	918.8279	207.89951	32.21	1094.521
9.5	-9.5	1937.680308	477.1293843	2414.809692	1.955	2.13	2.30	991.1408	207.89951	34.00	1165.045
10	-10	2079.052065	477.1293843	2556.181449	1.955	2.13	2.30	1063.454	207.89951	35.78	1235.569
10.5	-10.5	2220.423678	477.1293843	2697.553062	1.955	2.13	2.30	1135.767	207.89951	37.57	1306.092
11	-11	2361.795404	477.1293843	2838.924788	1.955	2.13	2.30	1208.079	207.89951	39.36	1376.616
11.5	-11.5	2503.167017	477.1293843	2980.296401	1.955	2.13	2.30	1280.392	207.89951	41.15	1447.139
12	-12	2644.538686	477.1293843	3121.66807	1.955	2.13	2.30	1352.705	207.89951	42.94	1517.663
12.5	-12.5	2785.910412	477.1293843	3263.039796	1.955	2.13	2.30	1425.018	207.89951	44.73	1588.187
13	-13	2927.282082	477.1293843	3404.411466	1.955	2.13	2.30	1497.331	207.89951	46.52	1658.71
13.5	-13.5	3068.653742	477.1293843	3545.783127	1.955	2.13	2.30	1569.644	207.89951	48.31	1729.234
14	-14	3210.025449	477.1293843	3687.154833	1.955	2.13	2.30	1641.957	207.89951	50.10	1799.758
14.5	-14.5	3351.397118	477.1293843	3828.526502	1.955	2.13	2.30	1714.27	207.89951	51.89	1870.281
15	-15	3492.768787	477.1293843	3969.898172	1.955	2.13	2.30	1786.582	207.89951	53.68	1940.805

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	TRAZIONE			
								QI/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)	
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	
0.5	-0.5	0.515284724	5.872985591	6.388270315	1.955	2.13	2.30	0.242487	0.954259	1.196746	
1	-1	2.061139488	11.74597118	13.80711067	1.955	2.13	2.30	0.969948	1.908518	2.878466	
1.5	-1.5	4.637566492	17.61895677	22.25652326	1.955	2.13	2.30	2.182384	2.862776	5.045161	
2	-2	8.244560132	23.49194236	31.7365025	1.955	2.13	2.30	3.879793	3.817035	7.696828	
2.5	-2.5	12.88212452	29.36492795	42.24705248	1.955	2.13	2.30	6.062176	4.771294	10.83347	
3	-3	99.84826922	477.1293843	576.9776535	1.955	2.13	2.30	46.98742	5.725553	52.71297	
3.5	-3.5	241.2201931	477.1293843	718.3495774	1.955	2.13	2.30	113.5154	6.679811	120.1952	
4	-4	382.591806	477.1293843	859.7211902	1.955	2.13	2.30	180.0432	7.63407	187.6773	
4.5	-4.5	523.9636733	477.1293843	1001.093058	1.955	2.13	2.30	246.5711	8.588329	255.1595	
5	-5	665.3352296	477.1293843	1142.464614	1.955	2.13	2.30	313.0989	9.542588	322.6415	
5.5	-5.5	806.7068453	477.1293843	1283.83623	1.955	2.13	2.30	379.6268	10.49685	390.1236	
6	-6	948.0786815	477.1293843	1425.208066	1.955	2.13	2.30	446.1547	11.45111	457.6058	
6.5	-6.5	1089.450238	477.1293843	1566.579622	1.955	2.13	2.30	512.6825	12.40536	525.0878	
7	-7	1230.82202	477.1293843	1707.951405	1.955	2.13	2.30	579.2104	13.35962	592.57	
7.5	-7.5	1372.193605	477.1293843	1849.322989	1.955	2.13	2.30	645.7382	14.31388	660.052	
8	-8	1513.565246	477.1293843	1990.69463	1.955	2.13	2.30	712.266	15.26814	727.5341	
8.5	-8.5	1654.937057	477.1293843	2132.066441	1.955	2.13	2.30	778.7939	16.2224	795.0163	
9	-9	1796.308641	477.1293843	2273.438026	1.955	2.13	2.30	845.3217	17.17666	862.4984	
9.5	-9.5	1937.680308	477.1293843	2414.809692	1.955	2.13	2.30	911.8496	18.13092	929.9805	
10	-10	2079.052065	477.1293843	2556.181449	1.955	2.13	2.30	978.3774	19.08518	997.4626	
10.5	-10.5	2220.423678	477.1293843	2697.553062	1.955	2.13	2.30	1044.905	20.03943	1064.945	
11	-11	2361.795404	477.1293843	2838.924788	1.955	2.13	2.30	1111.433	20.99369	1132.427	
11.5	-11.5	2503.167017	477.1293843	2980.296401	1.955	2.13	2.30	1177.961	21.94795	1199.909	
12	-12	2644.538686	477.1293843	3121.66807	1.955	2.13	2.30	1244.489	22.90221	1267.391	
12.5	-12.5	2785.910412	477.1293843	3263.039796	1.955	2.13	2.30	1311.017	23.85647	1334.873	
13	-13	2927.282082	477.1293843	3404.411466	1.955	2.13	2.30	1377.545	24.81073	1402.355	
13.5	-13.5	3068.653742	477.1293843	3545.783127	1.955	2.13	2.30	1444.072	25.76499	1469.837	
14	-14	3210.025449	477.1293843	3687.154833	1.955	2.13	2.30	1510.6	26.71925	1537.319	
14.5	-14.5	3351.397118	477.1293843	3828.526502	1.955	2.13	2.30	1577.128	27.6735	1604.802	
15	-15	3492.768787	477.1293843	3969.898172	1.955	2.13	2.30	1643.656	28.62776	1672.284	

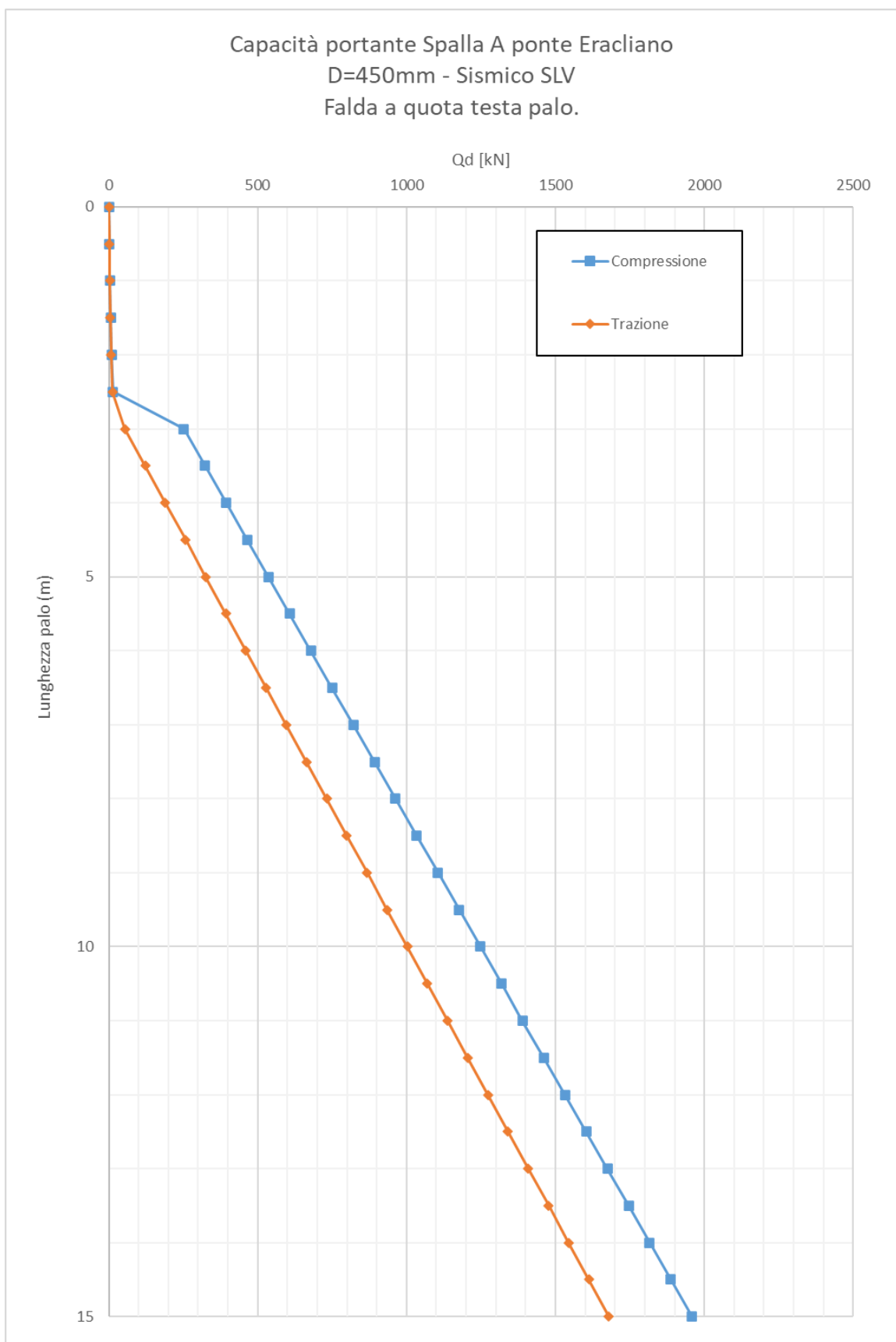


PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLV):

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	COMPRESSIONE			
								QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	0.515284724	5.872985591	6.388270315	1.955	2.13	2.30	0.263573	2.5590351	1.19	1.63
1	-1	2.061139488	11.74597118	13.80711067	1.955	2.13	2.30	1.054291	5.1180702	2.39	3.786715
1.5	-1.5	4.637566492	17.61895677	22.25652326	1.955	2.13	2.30	2.372157	7.6771053	3.58	6.470792
2	-2	8.244560132	23.49194236	31.7365025	1.955	2.13	2.30	4.217166	10.23614	4.77	9.68
2.5	-2.5	12.88212452	29.36492795	42.24705248	1.955	2.13	2.30	6.589322	12.795176	5.96	13.42038
3	-3	99.84826922	477.1293843	576.9776535	1.955	2.13	2.30	51.07328	207.89951	7.16	251.8159
3.5	-3.5	241.2201931	477.1293843	718.3495774	1.955	2.13	2.30	123.3863	207.89951	8.35	322.936
4	-4	382.591806	477.1293843	859.7211902	1.955	2.13	2.30	195.6991	207.89951	9.54	394.0561
4.5	-4.5	523.9636733	477.1293843	1001.093058	1.955	2.13	2.30	268.0121	207.89951	10.74	465.1762
5	-5	665.3352296	477.1293843	1142.464614	1.955	2.13	2.30	340.3249	207.89951	11.93	536.2962
5.5	-5.5	806.7068453	477.1293843	1283.83623	1.955	2.13	2.30	412.6378	207.89951	13.12	607.4162
6	-6	948.0786815	477.1293843	1425.208066	1.955	2.13	2.30	484.9507	207.89951	14.31	678.5364
6.5	-6.5	1089.450238	477.1293843	1566.579622	1.955	2.13	2.30	557.2635	207.89951	15.51	749.6564
7	-7	1230.82202	477.1293843	1707.951405	1.955	2.13	2.30	629.5765	207.89951	16.70	820.7765
7.5	-7.5	1372.193605	477.1293843	1849.322989	1.955	2.13	2.30	701.8893	207.89951	17.89	891.8965
8	-8	1513.565246	477.1293843	1990.69463	1.955	2.13	2.30	774.2022	207.89951	19.09	963.0165
8.5	-8.5	1654.937057	477.1293843	2132.066441	1.955	2.13	2.30	846.5151	207.89951	20.28	1034.137
9	-9	1796.308641	477.1293843	2273.438026	1.955	2.13	2.30	918.8279	207.89951	21.47	1105.257
9.5	-9.5	1937.680308	477.1293843	2414.809692	1.955	2.13	2.30	991.1408	207.89951	22.66	1176.377
10	-10	2079.052065	477.1293843	2556.181449	1.955	2.13	2.30	1063.454	207.89951	23.86	1247.497
10.5	-10.5	2220.423678	477.1293843	2697.553062	1.955	2.13	2.30	1135.767	207.89951	25.05	1318.617
11	-11	2361.795404	477.1293843	2838.924788	1.955	2.13	2.30	1208.079	207.89951	26.24	1389.737
11.5	-11.5	2503.167017	477.1293843	2980.296401	1.955	2.13	2.30	1280.392	207.89951	27.43	1460.857
12	-12	2644.538686	477.1293843	3121.66807	1.955	2.13	2.30	1352.705	207.89951	28.63	1531.977
12.5	-12.5	2785.910412	477.1293843	3263.039796	1.955	2.13	2.30	1425.018	207.89951	29.82	1603.097
13	-13	2927.282082	477.1293843	3404.411466	1.955	2.13	2.30	1497.331	207.89951	31.01	1674.217
13.5	-13.5	3068.653742	477.1293843	3545.783127	1.955	2.13	2.30	1569.644	207.89951	32.21	1745.337
14	-14	3210.025449	477.1293843	3687.154833	1.955	2.13	2.30	1641.957	207.89951	33.40	1816.457
14.5	-14.5	3351.397118	477.1293843	3828.526502	1.955	2.13	2.30	1714.27	207.89951	34.59	1887.577
15	-15	3492.768787	477.1293843	3969.898172	1.955	2.13	2.30	1786.582	207.89951	35.78	1958.697

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	TRAZIONE			
								QI/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	0.515284724	5.872985591	6.388270315	1.955	2.13	2.30	0.242487	1.192823	1.43531	1.43531
1	-1	2.061139488	11.74597118	13.80711067	1.955	2.13	2.30	0.969948	2.385647	3.355595	3.355595
1.5	-1.5	4.637566492	17.61895677	22.25652326	1.955	2.13	2.30	2.182384	3.57847	5.760855	5.760855
2	-2	8.244560132	23.49194236	31.7365025	1.955	2.13	2.30	3.879793	4.771294	8.651087	8.651087
2.5	-2.5	12.88212452	29.36492795	42.24705248	1.955	2.13	2.30	6.062176	5.964117	12.02629	12.02629
3	-3	99.84826922	477.1293843	576.9776535	1.955	2.13	2.30	46.98742	7.156941	54.14436	54.14436
3.5	-3.5	241.2201931	477.1293843	718.3495774	1.955	2.13	2.30	113.5154	8.349764	121.8651	121.8651
4	-4	382.591806	477.1293843	859.7211902	1.955	2.13	2.30	180.0432	9.542588	189.5858	189.5858
4.5	-4.5	523.9636733	477.1293843	1001.093058	1.955	2.13	2.30	246.5711	10.73541	257.3066	257.3066
5	-5	665.3352296	477.1293843	1142.464614	1.955	2.13	2.30	313.0989	11.92823	325.0272	325.0272
5.5	-5.5	806.7068453	477.1293843	1283.83623	1.955	2.13	2.30	379.6268	13.12106	392.7478	392.7478
6	-6	948.0786815	477.1293843	1425.208066	1.955	2.13	2.30	446.1547	14.31388	460.4686	460.4686
6.5	-6.5	1089.450238	477.1293843	1566.579622	1.955	2.13	2.30	512.6825	15.5067	528.1892	528.1892
7	-7	1230.82202	477.1293843	1707.951405	1.955	2.13	2.30	579.2104	16.69953	595.9099	595.9099
7.5	-7.5	1372.193605	477.1293843	1849.322989	1.955	2.13	2.30	645.7382	17.89235	663.6305	663.6305
8	-8	1513.565246	477.1293843	1990.69463	1.955	2.13	2.30	712.266	19.08518	731.3512	731.3512
8.5	-8.5	1654.937057	477.1293843	2132.066441	1.955	2.13	2.30	778.7939	20.278	799.0719	799.0719
9	-9	1796.308641	477.1293843	2273.438026	1.955	2.13	2.30	845.3217	21.47082	866.7925	866.7925
9.5	-9.5	1937.680308	477.1293843	2414.809692	1.955	2.13	2.30	911.8496	22.66365	934.5132	934.5132
10	-10	2079.052065	477.1293843	2556.181449	1.955	2.13	2.30	978.3774	23.85647	1002.234	1002.234
10.5	-10.5	2220.423678	477.1293843	2697.553062	1.955	2.13	2.30	1044.905	25.04929	1069.955	1069.955
11	-11	2361.795404	477.1293843	2838.924788	1.955	2.13	2.30	1111.433	26.24212	1137.675	1137.675
11.5	-11.5	2503.167017	477.1293843	2980.296401	1.955	2.13	2.30	1177.961	27.43494	1205.396	1205.396
12	-12	2644.538686	477.1293843	3121.66807	1.955	2.13	2.30	1244.489	28.62776	1273.117	1273.117
12.5	-12.5	2785.910412	477.1293843	3263.039796	1.955	2.13	2.30	1311.017	29.82059	1340.837	1340.837
13	-13	2927.282082	477.1293843	3404.411466	1.955	2.13	2.30	1377.545	31.01341	1408.558	1408.558
13.5	-13.5	3068.653742	477.1293843	3545.783127	1.955	2.13	2.30	1444.072	32.20623	1476.279	1476.279
14	-14	3210.025449	477.1293843	3687.154833	1.955	2.13	2.30	1510.6	33.39906	1543.999	1543.999
14.5	-14.5	3351.397118	477.1293843	3828.526502	1.955	2.13	2.30	1577.128	34.59188	1611.72	1611.72
15	-15	3492.768787	477.1293843	3969.898172	1.955	2.13	2.30	1643.656	35.7847	1679.441	1679.441



PROGETTAZIONE ATI:

Carico limite orizzontale

Per il calcolo del momento plastico si è fatto riferimento all'armatura riportata nella specifica relazione di calcolo delle strutture. La armatura è costituita da un tubo in acciaio $\phi=298.5$ mm con spessore uguale a 20 mm.

$M_{plas}= 518$ kNm

Carico limite orizzontale di un palo singolo impedito di ruotare in testa in accordo alla teoria di Brinch-Hansen

Teoria: Si ipotizza che la rottura del sistema palo-terreno possa avvenire seguendo 3 meccanismi di rottura diversi: 1) meccanismo di palo corto; 2) meccanismo di palo intermedio; 3) meccanismo di palo lungo. Il meccanismo di rottura che si sviluppa dipende dal momento ultimo della sezione del palo, della lunghezza del palo e dalle pressioni limite nette che si sviluppano lungo il fusto. La pressione limite netta, per un mezzo dotato di coesione e attrito, è espressa come $\sigma_{lim} = K_p \cdot \sigma_{vo}' + K_c \cdot c$. La forza limite orizzontale per unità di lunghezza del palo è pari a $\sigma_{lim} \cdot D$, dove D è il diametro del palo. Per maggiori informazioni si rimanda all'articolo di Brinch Hansen (1961).

Input:

coefficienti parziali			A		M		R	
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{ϕ}	γ_{cu}	γ_r	
S	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	☐	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88		☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			☒	1.00	1.00	1.00	2.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	Quota [m]	γ [kN/m ³]	Parametri medi		Parametri minimi	
				ϕ [°]	c [kPa]	ϕ [°]	c [kPa]
☒ strato 1	Sub-alt	100.00	21	27.5	15	27.5	15
☒ strato 2	SUB	97.30	23.5	28.5	40	28.5	20
☐ strato 3							
☐ strato 4							
☐ strato 5							
☐ strato 6							

Z_w	100	[m]	Quota falda
q	0	[kPa]	Sovraccarico applicato a quota strato 1 (già comprensivo di coefficiente parziali sulle azioni)
Mu	518	[kNm]	Momento ultimo della sezione
D	0.45	[m]	Diametro del palo
L	8	[m]	Lunghezza del palo

Risultati:

H medio	576	(kN)	H minimo	581	(kN)
Palo lungo	576	(kN)	Palo lungo	581	(kN)
Palo intermedio	2033	(kN)	Palo intermedio	1431	(kN)
Palo corto	5698	(kN)	Palo corto	3803	(kN)

H_{med}	576	(kN)	H_{min}	581.0	(kN)	Palo lungo
H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)			338.65 (kN)			
H_d = H_k/γ_r			260.50 (kN)			
Carico Assiale Permanente (G):	G =	1	(kN)			
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)			
F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =			1.00 (kN)			
FS = H_d / F_d =			260.50			

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

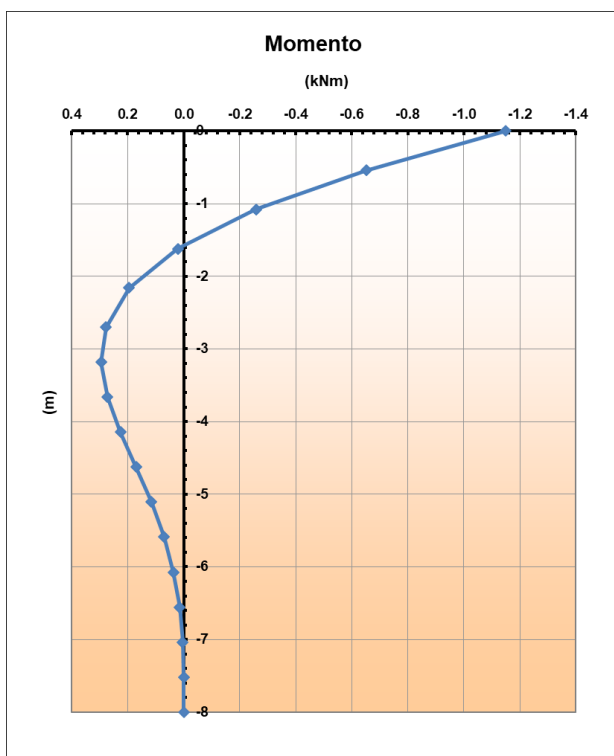


Figura 6-3 – Momento flettente agente per carico unitario

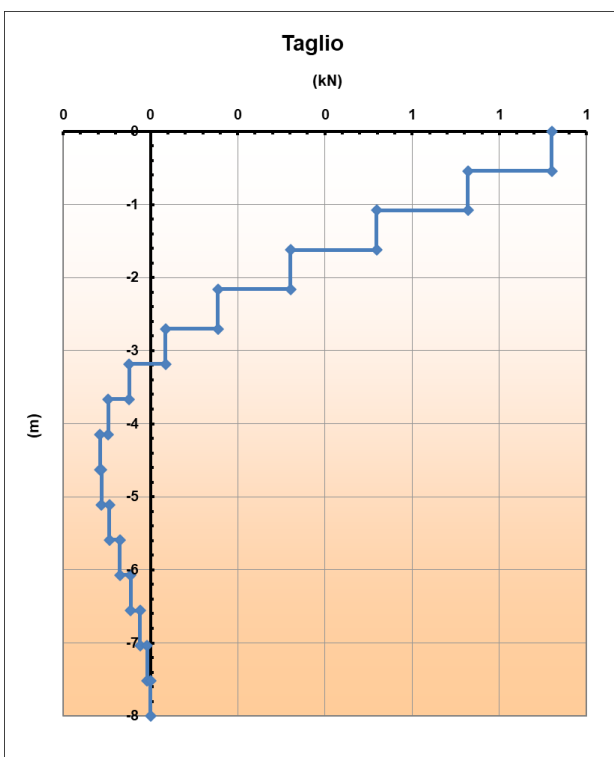


Figura 6-4 – Taglio agente per carico unitario

PROGETTAZIONE ATI:

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

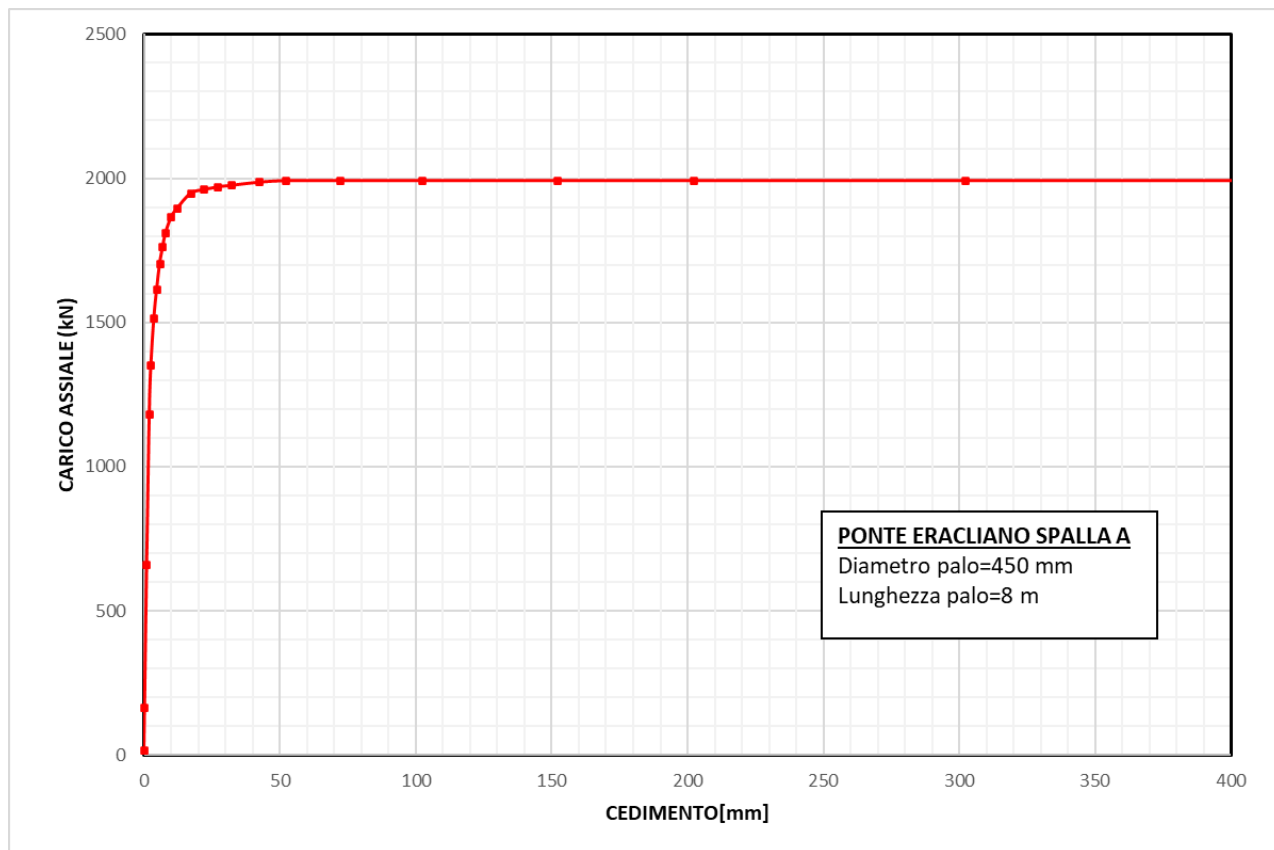


Figura 6-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI:

7. PONTE ERACLIANO SPALLA A QUOTA= 298.56 M.S.L.M

Nella seguente tabella si riporta la stratigrafia utilizzata per il calcolo della capacità portante. La stratigrafia parte da testa palo.

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	N_q [-]	$Q_{b,lim}$ [kPa]
0.0-0.7	Sub-alt	21.0	27.5	15	6.6	3000
>0.7	SUB	23.5	28.5	40	-	3000

La capacità portante per le fondazioni è stata valutata per pali di medio diametro $D=450$ mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- $\xi_3 = 1.70$
- $FS_L =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 2.0$)
- $FS_{L,t} =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.1$)
- $FS_B =$ fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$)

Si è considerato:

- falda a quota testa palo.

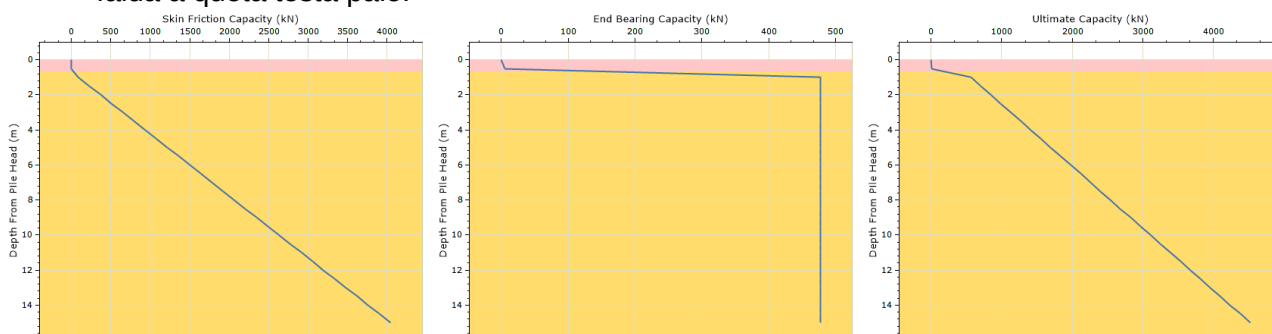


Figura 7-1 – Curve a compressione non fattorizzate

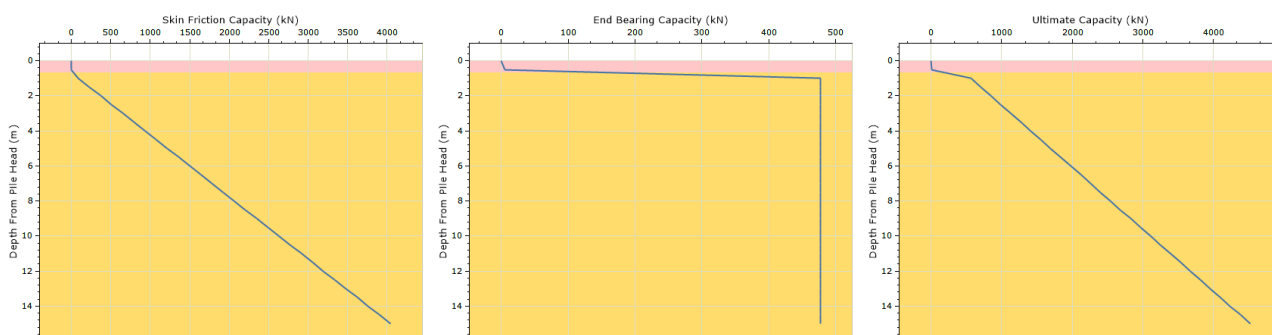


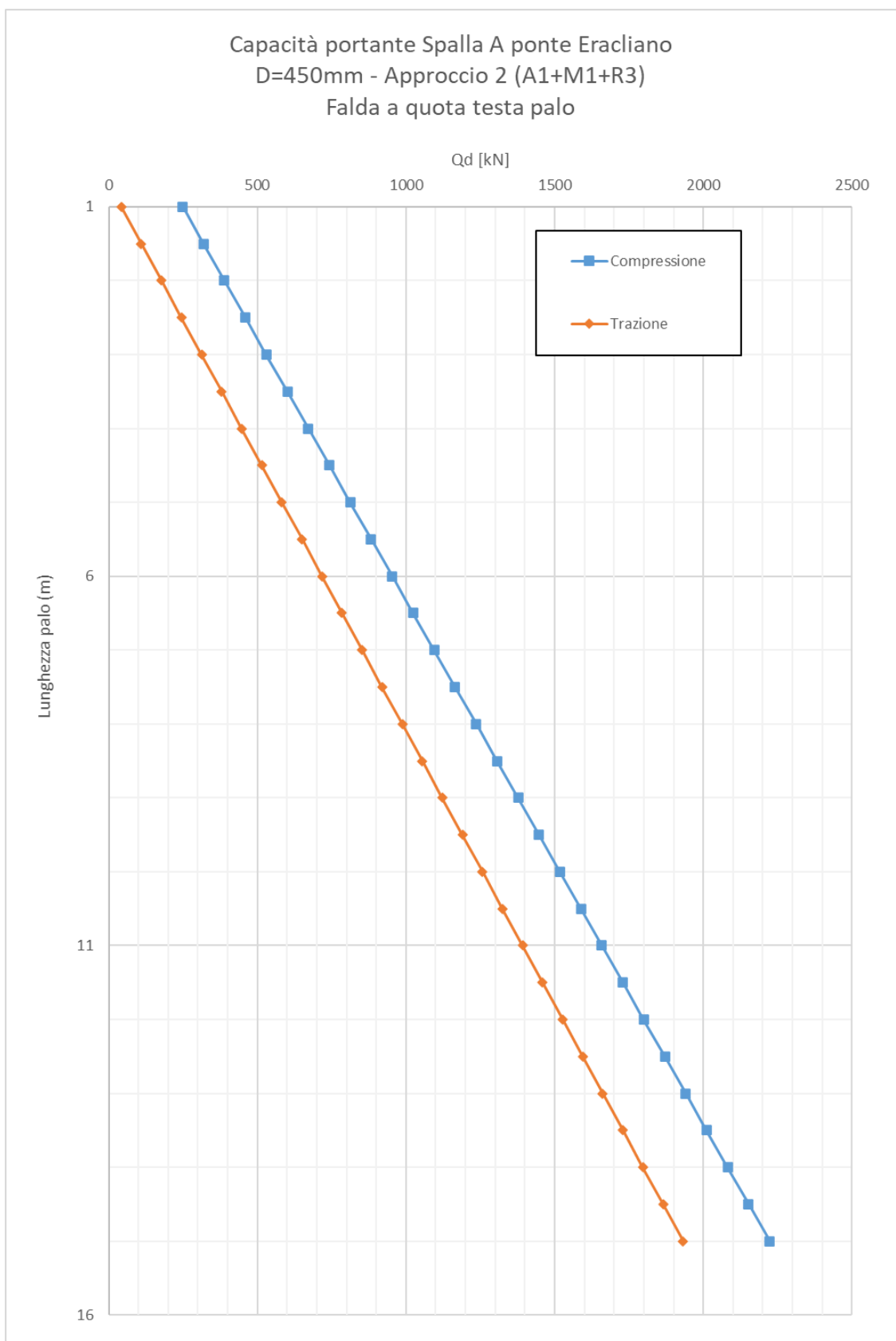
Figura 7-2 – Curve a trazione non fattorizzate

PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLU):

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	COMPRESSIONE			
								QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	0.515286435	5.872985591	6.388272026	1.955	2.13	2.30	0.263574	2.5590351	1.79	1.03
1	-1	85.83307468	477.1293843	562.9624589	1.955	2.13	2.30	43.90439	207.89951	3.58	248.2254
1.5	-1.5	227.2049986	477.1293843	704.3343828	1.955	2.13	2.30	116.2174	207.89951	5.37	318.7492
2	-2	368.5771486	477.1293843	845.7065329	1.955	2.13	2.30	188.5305	207.89951	7.16	389.27
2.5	-2.5	509.9490442	477.1293843	987.0784285	1.955	2.13	2.30	260.8435	207.89951	8.95	459.7968
3	-3	651.3209964	477.1293843	1128.450381	1.955	2.13	2.30	333.1565	207.89951	10.74	530.3206
3.5	-3.5	792.6930899	477.1293843	1269.822474	1.955	2.13	2.30	405.4696	207.89951	12.52	600.8445
4	-4	934.0651269	477.1293843	1411.194511	1.955	2.13	2.30	477.7827	207.89951	14.31	671.3683
4.5	-4.5	1075.436994	477.1293843	1552.566378	1.955	2.13	2.30	550.0956	207.89951	16.10	741.892
5	-5	1216.809031	477.1293843	1693.938415	1.955	2.13	2.30	622.4087	207.89951	17.89	812.4159
5.5	-5.5	1358.180955	477.1293843	1835.310339	1.955	2.13	2.30	694.7217	207.89951	19.68	882.9396
6	-6	1499.552992	477.1293843	1976.682376	1.955	2.13	2.30	767.0348	207.89951	21.47	953.4635
6.5	-6.5	1640.925001	477.1293843	2118.054385	1.955	2.13	2.30	839.3478	207.89951	23.26	1023.987
7	-7	1782.296755	477.1293843	2259.426139	1.955	2.13	2.30	911.6607	207.89951	25.05	1094.511
7.5	-7.5	1923.66899	477.1293843	2400.798374	1.955	2.13	2.30	983.9739	207.89951	26.84	1165.035
8	-8	2065.040801	477.1293843	2542.170185	1.955	2.13	2.30	1056.287	207.89951	28.63	1235.559
8.5	-8.5	2206.412753	477.1293843	2683.542137	1.955	2.13	2.30	1128.6	207.89951	30.42	1306.082
9	-9	2347.784846	477.1293843	2824.914231	1.955	2.13	2.30	1200.913	207.89951	32.21	1376.606
9.5	-9.5	2489.156883	477.1293843	2966.286268	1.955	2.13	2.30	1273.226	207.89951	34.00	1447.13
10	-10	2630.528751	477.1293843	3107.658135	1.955	2.13	2.30	1345.539	207.89951	35.78	1517.654
10.5	-10.5	2771.900788	477.1293843	3249.030172	1.955	2.13	2.30	1417.852	207.89951	37.57	1588.178
11	-11	2913.272712	477.1293843	3390.402096	1.955	2.13	2.30	1490.165	207.89951	39.36	1658.701
11.5	-11.5	3054.644749	477.1293843	3531.774133	1.955	2.13	2.30	1562.478	207.89951	41.15	1729.225
12	-12	3196.016757	477.1293843	3673.146141	1.955	2.13	2.30	1634.791	207.89951	42.94	1799.749
12.5	-12.5	3337.388511	477.1293843	3814.517896	1.955	2.13	2.30	1707.104	207.89951	44.73	1870.273
13	-13	3478.760746	477.1293843	3955.890131	1.955	2.13	2.30	1779.417	207.89951	46.52	1940.797
13.5	-13.5	3620.13269	477.1293843	4097.262074	1.955	2.13	2.30	1851.73	207.89951	48.31	2011.32
14	-14	3761.504594	477.1293843	4238.633978	1.955	2.13	2.30	1924.043	207.89951	50.10	2081.844
14.5	-14.5	3902.876744	477.1293843	4380.006128	1.955	2.13	2.30	1996.356	207.89951	51.89	2152.368
15	-15	4044.24864	477.1293843	4521.378024	1.955	2.13	2.30	2068.669	207.89951	53.68	2222.892

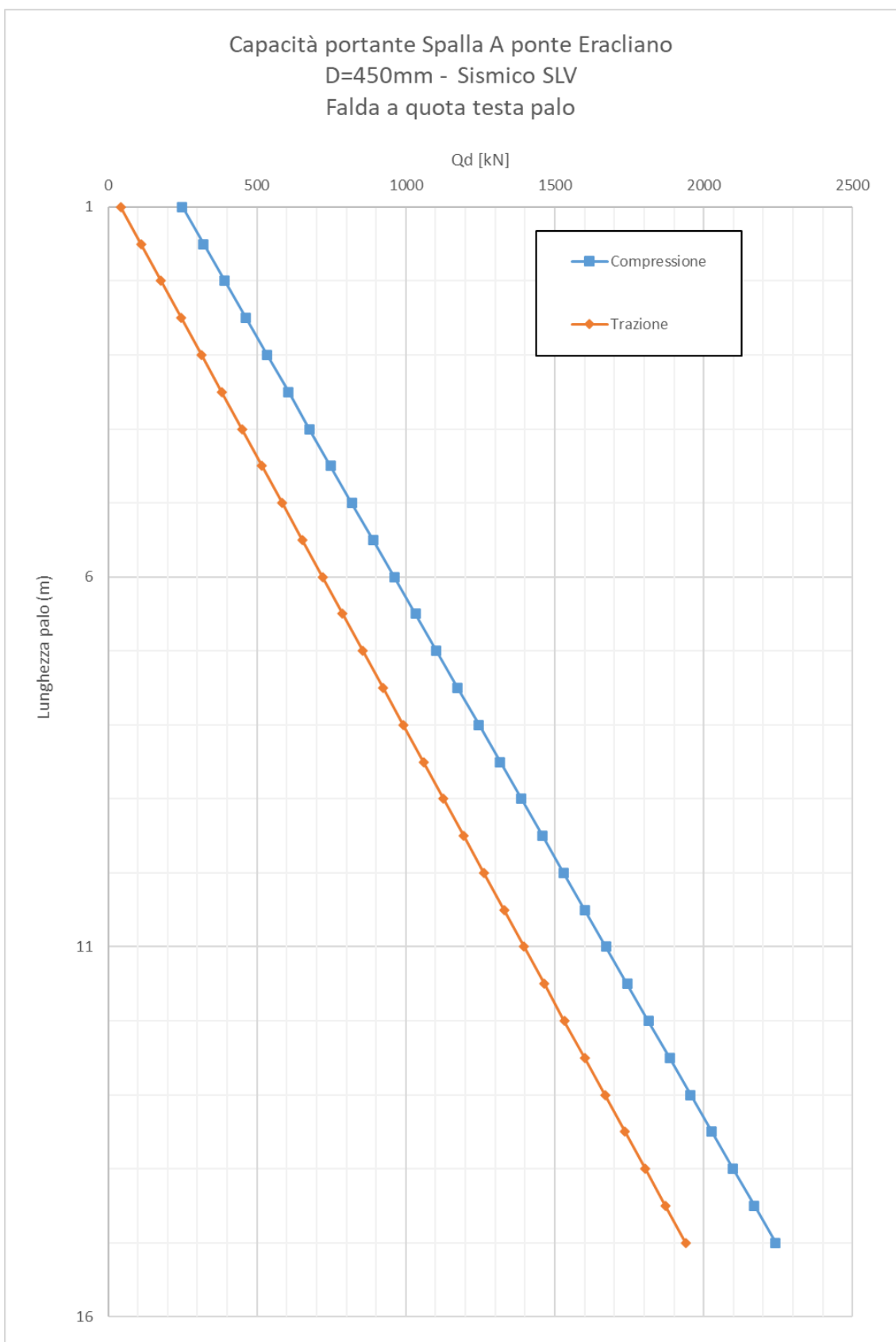
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	TRAZIONE			
								QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	0.515286435	5.872985591	6.388272026	1.955	2.13	2.30	0.242488	0.954259	1.196747	1.196747
1	-1	85.83307468	477.1293843	562.9624589	1.955	2.13	2.30	40.39204	1.908518	42.30055	42.30055
1.5	-1.5	227.2049986	477.1293843	704.3343828	1.955	2.13	2.30	106.92	2.862776	109.7828	109.7828
2	-2	368.5771486	477.1293843	845.7065329	1.955	2.13	2.30	173.4481	3.817035	177.2651	177.2651
2.5	-2.5	509.9490442	477.1293843	987.0784285	1.955	2.13	2.30	239.976	4.771294	244.7473	244.7473
3	-3	651.3209964	477.1293843	1128.450381	1.955	2.13	2.30	306.504	5.725553	312.2296	312.2296
3.5	-3.5	792.6930899	477.1293843	1269.822474	1.955	2.13	2.30	373.032	6.679811	379.7119	379.7119
4	-4	934.0651269	477.1293843	1411.194511	1.955	2.13	2.30	439.5601	7.63407	447.1941	447.1941
4.5	-4.5	1075.436994	477.1293843	1552.566378	1.955	2.13	2.30	506.088	8.588329	514.6763	514.6763
5	-5	1216.809031	477.1293843	1693.938415	1.955	2.13	2.30	572.616	9.542588	582.1586	582.1586
5.5	-5.5	1358.180955	477.1293843	1835.310339	1.955	2.13	2.30	639.144	10.49685	649.6408	649.6408
6	-6	1499.552992	477.1293843	1976.682376	1.955	2.13	2.30	705.672	11.45111	717.1231	717.1231
6.5	-6.5	1640.925001	477.1293843	2118.054385	1.955	2.13	2.30	772.2	12.40536	784.6054	784.6054
7	-7	1782.296755	477.1293843	2259.426139	1.955	2.13	2.30	838.7279	13.35962	852.0875	852.0875
7.5	-7.5	1923.66899	477.1293843	2400.798374	1.955	2.13	2.30	905.256	14.31388	919.5699	919.5699
8	-8	2065.040801	477.1293843	2542.170185	1.955	2.13	2.30	971.7839	15.26814	987.052	987.052
8.5	-8.5	2206.412753	477.1293843	2683.542137	1.955	2.13	2.30	1038.312	16.2224	1054.534	1054.534
9	-9	2347.784846	477.1293843	2824.914231	1.955	2.13	2.30	1104.84	17.17666	1122.017	1122.017
9.5	-9.5	2489.156883	477.1293843	2966.286268	1.955	2.13	2.30	1171.368	18.13092	1189.499	1189.499
10	-10	2630.528751	477.1293843	3107.658135	1.955	2.13	2.30	1237.896	19.08518	1256.981	1256.981
10.5	-10.5	2771.900788	477.1293843	3249.030172	1.955	2.13	2.30	1304.424	20.03943	1324.463	1324.463
11	-11	2913.272712	477.1293843	3390.402096	1.955	2.13	2.30	1370.952	20.99369	1391.946	1391.946
11.5	-11.5	3054.644749	477.1293843	3531.774133	1.955	2.13	2.30	1437.48	21.94795	1459.428	1459.428
12	-12	3196.016757	477.1293843	3673.146141	1.955	2.13	2.30	1504.008	22.90221	1526.91	1526.91
12.5	-12.5	3337.388511	477.1293843	3814.517896	1.955	2.13	2.30	1570.536	23.85647	1594.392	1594.392
13	-13	3478.760746	477.1293843	3955.890131	1.955	2.13	2.30	1637.064	24.81073	1661.875	1661.875
13.5	-13.5	3620.13269	477.1293843	4097.262074	1.955	2.13	2.30	1703.592	25.76499	1729.357	1729.357
14	-14	3761.504594	477.1293843	4238.633978	1.955	2.13	2.30	1770.12	26.71925	1796.839	1796.839
14.5	-14.5	3902.876744	477.1293843	4380.006128	1.955	2.13	2.30	1836.648	27.6735	1864.321	1864.321
15	-15	4044.24864	477.1293843	4521.378024	1.955	2.13	2.30	1903.176	28.62776	1931.804	1931.804



Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLV):

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	COMPRESSIONE			
								QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	0.515286435	5.872985591	6.388272026	1.955	2.13	2.30	0.263574	2.5590351	1.19	1.63
1	-1	85.83307468	477.1293843	562.9624589	1.955	2.13	2.30	43.90439	207.89951	2.39	249.4183
1.5	-1.5	227.2049986	477.1293843	704.3343828	1.955	2.13	2.30	116.2174	207.89951	3.58	320.5384
2	-2	368.5771486	477.1293843	845.7065329	1.955	2.13	2.30	188.5305	207.89951	4.77	391.66
2.5	-2.5	509.9490442	477.1293843	987.0784285	1.955	2.13	2.30	260.8435	207.89951	5.96	462.7789
3	-3	651.3209964	477.1293843	1128.450381	1.955	2.13	2.30	333.1565	207.89951	7.16	533.8991
3.5	-3.5	792.6930899	477.1293843	1269.822474	1.955	2.13	2.30	405.4696	207.89951	8.35	605.0194
4	-4	934.0651269	477.1293843	1411.194511	1.955	2.13	2.30	477.7827	207.89951	9.54	676.1396
4.5	-4.5	1075.436994	477.1293843	1552.566378	1.955	2.13	2.30	550.0956	207.89951	10.74	747.2598
5	-5	1216.809031	477.1293843	1693.938415	1.955	2.13	2.30	622.4087	207.89951	11.93	818.38
5.5	-5.5	1358.180955	477.1293843	1835.310339	1.955	2.13	2.30	694.7217	207.89951	13.12	889.5002
6	-6	1499.552992	477.1293843	1976.682376	1.955	2.13	2.30	767.0348	207.89951	14.31	960.6204
6.5	-6.5	1640.925001	477.1293843	2118.054385	1.955	2.13	2.30	839.3478	207.89951	15.51	1031.741
7	-7	1782.296755	477.1293843	2259.426139	1.955	2.13	2.30	911.6607	207.89951	16.70	1102.861
7.5	-7.5	1923.66899	477.1293843	2400.798374	1.955	2.13	2.30	983.9739	207.89951	17.89	1173.981
8	-8	2065.040801	477.1293843	2542.170185	1.955	2.13	2.30	1056.287	207.89951	19.09	1245.101
8.5	-8.5	2206.412753	477.1293843	2683.542137	1.955	2.13	2.30	1128.6	207.89951	20.28	1316.221
9	-9	2347.784846	477.1293843	2824.914231	1.955	2.13	2.30	1200.913	207.89951	21.47	1387.342
9.5	-9.5	2489.156883	477.1293843	2966.286268	1.955	2.13	2.30	1273.226	207.89951	22.66	1458.462
10	-10	2630.528751	477.1293843	3107.658135	1.955	2.13	2.30	1345.539	207.89951	23.86	1529.582
10.5	-10.5	2771.900788	477.1293843	3249.030172	1.955	2.13	2.30	1417.852	207.89951	25.05	1600.702
11	-11	2913.272712	477.1293843	3390.402096	1.955	2.13	2.30	1490.165	207.89951	26.24	1671.822
11.5	-11.5	3054.644749	477.1293843	3531.774133	1.955	2.13	2.30	1562.478	207.89951	27.43	1742.943
12	-12	3196.016757	477.1293843	3673.146141	1.955	2.13	2.30	1634.791	207.89951	28.63	1814.063
12.5	-12.5	3337.388511	477.1293843	3814.517896	1.955	2.13	2.30	1707.104	207.89951	29.82	1885.183
13	-13	3478.760746	477.1293843	3955.890131	1.955	2.13	2.30	1779.417	207.89951	31.01	1956.303
13.5	-13.5	3620.13269	477.1293843	4097.262074	1.955	2.13	2.30	1851.73	207.89951	32.21	2027.424
14	-14	3761.504594	477.1293843	4238.633978	1.955	2.13	2.30	1924.043	207.89951	33.40	2098.544
14.5	-14.5	3902.876744	477.1293843	4380.006128	1.955	2.13	2.30	1996.356	207.89951	34.59	2169.664
15	-15	4044.24864	477.1293843	4521.378024	1.955	2.13	2.30	2068.669	207.89951	35.78	2240.784

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	TRAZIONE			
								QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	0.515286435	5.872985591	6.388272026	1.955	2.13	2.30	0.242488	1.192823	1.19	1.435311
1	-1	85.83307468	477.1293843	562.9624589	1.955	2.13	2.30	40.39204	2.385647	2.39	42.77768
1.5	-1.5	227.2049986	477.1293843	704.3343828	1.955	2.13	2.30	106.92	3.57847	3.58	110.4985
2	-2	368.5771486	477.1293843	845.7065329	1.955	2.13	2.30	173.4481	4.771294	4.77	178.2194
2.5	-2.5	509.9490442	477.1293843	987.0784285	1.955	2.13	2.30	239.976	5.964117	5.96	245.9401
3	-3	651.3209964	477.1293843	1128.450381	1.955	2.13	2.30	306.504	7.156941	7.16	313.6609
3.5	-3.5	792.6930899	477.1293843	1269.822474	1.955	2.13	2.30	373.032	8.349764	8.35	381.3818
4	-4	934.0651269	477.1293843	1411.194511	1.955	2.13	2.30	439.5601	9.542588	9.54	449.1026
4.5	-4.5	1075.436994	477.1293843	1552.566378	1.955	2.13	2.30	506.088	10.73541	10.74	516.8234
5	-5	1216.809031	477.1293843	1693.938415	1.955	2.13	2.30	572.616	11.92823	11.93	584.5442
5.5	-5.5	1358.180955	477.1293843	1835.310339	1.955	2.13	2.30	639.144	13.12106	13.12	652.265
6	-6	1499.552992	477.1293843	1976.682376	1.955	2.13	2.30	705.672	14.31388	14.31	719.9859
6.5	-6.5	1640.925001	477.1293843	2118.054385	1.955	2.13	2.30	772.2	15.5067	15.51	787.7067
7	-7	1782.296755	477.1293843	2259.426139	1.955	2.13	2.30	838.7279	16.69953	16.70	855.4274
7.5	-7.5	1923.66899	477.1293843	2400.798374	1.955	2.13	2.30	905.256	17.89235	17.89	923.1483
8	-8	2065.040801	477.1293843	2542.170185	1.955	2.13	2.30	971.7839	19.08518	19.09	990.8691
8.5	-8.5	2206.412753	477.1293843	2683.542137	1.955	2.13	2.30	1038.312	20.278	20.28	1058.59
9	-9	2347.784846	477.1293843	2824.914231	1.955	2.13	2.30	1104.84	21.47082	21.47	1126.311
9.5	-9.5	2489.156883	477.1293843	2966.286268	1.955	2.13	2.30	1171.368	22.66365	22.66	1194.032
10	-10	2630.528751	477.1293843	3107.658135	1.955	2.13	2.30	1237.896	23.85647	23.86	1261.752
10.5	-10.5	2771.900788	477.1293843	3249.030172	1.955	2.13	2.30	1304.424	25.04929	25.05	1329.473
11	-11	2913.272712	477.1293843	3390.402096	1.955	2.13	2.30	1370.952	26.24212	26.24	1397.194
11.5	-11.5	3054.644749	477.1293843	3531.774133	1.955	2.13	2.30	1437.48	27.43494	27.43	1464.915
12	-12	3196.016757	477.1293843	3673.146141	1.955	2.13	2.30	1504.008	28.62776	28.63	1532.636
12.5	-12.5	3337.388511	477.1293843	3814.517896	1.955	2.13	2.30	1570.536	29.82059	29.82	1600.356
13	-13	3478.760746	477.1293843	3955.890131	1.955	2.13	2.30	1637.064	31.01341	31.01	1668.077
13.5	-13.5	3620.13269	477.1293843	4097.262074	1.955	2.13	2.30	1703.592	32.20623	32.21	1735.798
14	-14	3761.504594	477.1293843	4238.633978	1.955	2.13	2.30	1770.12	33.39906	33.40	1803.519
14.5	-14.5	3902.876744	477.1293843	4380.006128	1.955	2.13	2.30	1836.648	34.59188	34.59	1871.24
15	-15	4044.24864	477.1293843	4521.378024	1.955	2.13	2.30	1903.176	35.7847	35.78	1938.961



PROGETTAZIONE ATI:

Carico limite orizzontale

Per il calcolo del momento plastico si è fatto riferimento all'armatura riportata nella specifica relazione di calcolo delle strutture. La armatura è costituita da un tubo in acciaio $\phi=298.5$ mm con spessore uguale a 20 mm.

$M_{plas} = 518$ kNm

Teoria: Si ipotizza che la rottura del sistema palo-terreno possa avvenire seguendo 3 meccanismi di rottura diversi: 1) meccanismo di palo corto; 2) meccanismo di palo intermedio; 3) meccanismo di palo lungo. Il meccanismo di rottura che si sviluppa dipende dal momento ultimo della sezione del palo, della lunghezza del palo e dalle pressioni limite nette che si sviluppano lungo il fusto. La pressione limite netta, per un mezzo dotato di coesione e attrito, è espressa come $\sigma_{lim} = K_{\sigma} \cdot \sigma_{v0}' + K_c \cdot c$. La forza limite orizzontale per unità di lunghezza del palo è pari a $\sigma_{lim} \cdot D$, dove D è il diametro del palo. Per maggiori informazioni si rimanda all'articolo di Brinch Hansen (1961).

Input:

coefficienti parziali			A		M		R		
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	$\gamma_{\phi'}$	γ_{cu}	γ_r		
CS	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00		
	A2+M1+R2	☐	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60		
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30		
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30		
DM88		☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
definiti dal progettista			☒	1.00	1.00	1.00	2.00	1.30	

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	Quota [m]	γ [kN/m ³]	Parametri medi		Parametri minimi	
				ϕ [°]	c [kPa]	ϕ [°]	c [kPa]
☐ strato 1	Sub-alt	100.00	21	27.5	15	27.5	15
☒ strato 2	SUB	99.30	23.5	28.5	40	28.5	40
☐ strato 3							
☐ strato 4							
☐ strato 5							
☐ strato 6							

z_w	100	[m]	Quota falda
q	0	[kPa]	Sovraccarico applicato a quota strato 1 (già comprensivo di coefficiente parziali sulle azioni)
Mu	518	[kNm]	Momento ultimo della sezione
D	0.45	[m]	Diametro del palo
L	8	[m]	Lunghezza del palo

Risultati:

H medio		H minimo	
Palo lungo	764 (kN)	Palo lungo	764 (kN)
Palo intermedio	2589 (kN)	Palo intermedio	2589 (kN)
Palo corto	6478 (kN)	Palo corto	6478 (kN)
H_{med}	764 (kN)	H_{min}	764.0 (kN)
H_k = Min(H_{med}/ξ₃; R_{min}/ξ₄)		449.38 (kN)	
H_d = H_k · γ_r		345.68 (kN)	
Carico Assiale Permanente (G):	G = 1 (kN)	Carico Assiale Permanente (G):	G = 1 (kN)
Carico Assiale variabile (Q):	Q = 0 (kN)	Carico Assiale variabile (Q):	Q = 0 (kN)
F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		1.00 (kN)	
FS = H_d / F_d =		345.68	

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

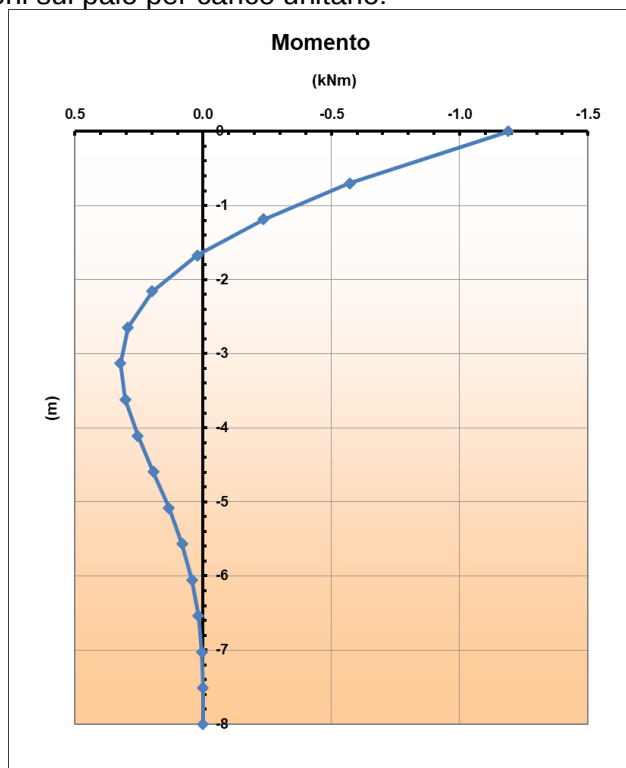


Figura 7-3 – Momento flettente agente per carico unitario

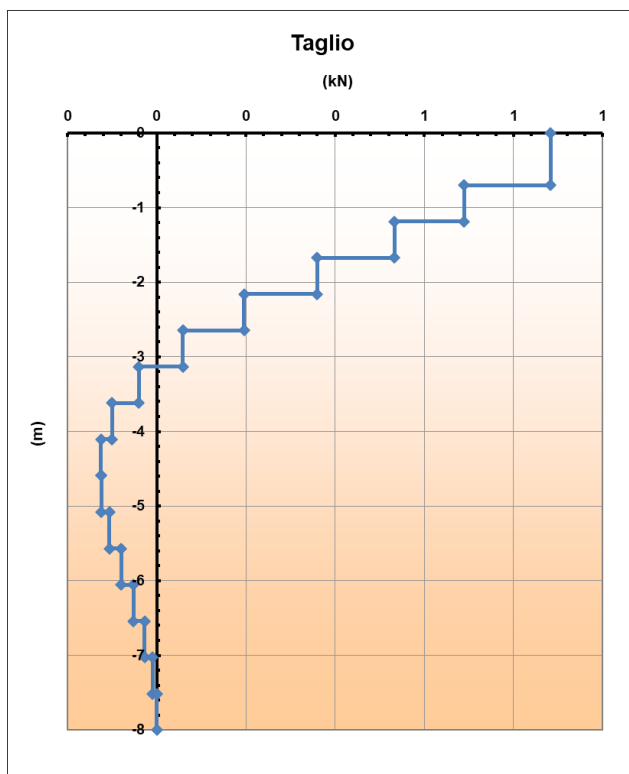


Figura 7-4 – Taglio agente per carico unitario

PROGETTAZIONE ATI:

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

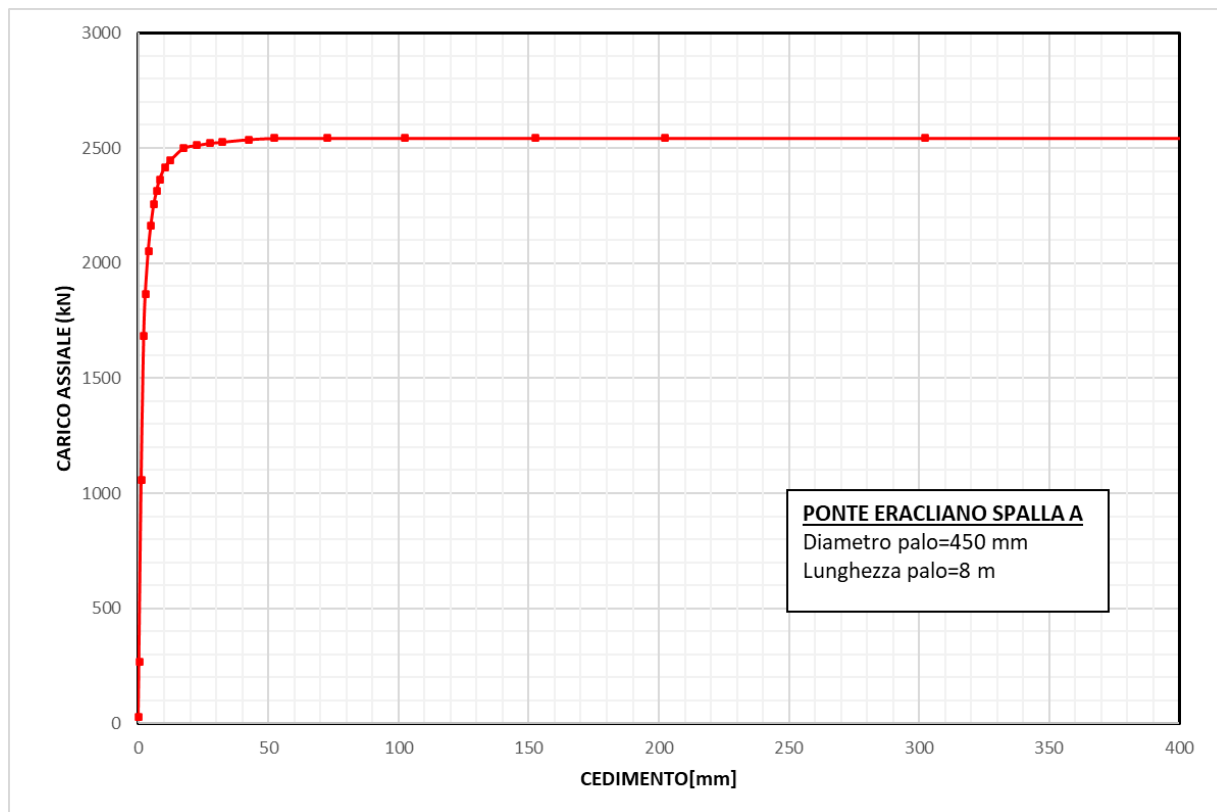


Figura 7-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI:

8. PONTE ERACLIANO SPALLA B QUOTA=298.47 M.S.L.M

Nella seguente tabella si riporta la stratigrafia utilizzata per il calcolo della capacità portante. La stratigrafia parte da testa palo.

Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	N_q [-]	$q_{b,lim}$ [kPa]
SUB	23.5	28.5	40	-	3000

La capacità portante per le fondazioni è stata valutata per pali di medio diametro $D=450$ mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- $\xi_3 = 1.70$
- $FS_L =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 2.0$)
- $FS_{L,t} =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.1$)
- $FS_B =$ fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$)

Si è considerato:

- falda a quota testa palo.

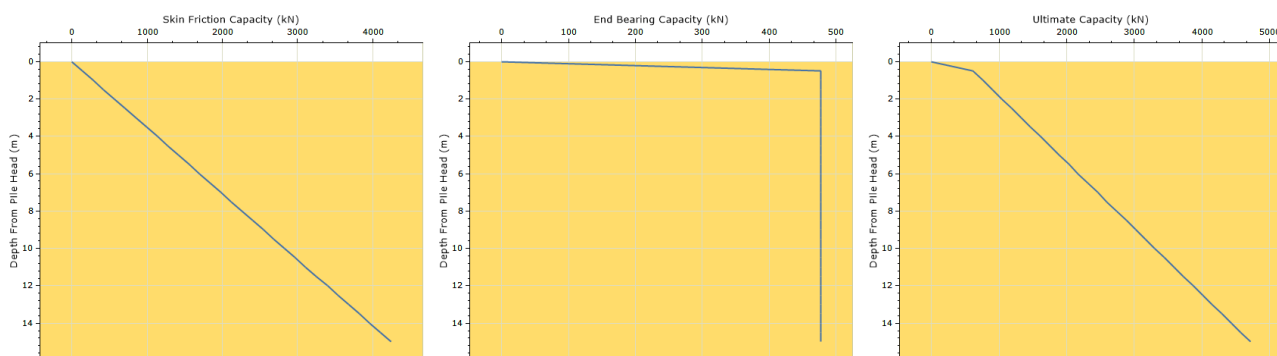


Figura 8-1 – Curve a compressione non fattorizzate

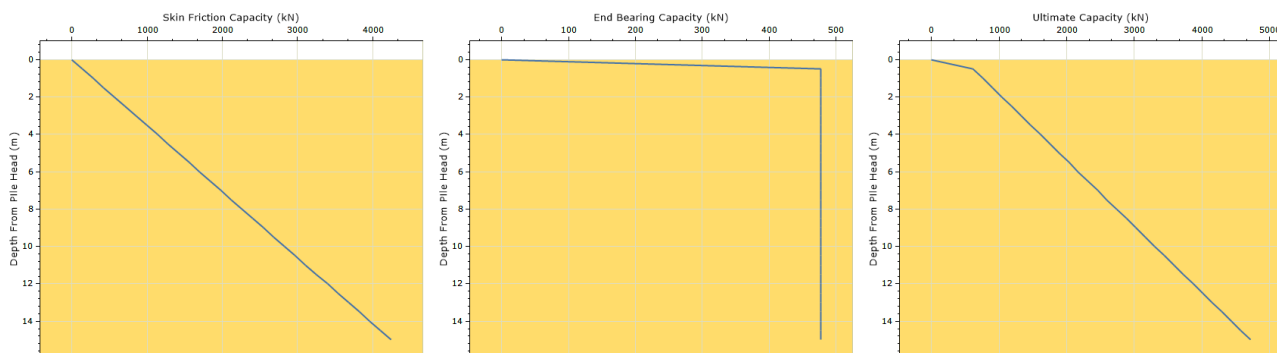


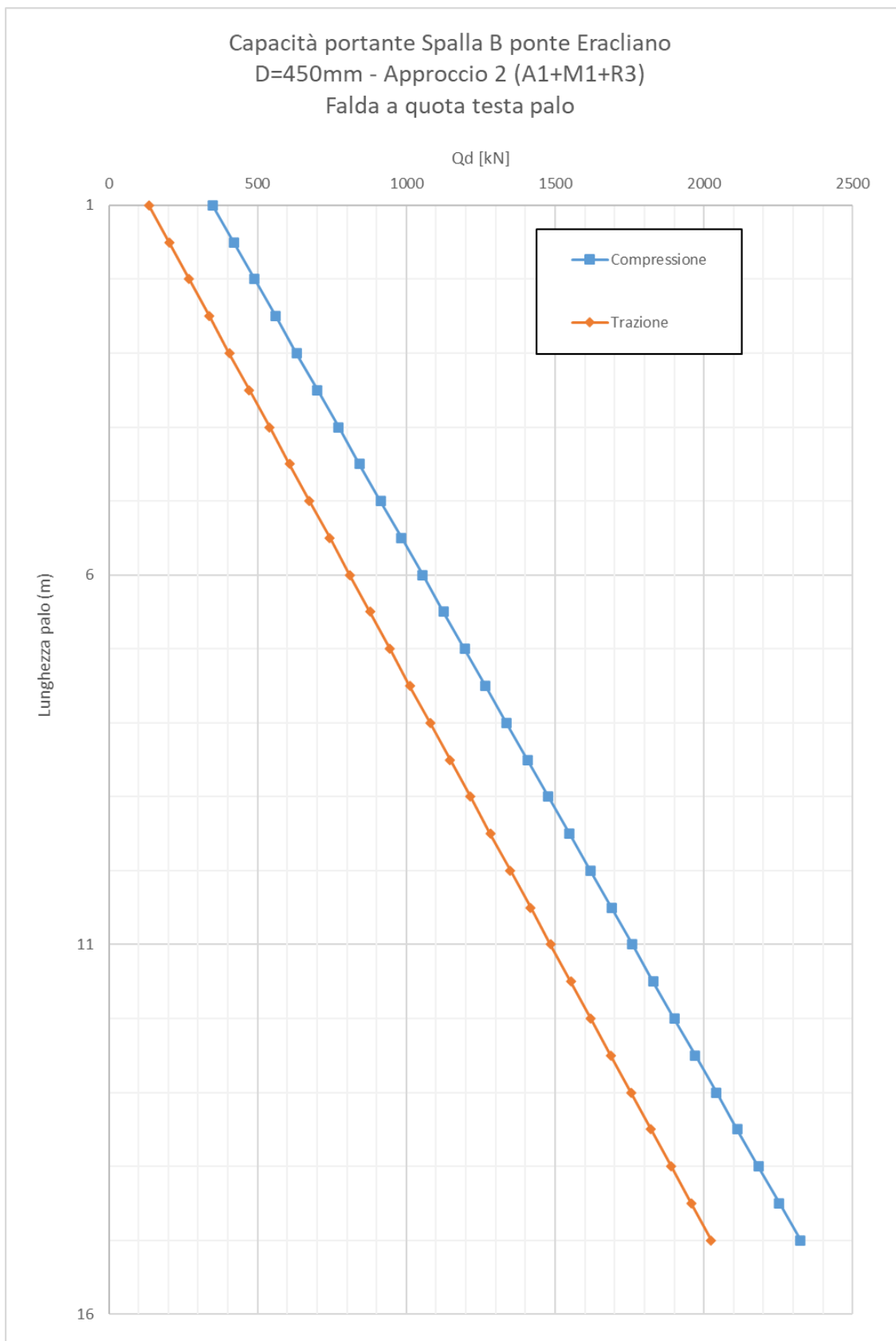
Figura 8-2 – Curve a trazione non fattorizzate

PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLU):

					COMPRESSIONE						
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	72.31287	207.89951	1.79	278.42
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	144.6257	207.89951	3.58	348.9468
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	216.9386	207.89951	5.37	419.4704
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	289.2515	207.89951	7.16	489.99
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	361.5644	207.89951	8.95	560.5177
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	433.8772	207.89951	10.74	631.0413
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	506.1901	207.89951	12.52	701.565
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	578.503	207.89951	14.31	772.0886
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	650.8159	207.89951	16.10	842.6123
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	723.1287	207.89951	17.89	913.1359
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	795.4416	207.89951	19.68	983.6595
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	867.7545	207.89951	21.47	1054.183
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	940.0674	207.89951	23.26	1124.707
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	1012.38	207.89951	25.05	1195.23
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	1084.693	207.89951	26.84	1265.754
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1157.006	207.89951	28.63	1336.278
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1229.319	207.89951	30.42	1406.801
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1301.632	207.89951	32.21	1477.325
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1373.945	207.89951	34.00	1547.849
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1446.257	207.89951	35.78	1618.372
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1518.57	207.89951	37.57	1688.896
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1590.883	207.89951	39.36	1759.42
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1663.196	207.89951	41.15	1829.943
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1735.509	207.89951	42.94	1900.467
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1807.822	207.89951	44.73	1970.99
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1880.135	207.89951	46.52	2041.514
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1952.448	207.89951	48.31	2112.038
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	2024.76	207.89951	50.10	2182.561
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	2097.073	207.89951	51.89	2253.085
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	2169.386	207.89951	53.68	2323.609

								TRAZIONE		
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	QI/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	66.52784	0.954259	67.4821
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	133.0557	1.908518	134.9642
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	199.5835	2.862776	202.4463
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	266.1114	3.817035	269.9284
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	332.6392	4.771294	337.4105
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	399.1671	5.725553	404.8926
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	465.6949	6.679811	472.3747
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	532.2228	7.63407	539.8568
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	598.7506	8.588329	607.3389
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	665.2784	9.542588	674.821
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	731.8063	10.49685	742.3031
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	798.3341	11.45111	809.7852
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	864.862	12.40536	877.2673
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	931.3898	13.35962	944.7494
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	997.9177	14.31388	1012.232
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1064.446	15.26814	1079.714
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1130.973	16.2224	1147.196
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1197.501	17.17666	1214.678
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1264.029	18.13092	1282.16
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1330.557	19.08518	1349.642
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1397.085	20.03943	1417.124
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1463.613	20.99369	1484.606
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1530.14	21.94795	1552.088
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1596.668	22.90221	1619.57
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1663.196	23.85647	1687.053
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1729.724	24.81073	1754.535
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1796.252	25.76499	1822.017
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	1862.78	26.71925	1889.499
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	1929.307	27.6735	1956.981
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	1995.835	28.62776	2024.463

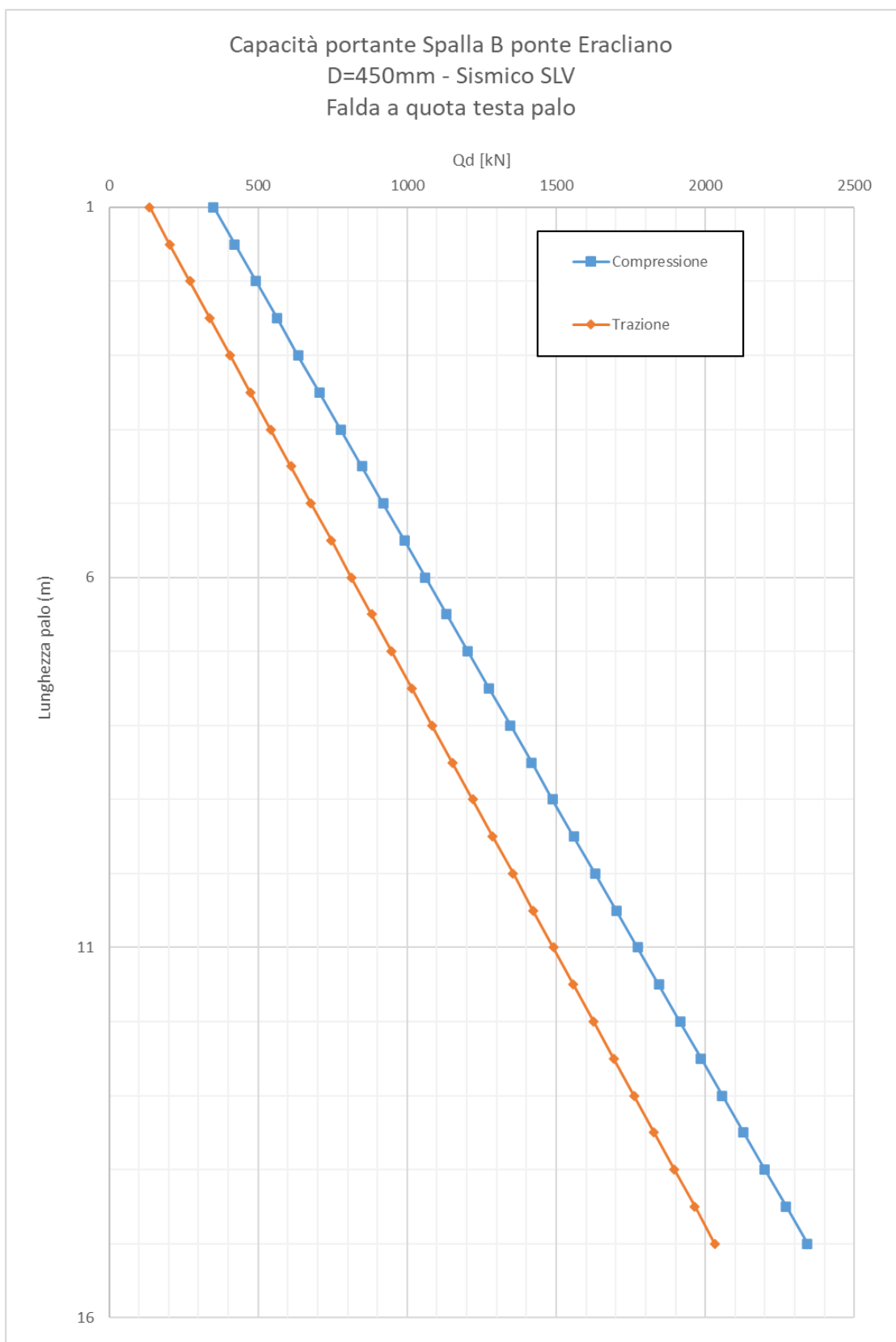


PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLV):

					COMPRESSIONE						
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	72.31287	207.89951	1.19	279.02
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	144.6257	207.89951	2.39	350.1396
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	216.9386	207.89951	3.58	421.2597
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	289.2515	207.89951	4.77	492.38
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	361.5644	207.89951	5.96	563.4998
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	433.8772	207.89951	7.16	634.6198
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	506.1901	207.89951	8.35	705.7399
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	578.503	207.89951	9.54	776.8599
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	650.8159	207.89951	10.74	847.98
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	723.1287	207.89951	11.93	919.1
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	795.4416	207.89951	13.12	990.2201
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	867.7545	207.89951	14.31	1061.34
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	940.0674	207.89951	15.51	1132.46
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	1012.38	207.89951	16.70	1203.58
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	1084.693	207.89951	17.89	1274.7
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1157.006	207.89951	19.09	1345.82
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1229.319	207.89951	20.28	1416.94
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1301.632	207.89951	21.47	1488.06
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1373.945	207.89951	22.66	1559.18
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1446.257	207.89951	23.86	1630.301
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1518.57	207.89951	25.05	1701.421
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1590.883	207.89951	26.24	1772.541
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1663.196	207.89951	27.43	1843.661
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1735.509	207.89951	28.63	1914.781
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1807.822	207.89951	29.82	1985.901
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1880.135	207.89951	31.01	2057.021
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1952.448	207.89951	32.21	2128.141
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	2024.76	207.89951	33.40	2199.261
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	2097.073	207.89951	34.59	2270.381
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	2169.386	207.89951	35.78	2341.501

								TRAZIONE		
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	QI/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	66.52784	1.192823	67.72067
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	133.0557	2.385647	135.4413
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	199.5835	3.57847	203.162
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	266.1114	4.771294	270.8827
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	332.6392	5.964117	338.6033
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	399.1671	7.156941	406.324
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	465.6949	8.349764	474.0447
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	532.2228	9.542588	541.7653
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	598.7506	10.73541	609.486
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	665.2784	11.92823	677.2067
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	731.8063	13.12106	744.9273
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	798.3341	14.31388	812.648
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	864.862	15.5067	880.3687
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	931.3898	16.69953	948.0894
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	997.9177	17.89235	1015.81
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1064.446	19.08518	1083.531
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1130.973	20.278	1151.251
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1197.501	21.47082	1218.972
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1264.029	22.66365	1286.693
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1330.557	23.85647	1354.413
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1397.085	25.04929	1422.134
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1463.613	26.24212	1489.855
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1530.14	27.43494	1557.575
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1596.668	28.62776	1625.296
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1663.196	29.82059	1693.017
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1729.724	31.01341	1760.737
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1796.252	32.20623	1828.458
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	1862.78	33.39906	1896.179
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	1929.307	34.59188	1963.899
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	1995.835	35.7847	2031.62



Carico limite orizzontale

Per il calcolo del momento plastico si è fatto riferimento all'armatura riportata nella specifica relazione di calcolo delle strutture. La armatura è costituita da un tubo in acciaio $\phi=298.5$ mm con spessore uguale a 20 mm.

$M_{plas} = 440$ kNm

Carico limite orizzontale di un palo singolo impedito di ruotare in testa in accordo alla teoria di Brinch-Hansen									
Teoria: Si ipotizza che la rottura del sistema palo-terreno possa avvenire seguendo 3 meccanismi di rottura diversi: 1) meccanismo di palo corto; 2) meccanismo di palo intermedio; 3) meccanismo di palo lungo. Il meccanismo di rottura che si sviluppa dipende dal momento ultimo della sezione del palo, della lunghezza del palo e dalle pressioni limite nette che si sviluppano lungo il fusto. La pressione limite netta, per un mezzo dotato di coesione e attrito, è espressa come $\sigma_{lim} = K_o \cdot \sigma_{vo}' + K_c \cdot c$. La forza limite orizzontale per unità di lunghezza del palo è pari a $\sigma_{lim} \cdot D$, dove D è il diametro del palo. Per maggiori informazioni si rimanda all'articolo di Brinch Hansen (1961).									
Input:									
coefficienti parziali			A		M		R		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_{ef}	γ_{cu}	γ_r		
UD	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00		
	A2+M1+R2	☐	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60		
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30		
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30		
	DM88	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
definiti dal progettista			☒	1.00	1.00	1.00	2.00	1.30	
n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00
strati terreno		descrizione	Quota [m]	γ [kN/m ³]	Parametri medi		Parametri minimi		
					ϕ [°]	c [kPa]	ϕ [°]	c [kPa]	
	☐	strato 1	Sub	100.00	23.5	28.5	40	28.5	40
	☐	strato 2							
	☐	strato 3							
	☐	strato 4							
	☐	strato 5							
	☐	strato 6							
Z_w	100	[m]	Quota falda						
q	0	[kPa]	Sovraccarico applicato a quota strato 1 (già comprensivo di coefficiente parziali sulle azioni)						
Mu	440	[kNm]	Momento ultimo della sezione						
D	0.45	[m]	Diametro del palo						
L	8	[m]	Lunghezza del palo						
Risultati:									
H medio					H minimo				
Palo lungo	772	(kN)			772	(kN)			
Palo intermedio	2706	(kN)			2706	(kN)			
Palo corto	6637	(kN)			6637	(kN)			
H_{med}	772	(kN)	Palo lungo		H_{min}	771.9	(kN)	Palo lungo	
$H_k = \min(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$					454.06 (kN)				
$H_d = H_k \cdot \gamma_r$					349.28 (kN)				
Carico Assiale Permanente (G):					G =	1	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):					Q =	0	(kN)		
$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$					1.00 (kN)				
$FS = H_d / F_d =$					349.28				

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

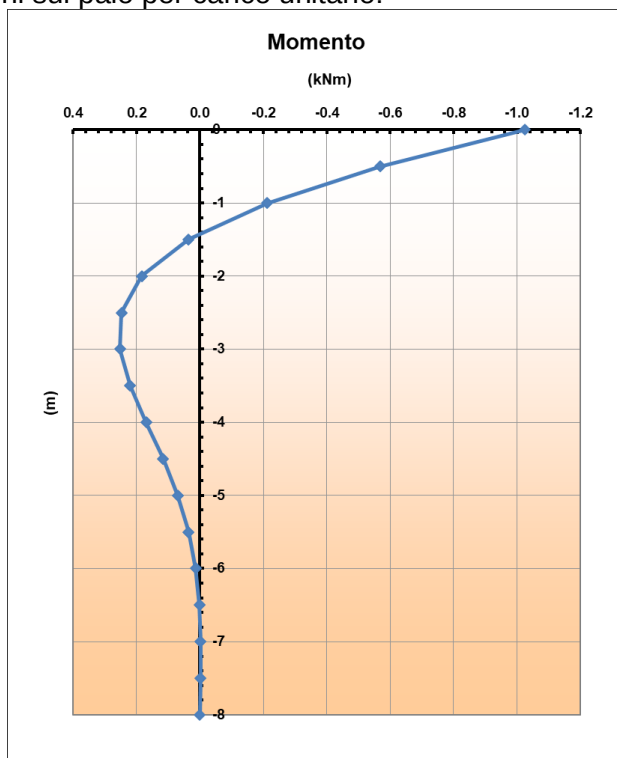


Figura 8-3 – Momento flettente agente per carico unitario

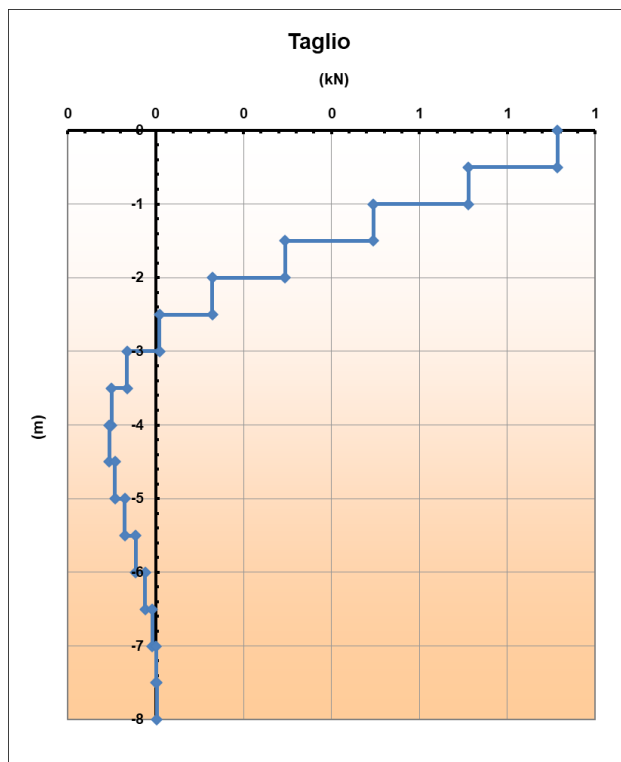


Figura 8-4 –Taglio agente per carico unitario

PROGETTAZIONE ATI:

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

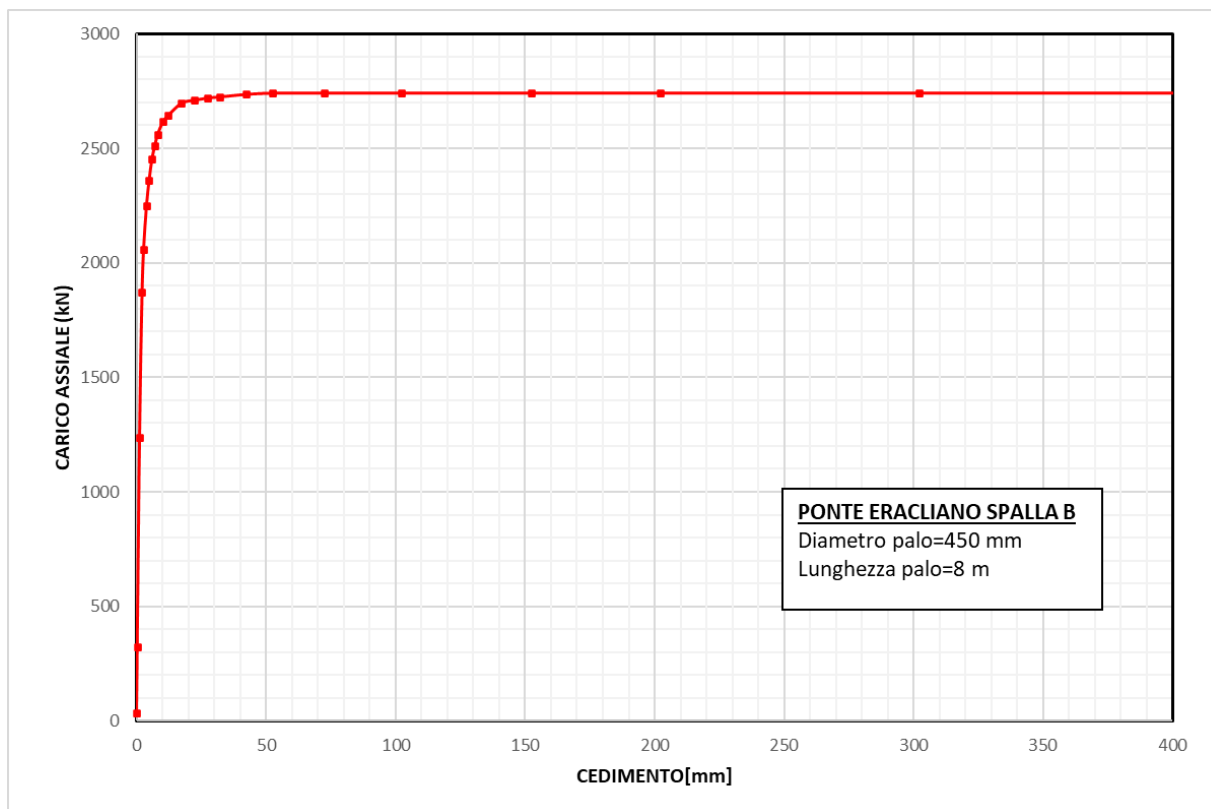


Figura 8-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI:

9. PONTE ERACLIANO SPALLA B QUOTA= 300.97 M.S.L.M

Nella seguente tabella si riporta la stratigrafia utilizzata per il calcolo della capacità portante. La stratigrafia parte da testa palo.

Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	N_q [-]	$q_{b,lim}$ [kPa]
SUB	23.5	28.5	40	-	3000

La capacità portante per le fondazioni è stata valutata per pali di medio diametro $D=450$ mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- $\xi_3 = 1.70$
- $FS_L =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 2.0$)
- $FS_{L,t} =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.1$)
- $FS_B =$ fattore di sicurezza per la portata di base ($= \xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$)

Si è considerato:

- falda a quota testa palo.

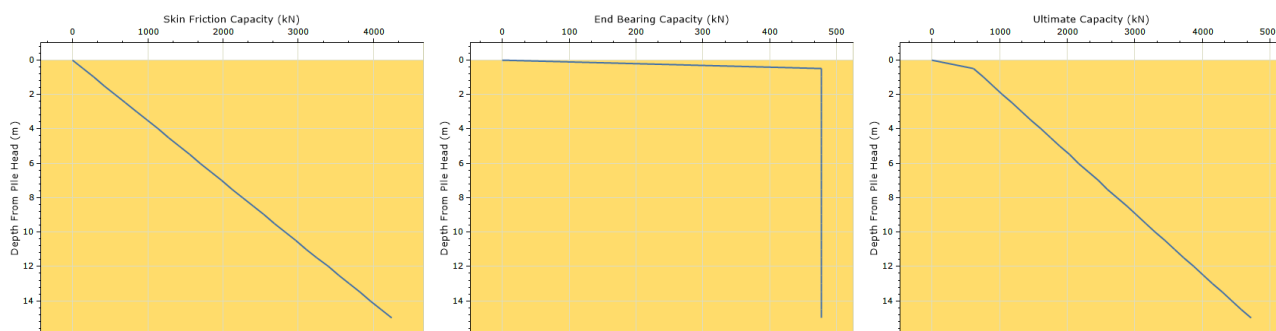


Figura 9-1 – Curve a compressione non fattorizzate

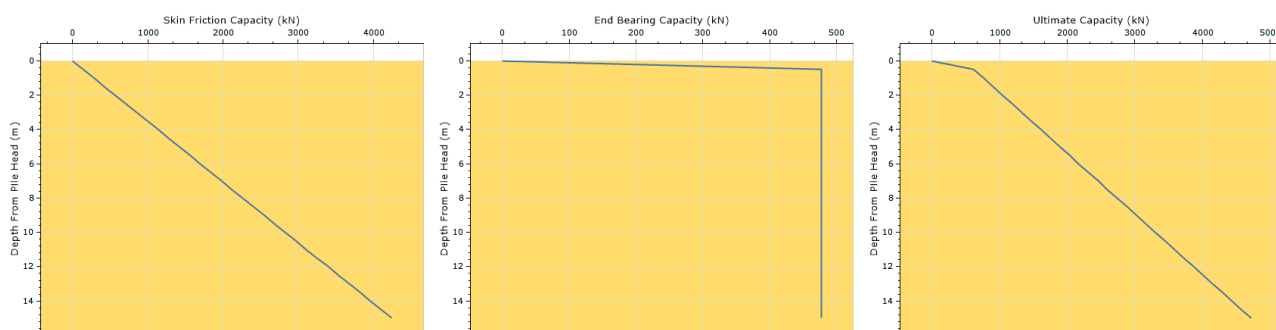


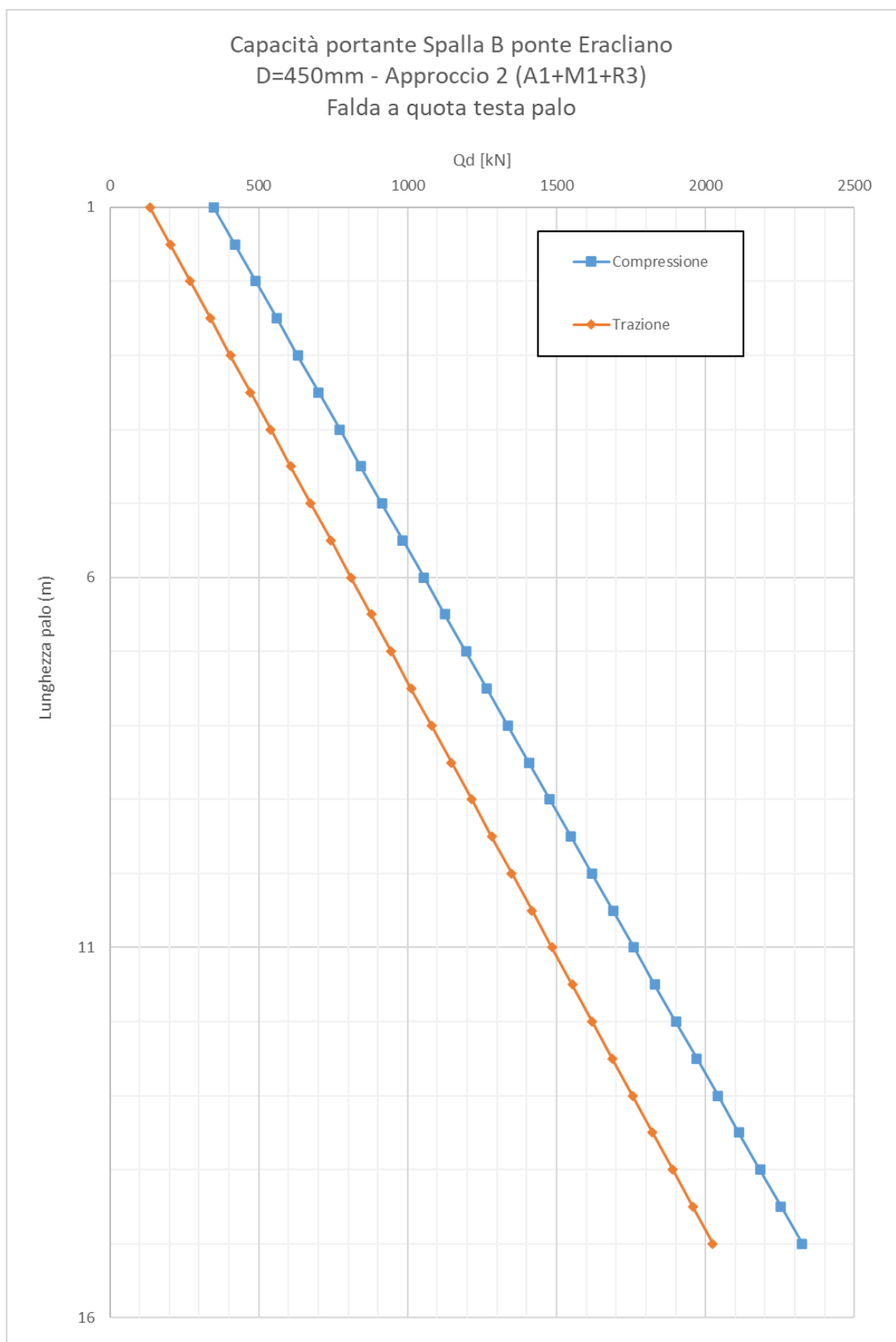
Figura 9-2 – Curve a trazione non fattorizzate

PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLU):

					COMPRESSIONE						
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	72.31287	207.89951	1.79	278.42
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	144.6257	207.89951	3.58	348.9468
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	216.9386	207.89951	5.37	419.4704
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	289.2515	207.89951	7.16	489.99
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	361.5644	207.89951	8.95	560.5177
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	433.8772	207.89951	10.74	631.0413
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	506.1901	207.89951	12.52	701.565
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	578.503	207.89951	14.31	772.0886
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	650.8159	207.89951	16.10	842.6123
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	723.1287	207.89951	17.89	913.1359
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	795.4416	207.89951	19.68	983.6595
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	867.7545	207.89951	21.47	1054.183
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	940.0674	207.89951	23.26	1124.707
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	1012.38	207.89951	25.05	1195.23
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	1084.693	207.89951	26.84	1265.754
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1157.006	207.89951	28.63	1336.278
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1229.319	207.89951	30.42	1406.801
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1301.632	207.89951	32.21	1477.325
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1373.945	207.89951	34.00	1547.849
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1446.257	207.89951	35.78	1618.372
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1518.57	207.89951	37.57	1688.896
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1590.883	207.89951	39.36	1759.42
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1663.196	207.89951	41.15	1829.943
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1735.509	207.89951	42.94	1900.467
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1807.822	207.89951	44.73	1970.99
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1880.135	207.89951	46.52	2041.514
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1952.448	207.89951	48.31	2112.038
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	2024.76	207.89951	50.10	2182.561
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	2097.073	207.89951	51.89	2253.085
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	2169.386	207.89951	53.68	2323.609

								TRAZIONE		
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	QI/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	66.52784	0.954259	67.4821
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	133.0557	1.908518	134.9642
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	199.5835	2.862776	202.4463
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	266.1114	3.817035	269.9284
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	332.6392	4.771294	337.4105
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	399.1671	5.725553	404.8926
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	465.6949	6.679811	472.3747
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	532.2228	7.63407	539.8568
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	598.7506	8.588329	607.3389
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	665.2784	9.542588	674.821
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	731.8063	10.49685	742.3031
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	798.3341	11.45111	809.7852
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	864.862	12.40536	877.2673
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	931.3898	13.35962	944.7494
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	997.9177	14.31388	1012.232
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1064.446	15.26814	1079.714
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1130.973	16.2224	1147.196
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1197.501	17.17666	1214.678
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1264.029	18.13092	1282.16
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1330.557	19.08518	1349.642
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1397.085	20.03943	1417.124
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1463.613	20.99369	1484.606
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1530.14	21.94795	1552.088
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1596.668	22.90221	1619.57
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1663.196	23.85647	1687.053
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1729.724	24.81073	1754.535
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1796.252	25.76499	1822.017
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	1862.78	26.71925	1889.499
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	1929.307	27.6735	1956.981
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	1995.835	28.62776	2024.463

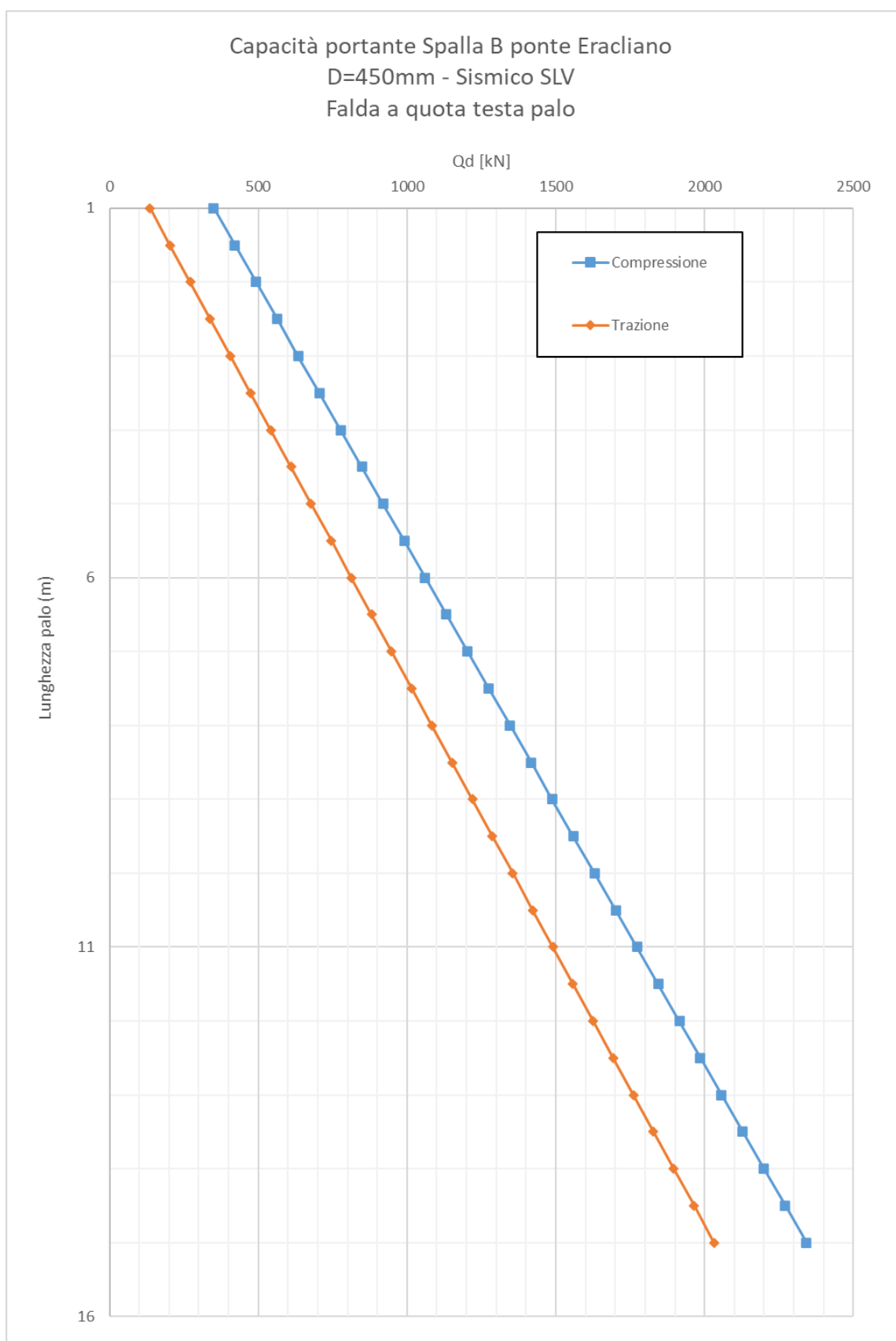


PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLV):

					COMPRESSIONE						
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	72.31287	207.89951	1.19	279.02
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	144.6257	207.89951	2.39	350.1396
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	216.9386	207.89951	3.58	421.2597
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	289.2515	207.89951	4.77	492.38
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	361.5644	207.89951	5.96	563.4998
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	433.8772	207.89951	7.16	634.6198
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	506.1901	207.89951	8.35	705.7399
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	578.503	207.89951	9.54	776.8599
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	650.8159	207.89951	10.74	847.98
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	723.1287	207.89951	11.93	919.1
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	795.4416	207.89951	13.12	990.2201
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	867.7545	207.89951	14.31	1061.34
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	940.0674	207.89951	15.51	1132.46
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	1012.38	207.89951	16.70	1203.58
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	1084.693	207.89951	17.89	1274.7
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1157.006	207.89951	19.09	1345.82
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1229.319	207.89951	20.28	1416.94
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1301.632	207.89951	21.47	1488.06
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1373.945	207.89951	22.66	1559.18
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1446.257	207.89951	23.86	1630.301
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1518.57	207.89951	25.05	1701.421
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1590.883	207.89951	26.24	1772.541
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1663.196	207.89951	27.43	1843.661
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1735.509	207.89951	28.63	1914.781
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1807.822	207.89951	29.82	1985.901
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1880.135	207.89951	31.01	2057.021
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1952.448	207.89951	32.21	2128.141
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	2024.76	207.89951	33.40	2199.261
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	2097.073	207.89951	34.59	2270.381
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	2169.386	207.89951	35.78	2341.501

								TRAZIONE		
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	QI/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	66.52784	1.192823	67.72067
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	133.0557	2.385647	135.4413
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	199.5835	3.57847	203.162
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	266.1114	4.771294	270.8827
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	332.6392	5.964117	338.6033
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	399.1671	7.156941	406.324
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	465.6949	8.349764	474.0447
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	532.2228	9.542588	541.7653
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	598.7506	10.73541	609.486
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	665.2784	11.92823	677.2067
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	731.8063	13.12106	744.9273
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	798.3341	14.31388	812.648
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	864.862	15.5067	880.3687
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	931.3898	16.69953	948.0894
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	997.9177	17.89235	1015.81
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1064.446	19.08518	1083.531
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1130.973	20.278	1151.251
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1197.501	21.47082	1218.972
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1264.029	22.66365	1286.693
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1330.557	23.85647	1354.413
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1397.085	25.04929	1422.134
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1463.613	26.24212	1489.855
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1530.14	27.43494	1557.575
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1596.668	28.62776	1625.296
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1663.196	29.82059	1693.017
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1729.724	31.01341	1760.737
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1796.252	32.20623	1828.458
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	1862.78	33.39906	1896.179
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	1929.307	34.59188	1963.899
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	1995.835	35.7847	2031.62



PROGETTAZIONE ATI:

Carico limite orizzontale

Per il calcolo del momento plastico si è fatto riferimento all'armatura riportata nella specifica relazione di calcolo delle strutture. La armatura è costituita da un tubo in acciaio $\phi=298.5$ mm con spessore uguale a 16 mm.

$M_{plas} = 440$ kNm

Carico limite orizzontale di un palo singolo impedito di ruotare in testa in accordo alla teoria di Brinch-Hansen

Teoria: Si ipotizza che la rottura del sistema palo-terreno possa avvenire seguendo 3 meccanismi di rottura diversi: 1) meccanismo di palo corto; 2) meccanismo di palo intermedio; 3) meccanismo di palo lungo. Il meccanismo di rottura che si sviluppa dipende dal momento ultimo della sezione del palo, della lunghezza del palo e dalle pressioni limite nette che si sviluppano lungo il fusto. La pressione limite netta, per un mezzo dotato di coesione e attrito, è espressa come $\sigma_{lim} = K_{\sigma} \cdot \sigma_{v0}' + K_c \cdot c$. La forza limite orizzontale per unità di lunghezza del palo è pari a $\sigma_{lim} \cdot D$, dove D è il diametro del palo. Per maggiori informazioni si rimanda all'articolo di Brinch Hansen (1961).

Input:

coefficienti parziali			A		M		R	
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{ϕ}	γ_{cu}	γ_r	
SLU	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	☐	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88		☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			☒	1.00	1.00	1.00	2.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	Quota [m]	γ [kN/m³]	Parametri medi		Parametri minimi		
				ϕ [°]	c [kPa]	ϕ [°]	c [kPa]	
☐	strato 1	Sub	100.00	23.5	28.5	40	28.5	40
☐	strato 2							
☐	strato 3							
☐	strato 4							
☐	strato 5							
☐	strato 6							

z_w 100 [m] Quota falda
 q 0 [kPa] Sovraccarico applicato a quota strato 1 (già comprensivo di coefficiente parziali sulle azioni)
 M_u 440 [kNm] Momento ultimo della sezione
 D 0.45 [m] Diametro del palo
 L 8 [m] Lunghezza del palo

Risultati:

H medio			H minimo		
Palo lungo	772	(kN)	Palo lungo	772	(kN)
Palo intermedio	2706	(kN)	Palo intermedio	2706	(kN)
Palo corto	6637	(kN)	Palo corto	6637	(kN)
H_{med}	772	(kN)	H_{min}	771.9	(kN)
$H_k = \min(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$			454.06 (kN)		
$H_d = H_k/\gamma_r$			349.28 (kN)		
Carico Assiale Permanente (G): G = 1 (kN)					
Carico Assiale variabile (Q): Q = 0 (kN)					
$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$			1.00 (kN)		
$FS = H_d / F_d =$			349.28		

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

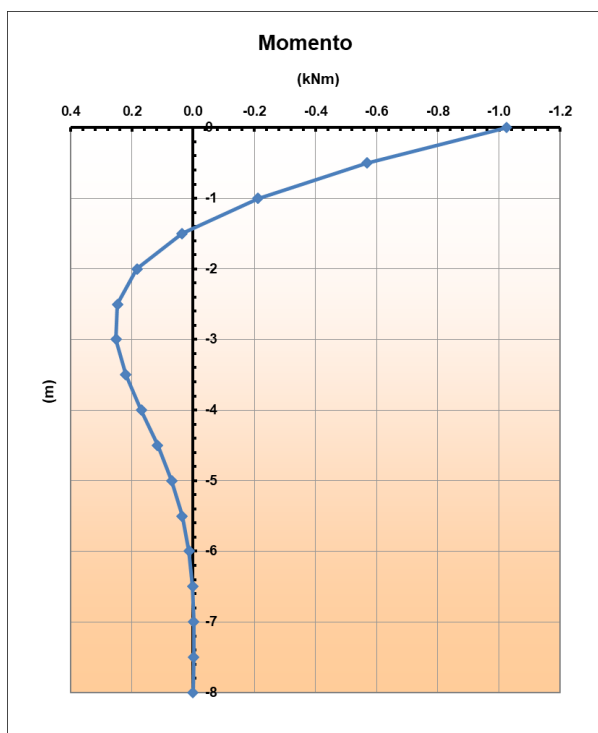


Figura 9-3 – Momento flettente agente per carico unitario

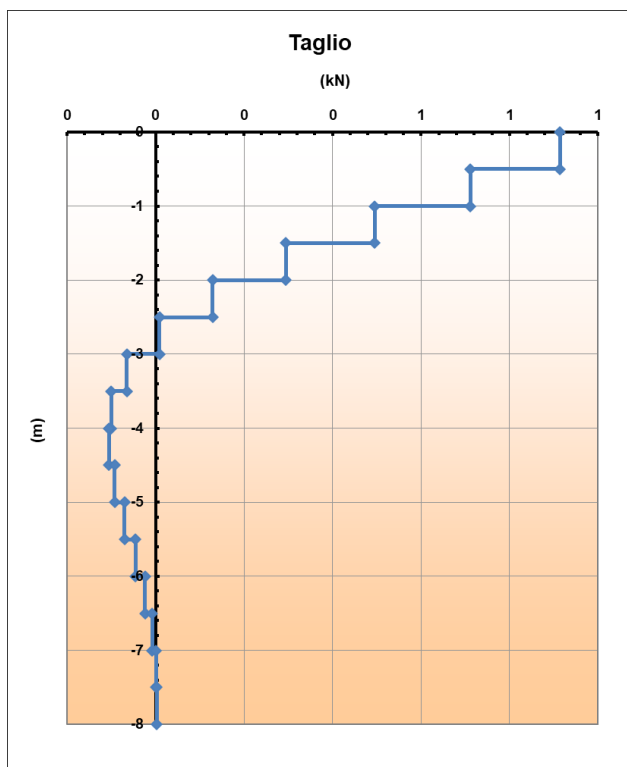


Figura 9-4 –Taglio agente per carico unitario

Curva carico-cedimenti

PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta la curva carico-cedimenti.

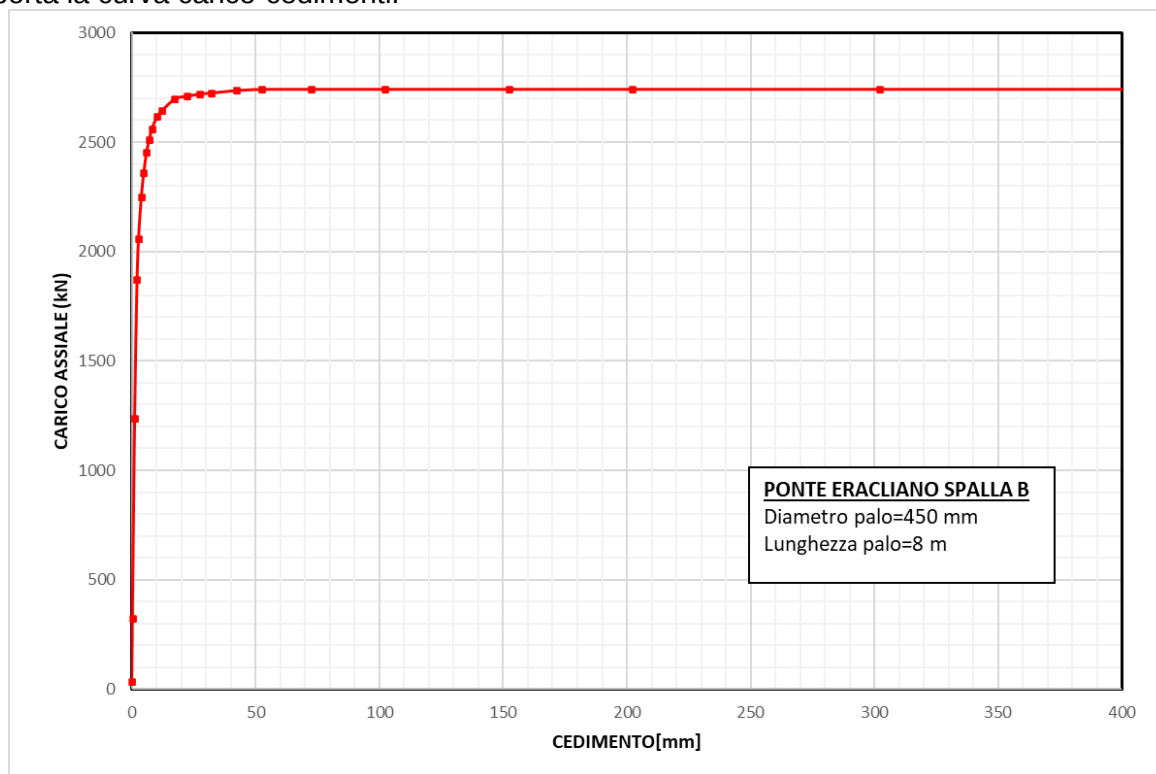


Figura 9-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI:

10. PONTE ERACLIANO PILA 1

Nella seguente tabella si riporta la stratigrafia utilizzata per il calcolo della capacità portante. La stratigrafia parte da testa palo.

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	N_q [-]	$Q_{b,lim}$ [kPa]
0.0 -1.2	Sub-alt	21.0	27.5	15	5.6	3000
>1.2	SUB	23.5	28.5	40	-	3000

La capacità portante per le fondazioni è stata valutata per pali di medio diametro $D=450$ mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- $\xi_3 = 1.70$
- FS_L = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 2.0$)
- $FS_{L,t}$ = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.1$)
- FS_B = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$)

Si è considerato:

- falda a quota testa palo.

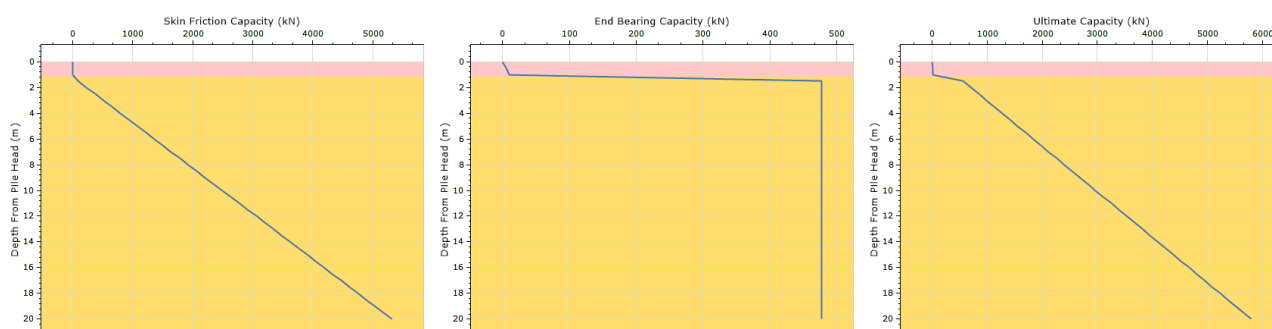


Figura 10-1 – Curve a compressione non fattorizzate

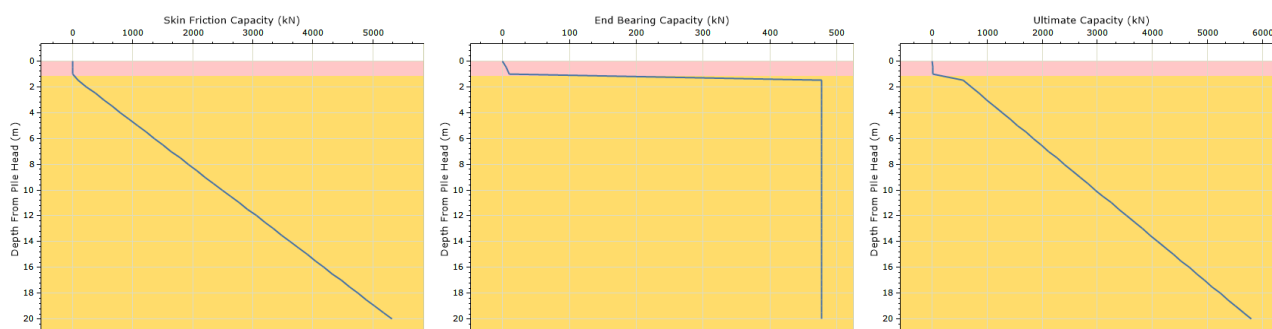


Figura 10-2 – Curve a trazione non fattorizzate

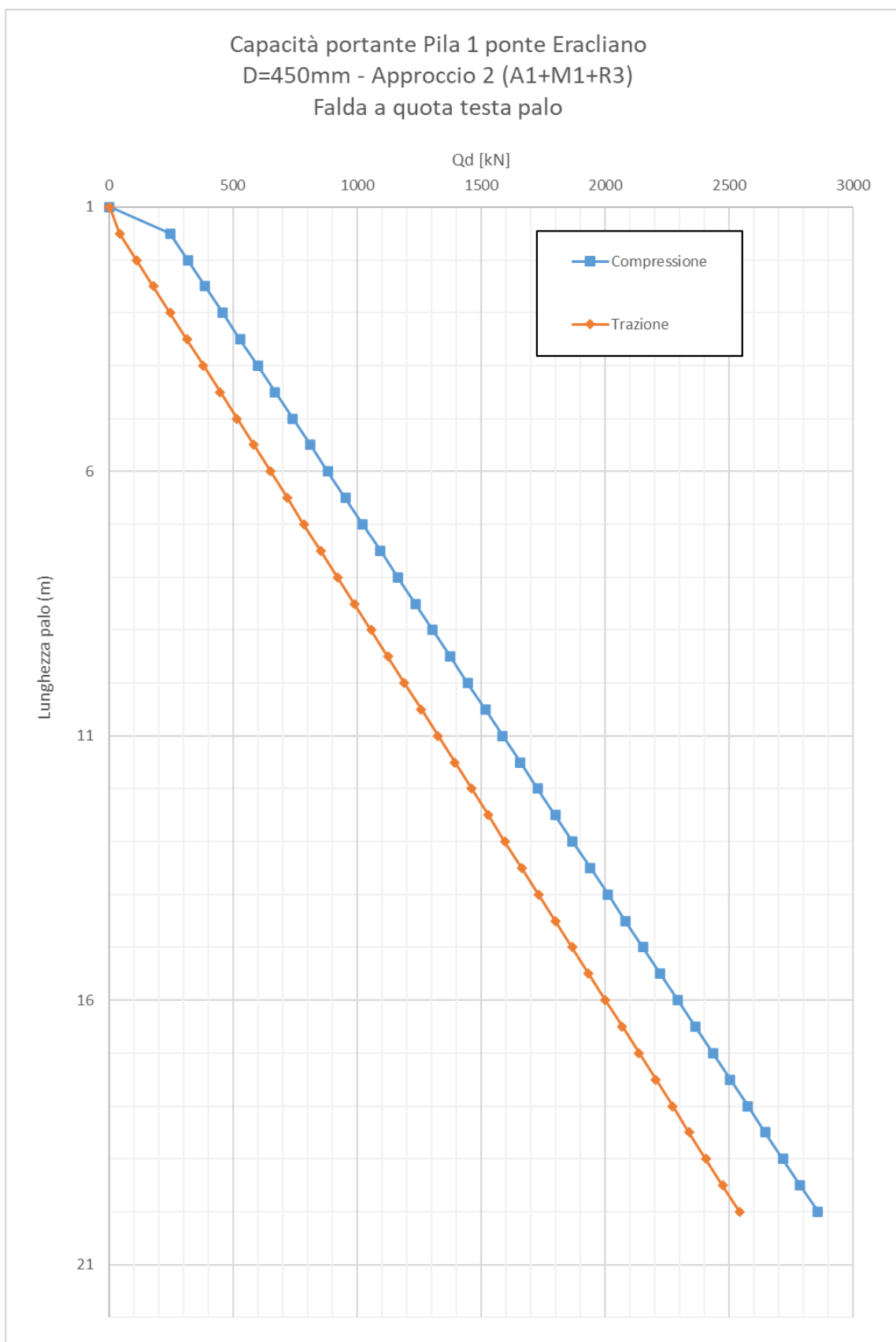
PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLU):

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL c	FSL t	FSB	COMPRESSIONE		
								QI/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0
0.5	-0.5	0.515285301	4.983139289	5.498424591	1.955	2.13	2.30	0.263573	2.1713025	1.79
1	-1	2.061138432	9.966278579	12.02741701	1.955	2.13	2.30	1.054291	4.342605	3.58
1.5	-1.5	87.79149208	477.1293843	564.9208763	1.955	2.13	2.30	44.90613	207.89951	5.37
2	-2	229.1629918	477.1293843	706.2923761	1.955	2.13	2.30	117.2189	207.89951	7.16
2.5	-2.5	370.5346047	477.1293843	847.663989	1.955	2.13	2.30	189.5318	207.89951	8.95
3	-3	511.9064155	477.1293843	989.0357998	1.955	2.13	2.30	261.8447	207.89951	10.74
3.5	-3.5	653.2780849	477.1293843	1130.407469	1.955	2.13	2.30	334.1576	207.89951	12.52
4	-4	794.6493867	477.1293843	1271.778771	1.955	2.13	2.30	406.4703	207.89951	14.31
4.5	-4.5	936.0212541	477.1293843	1413.150638	1.955	2.13	2.30	478.7833	207.89951	16.10
5	-5	1077.392782	477.1293843	1554.522166	1.955	2.13	2.30	551.0961	207.89951	17.89
5.5	-5.5	1218.764452	477.1293843	1695.893836	1.955	2.13	2.30	623.4089	207.89951	19.68
6	-6	1360.136064	477.1293843	1837.265449	1.955	2.13	2.30	695.7218	207.89951	21.47
6.5	-6.5	1501.507903	477.1293843	1978.637288	1.955	2.13	2.30	768.0347	207.89951	23.26
7	-7	1642.87946	477.1293843	2120.008844	1.955	2.13	2.30	840.3475	207.89951	25.05
7.5	-7.5	1784.251129	477.1293843	2261.380513	1.955	2.13	2.30	912.6604	207.89951	26.84
8	-8	1925.622742	477.1293843	2402.752126	1.955	2.13	2.30	984.9733	207.89951	28.63
8.5	-8.5	2066.994581	477.1293843	2544.123965	1.955	2.13	2.30	1057.286	207.89951	30.42
9	-9	2208.366137	477.1293843	2685.495522	1.955	2.13	2.30	1129.599	207.89951	32.21
9.5	-9.5	2349.737807	477.1293843	2826.867191	1.955	2.13	2.30	1201.912	207.89951	34.00
10	-10	2491.10942	477.1293843	2968.238804	1.955	2.13	2.30	1274.225	207.89951	35.78
10.5	-10.5	2632.481202	477.1293843	3109.610586	1.955	2.13	2.30	1346.538	207.89951	37.57
11	-11	2773.852787	477.1293843	3250.982171	1.955	2.13	2.30	1418.851	207.89951	39.36
11.5	-11.5	2915.224456	477.1293843	3392.35384	1.955	2.13	2.30	1491.163	207.89951	41.15
12	-12	3056.596097	477.1293843	3533.725482	1.955	2.13	2.30	1563.476	207.89951	42.94
12.5	-12.5	3197.967852	477.1293843	3675.097236	1.955	2.13	2.30	1635.789	207.89951	44.73
13	-13	3339.339464	477.1293843	3816.468849	1.955	2.13	2.30	1708.102	207.89951	46.52
13.5	-13.5	3480.711134	477.1293843	3957.840518	1.955	2.13	2.30	1780.415	207.89951	48.31
14	-14	3622.082775	477.1293843	4099.212159	1.955	2.13	2.30	1852.728	207.89951	50.10
14.5	-14.5	3763.454529	477.1293843	4240.583913	1.955	2.13	2.30	1925.041	207.89951	51.89
15	-15	3904.826142	477.1293843	4381.955526	1.955	2.13	2.30	1997.354	207.89951	53.68
15.5	-15.5	4046.197811	477.1293843	4523.327196	1.955	2.13	2.30	2069.666	207.89951	55.47
16	-16	4187.569453	477.1293843	4664.698837	1.955	2.13	2.30	2141.979	207.89951	57.26
16.5	-16.5	4328.941179	477.1293843	4806.070563	1.955	2.13	2.30	2214.292	207.89951	59.04
17	-17	4470.312791	477.1293843	4947.442176	1.955	2.13	2.30	2286.605	207.89951	60.83
17.5	-17.5	4611.684461	477.1293843	5088.813845	1.955	2.13	2.30	2358.918	207.89951	62.62
18	-18	4753.05613	477.1293843	5230.185515	1.955	2.13	2.30	2431.231	207.89951	64.41
18.5	-18.5	4894.4278	477.1293843	5371.557184	1.955	2.13	2.30	2503.544	207.89951	66.20
19	-19	5035.799469	477.1293843	5512.928853	1.955	2.13	2.30	2575.857	207.89951	67.99
19.5	-19.5	5177.171139	477.1293843	5654.300523	1.955	2.13	2.30	2648.169	207.89951	69.78
20	-20	5318.542808	477.1293843	5795.672192	1.955	2.13	2.30	2720.482	207.89951	71.57

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL c	FSL t	FSB	TRAZIONE		
								QI/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0
0.5	-0.5	0.515285301	4.983139289	5.498424591	1.955	2.13	2.30	0.242487	0.954259	1.196746
1	-1	2.061138432	9.966278579	12.02741701	1.955	2.13	2.30	0.969947	1.908518	2.878465
1.5	-1.5	87.79149208	477.1293843	564.9208763	1.955	2.13	2.30	41.31364	2.862776	44.17642
2	-2	229.1629918	477.1293843	706.2923761	1.955	2.13	2.30	107.8414	3.817035	111.6584
2.5	-2.5	370.5346047	477.1293843	847.663989	1.955	2.13	2.30	174.3692	4.771294	179.1405
3	-3	511.9064155	477.1293843	989.0357998	1.955	2.13	2.30	240.8971	5.725553	246.6227
3.5	-3.5	653.2780849	477.1293843	1130.407469	1.955	2.13	2.30	307.425	6.679811	314.1048
4	-4	794.6493867	477.1293843	1271.778771	1.955	2.13	2.30	373.9527	7.63407	381.5867
4.5	-4.5	936.0212541	477.1293843	1413.150638	1.955	2.13	2.30	440.4806	8.588329	449.0689
5	-5	1077.392782	477.1293843	1554.522166	1.955	2.13	2.30	507.0084	9.542588	516.551
5.5	-5.5	1218.764452	477.1293843	1695.893836	1.955	2.13	2.30	573.5362	10.49685	584.0331
6	-6	1360.136064	477.1293843	1837.265449	1.955	2.13	2.30	640.064	11.45111	651.5151
6.5	-6.5	1501.507903	477.1293843	1978.637288	1.955	2.13	2.30	706.592	12.40536	718.9973
7	-7	1642.87946	477.1293843	2120.008844	1.955	2.13	2.30	773.1197	13.35962	786.4794
7.5	-7.5	1784.251129	477.1293843	2261.380513	1.955	2.13	2.30	839.6476	14.31388	853.9615
8	-8	1925.622742	477.1293843	2402.752126	1.955	2.13	2.30	906.1754	15.26814	921.4435
8.5	-8.5	2066.994581	477.1293843	2544.123965	1.955	2.13	2.30	972.7033	16.2224	988.9257
9	-9	2208.366137	477.1293843	2685.495522	1.955	2.13	2.30	1039.231	17.17666	1056.408
9.5	-9.5	2349.737807	477.1293843	2826.867191	1.955	2.13	2.30	1105.759	18.13092	1123.89
10	-10	2491.10942	477.1293843	2968.238804	1.955	2.13	2.30	1172.287	19.08518	1191.372
10.5	-10.5	2632.481202	477.1293843	3109.610586	1.955	2.13	2.30	1238.815	20.03943	1258.854
11	-11	2773.852787	477.1293843	3250.982171	1.955	2.13	2.30	1305.342	20.99369	1326.336
11.5	-11.5	2915.224456	477.1293843	3392.35384	1.955	2.13	2.30	1371.87	21.94795	1393.818
12	-12	3056.596097	477.1293843	3533.725482	1.955	2.13	2.30	1438.398	22.90221	1461.3
12.5	-12.5	3197.967852	477.1293843	3675.097236	1.955	2.13	2.30	1504.926	23.85647	1528.783
13	-13	3339.339464	477.1293843	3816.468849	1.955	2.13	2.30	1571.454	24.81073	1596.265
13.5	-13.5	3480.711134	477.1293843	3957.840518	1.955	2.13	2.30	1637.982	25.76499	1663.747
14	-14	3622.082775	477.1293843	4099.212159	1.955	2.13	2.30	1704.51	26.71925	1731.229
14.5	-14.5	3763.454529	477.1293843	4240.583913	1.955	2.13	2.30	1771.037	27.6735	1798.711
15	-15	3904.826142	477.1293843	4381.955526	1.955	2.13	2.30	1837.565	28.62776	1866.193
15.5	-15.5	4046.197811	477.1293843	4523.327196	1.955	2.13	2.30	1904.093	29.58202	1933.675
16	-16	4187.569453	477.1293843	4664.698837	1.955	2.13	2.30	1970.621	30.53628	2001.157
16.5	-16.5	4328.941179	477.1293843	4806.070563	1.955	2.13	2.30	2037.149	31.49054	2068.639
17	-17	4470.312791	477.1293843	4947.442176	1.955	2.13	2.30	2103.677	32.4448	2136.121
17.5	-17.5	4611.684461	477.1293843	5088.813845	1.955	2.13	2.30	2170.204	33.39906	2203.604
18	-18	4753.05613	477.1293843	5230.185515	1.955	2.13	2.30	2236.732	34.35332	2271.086
18.5	-18.5	4894.4278	477.1293843	5371.557184	1.955	2.13	2.30	2303.26	35.30757	2338.568
19	-19	5035.799469	477.1293843	5512.928853	1.955	2.13	2.30	2369.788	36.26183	2406.05
19.5	-19.5	5177.171139	477.1293843	5654.300523	1.955	2.13	2.30	2436.316	37.21609	2473.532
20	-20	5318.542808	477.1293843	5795.672192	1.955	2.13	2.30	2502.844	38.17035	2541.014

PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

S.G.C. E78 GROSSETO - FANO
TRATTO SELCI LAMA (E45) - S. STEFANO DI GAIFA
ADEGUAMENTO A 2 CORSIE DEL TRATTO DELLA VARIANTE DI URBANIA

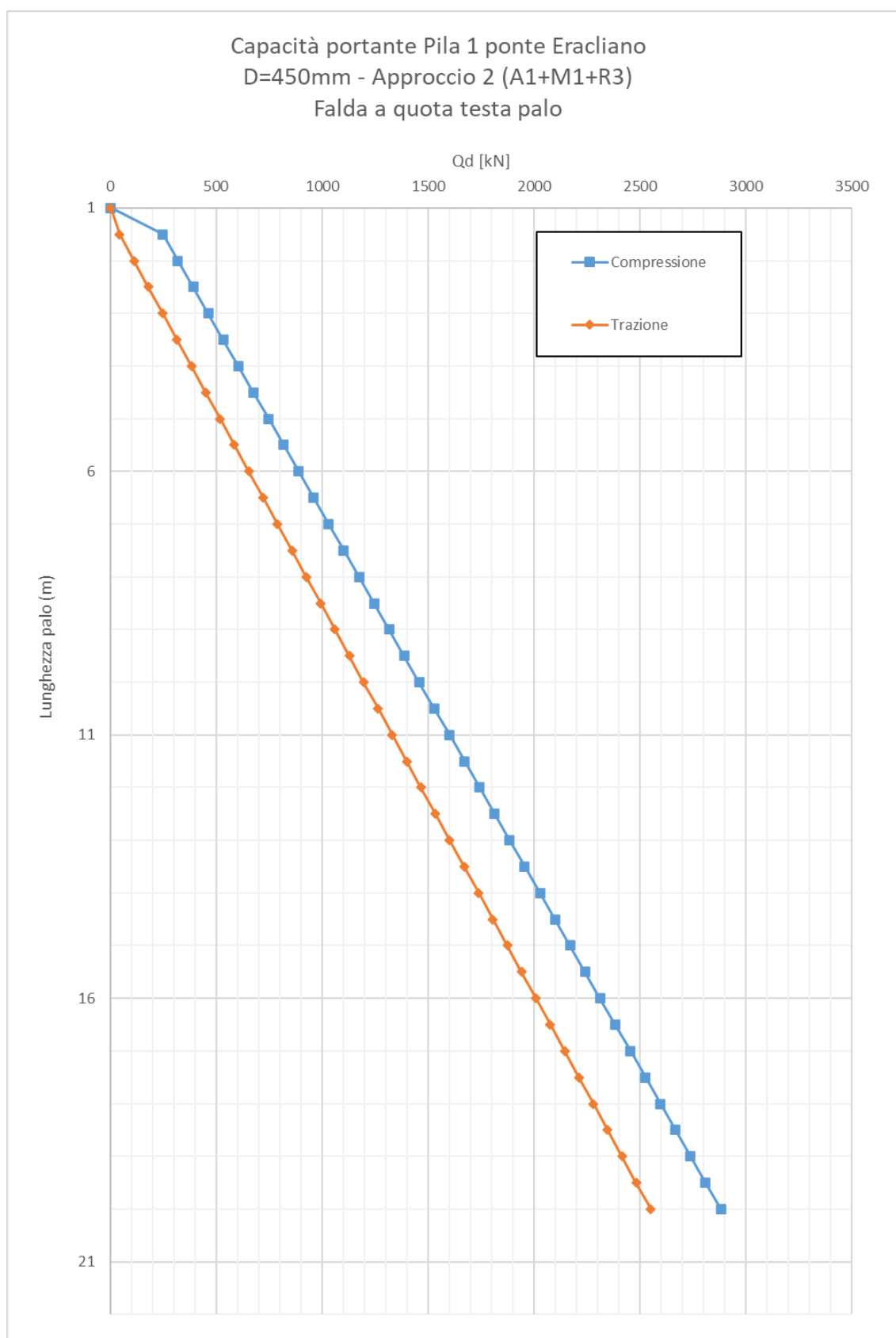
VIADOTTI E PONTI – VIADOTTO ERACLIANO – RELAZIONE DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLV):

					COMPRESSIONE				
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	Ql/FS (kN)	Qb/FS (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0
0.5	-0.5	0.515285301	4.983139289	5.498424591	1.955	2.13	2.30	0.263573	2.1713025
1	-1	2.061138432	9.966278579	12.02741701	1.955	2.13	2.30	1.054291	4.342605
1.5	-1.5	87.79149208	477.1293843	564.9208763	1.955	2.13	2.30	44.90613	207.89951
2	-2	229.1629918	477.1293843	706.2923761	1.955	2.13	2.30	117.2189	207.89951
2.5	-2.5	370.5346047	477.1293843	847.663989	1.955	2.13	2.30	189.5318	207.89951
3	-3	511.9064155	477.1293843	989.0357998	1.955	2.13	2.30	261.8447	207.89951
3.5	-3.5	653.2780849	477.1293843	1130.407469	1.955	2.13	2.30	334.1576	207.89951
4	-4	794.6493867	477.1293843	1271.778771	1.955	2.13	2.30	406.4703	207.89951
4.5	-4.5	936.0212541	477.1293843	1413.150638	1.955	2.13	2.30	478.7833	207.89951
5	-5	1077.392782	477.1293843	1554.522166	1.955	2.13	2.30	551.0961	207.89951
5.5	-5.5	1218.764452	477.1293843	1695.893836	1.955	2.13	2.30	623.4089	207.89951
6	-6	1360.136064	477.1293843	1837.265449	1.955	2.13	2.30	695.7218	207.89951
6.5	-6.5	1501.507903	477.1293843	1978.637288	1.955	2.13	2.30	768.0347	207.89951
7	-7	1642.87946	477.1293843	2120.008844	1.955	2.13	2.30	840.3475	207.89951
7.5	-7.5	1784.251129	477.1293843	2261.380513	1.955	2.13	2.30	912.6604	207.89951
8	-8	1925.622742	477.1293843	2402.752126	1.955	2.13	2.30	984.9733	207.89951
8.5	-8.5	2066.994581	477.1293843	2544.123965	1.955	2.13	2.30	1057.286	207.89951
9	-9	2208.366137	477.1293843	2685.495522	1.955	2.13	2.30	1129.599	207.89951
9.5	-9.5	2349.737807	477.1293843	2826.867191	1.955	2.13	2.30	1201.912	207.89951
10	-10	2491.10942	477.1293843	2968.238804	1.955	2.13	2.30	1274.225	207.89951
10.5	-10.5	2632.481202	477.1293843	3109.610586	1.955	2.13	2.30	1346.538	207.89951
11	-11	2773.852787	477.1293843	3250.982171	1.955	2.13	2.30	1418.851	207.89951
11.5	-11.5	2915.224456	477.1293843	3392.35384	1.955	2.13	2.30	1491.163	207.89951
12	-12	3056.596097	477.1293843	3533.725482	1.955	2.13	2.30	1563.476	207.89951
12.5	-12.5	3197.967852	477.1293843	3675.097236	1.955	2.13	2.30	1635.789	207.89951
13	-13	3339.339464	477.1293843	3816.468849	1.955	2.13	2.30	1708.102	207.89951
13.5	-13.5	3480.711134	477.1293843	3957.840518	1.955	2.13	2.30	1780.415	207.89951
14	-14	3622.082775	477.1293843	4099.212159	1.955	2.13	2.30	1852.728	207.89951
14.5	-14.5	3763.454529	477.1293843	4240.583913	1.955	2.13	2.30	1925.041	207.89951
15	-15	3904.826142	477.1293843	4381.955526	1.955	2.13	2.30	1997.354	207.89951
15.5	-15.5	4046.197811	477.1293843	4523.327196	1.955	2.13	2.30	2069.666	207.89951
16	-16	4187.569453	477.1293843	4664.698837	1.955	2.13	2.30	2141.979	207.89951
16.5	-16.5	4328.941179	477.1293843	4806.070563	1.955	2.13	2.30	2214.292	207.89951
17	-17	4470.312791	477.1293843	4947.442176	1.955	2.13	2.30	2286.605	207.89951
17.5	-17.5	4611.684461	477.1293843	5088.813845	1.955	2.13	2.30	2358.918	207.89951
18	-18	4753.05613	477.1293843	5230.185515	1.955	2.13	2.30	2431.231	207.89951
18.5	-18.5	4894.4278	477.1293843	5371.557184	1.955	2.13	2.30	2503.544	207.89951
19	-19	5035.799469	477.1293843	5512.928853	1.955	2.13	2.30	2575.857	207.89951
19.5	-19.5	5177.171139	477.1293843	5654.300523	1.955	2.13	2.30	2648.169	207.89951
20	-20	5318.542808	477.1293843	5795.672192	1.955	2.13	2.30	2720.482	207.89951

					TRAZIONE				
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	Ql/FS (kN)	Wp (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0
0.5	-0.5	0.515285301	4.983139289	5.498424591	1.955	2.13	2.30	0.242487	1.192823
1	-1	2.061138432	9.966278579	12.02741701	1.955	2.13	2.30	0.969947	2.385647
1.5	-1.5	87.79149208	477.1293843	564.9208763	1.955	2.13	2.30	41.31364	3.57847
2	-2	229.1629918	477.1293843	706.2923761	1.955	2.13	2.30	107.8414	4.771294
2.5	-2.5	370.5346047	477.1293843	847.663989	1.955	2.13	2.30	174.3692	5.964117
3	-3	511.9064155	477.1293843	989.0357998	1.955	2.13	2.30	240.8971	7.156941
3.5	-3.5	653.2780849	477.1293843	1130.407469	1.955	2.13	2.30	307.425	8.349764
4	-4	794.6493867	477.1293843	1271.778771	1.955	2.13	2.30	373.9527	9.542588
4.5	-4.5	936.0212541	477.1293843	1413.150638	1.955	2.13	2.30	440.4806	10.73541
5	-5	1077.392782	477.1293843	1554.522166	1.955	2.13	2.30	507.0084	11.92823
5.5	-5.5	1218.764452	477.1293843	1695.893836	1.955	2.13	2.30	573.5362	13.12106
6	-6	1360.136064	477.1293843	1837.265449	1.955	2.13	2.30	640.064	14.31388
6.5	-6.5	1501.507903	477.1293843	1978.637288	1.955	2.13	2.30	706.592	15.5067
7	-7	1642.87946	477.1293843	2120.008844	1.955	2.13	2.30	773.1197	16.69953
7.5	-7.5	1784.251129	477.1293843	2261.380513	1.955	2.13	2.30	839.6476	17.89235
8	-8	1925.622742	477.1293843	2402.752126	1.955	2.13	2.30	906.1754	19.08518
8.5	-8.5	2066.994581	477.1293843	2544.123965	1.955	2.13	2.30	972.7033	20.278
9	-9	2208.366137	477.1293843	2685.495522	1.955	2.13	2.30	1039.231	21.47082
9.5	-9.5	2349.737807	477.1293843	2826.867191	1.955	2.13	2.30	1105.759	22.66365
10	-10	2491.10942	477.1293843	2968.238804	1.955	2.13	2.30	1172.287	23.85647
10.5	-10.5	2632.481202	477.1293843	3109.610586	1.955	2.13	2.30	1238.815	25.04929
11	-11	2773.852787	477.1293843	3250.982171	1.955	2.13	2.30	1305.342	26.24212
11.5	-11.5	2915.224456	477.1293843	3392.35384	1.955	2.13	2.30	1371.87	27.43494
12	-12	3056.596097	477.1293843	3533.725482	1.955	2.13	2.30	1438.398	28.62776
12.5	-12.5	3197.967852	477.1293843	3675.097236	1.955	2.13	2.30	1504.926	29.82059
13	-13	3339.339464	477.1293843	3816.468849	1.955	2.13	2.30	1571.454	31.01341
13.5	-13.5	3480.711134	477.1293843	3957.840518	1.955	2.13	2.30	1637.982	32.20623
14	-14	3622.082775	477.1293843	4099.212159	1.955	2.13	2.30	1704.51	33.39906
14.5	-14.5	3763.454529	477.1293843	4240.583913	1.955	2.13	2.30	1771.037	34.59188
15	-15	3904.826142	477.1293843	4381.955526	1.955	2.13	2.30	1837.565	35.7847
15.5	-15.5	4046.197811	477.1293843	4523.327196	1.955	2.13	2.30	1904.093	36.97753
16	-16	4187.569453	477.1293843	4664.698837	1.955	2.13	2.30	1970.621	38.17035
16.5	-16.5	4328.941179	477.1293843	4806.070563	1.955	2.13	2.30	2037.149	39.36317
17	-17	4470.312791	477.1293843	4947.442176	1.955	2.13	2.30	2103.677	40.556
17.5	-17.5	4611.684461	477.1293843	5088.813845	1.955	2.13	2.30	2170.204	41.74882
18	-18	4753.05613	477.1293843	5230.185515	1.955	2.13	2.30	2236.732	42.94164
18.5	-18.5	4894.4278	477.1293843	5371.557184	1.955	2.13	2.30	2303.26	44.13447
19	-19	5035.799469	477.1293843	5512.928853	1.955	2.13	2.30	2369.788	45.32729
19.5	-19.5	5177.171139	477.1293843	5654.300523	1.955	2.13	2.30	2436.316	46.52011
20	-20	5318.542808	477.1293843	5795.672192	1.955	2.13	2.30	2502.844	47.71294

PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

Carico limite orizzontale

Per il calcolo del momento plastico si è fatto riferimento all'armatura riportata nella specifica relazione di calcolo delle strutture. La armatura è costituita da un tubo in acciaio $\phi=298.5$ mm con spessore uguale a 20 mm.

$$M_{\text{plas}} = 518 \text{ kNm}$$

Carico limite orizzontale di un palo singolo impedito di ruotare in testa in accordo alla teoria di Brinch-Hansen

Teoria: Si ipotizza che la rottura del sistema palo-terreno possa avvenire seguendo 3 meccanismi di rottura diversi: 1) meccanismo di palo corto; 2) meccanismo di palo intermedio; 3) meccanismo di palo lungo. Il meccanismo di rottura che si sviluppa dipende dal momento ultimo della sezione del palo, della lunghezza del palo e dalle pressioni limite nette che si sviluppano lungo il fusto. La pressione limite netta, per un mezzo dotato di coesione e attrito, è espressa come $\sigma_{lim} = K_\sigma \cdot \sigma'_{v0} + K_c \cdot c$. La forza limite orizzontale per unità di lunghezza del palo è pari a $\sigma_{lim} \cdot D$, dove D è il diametro del palo. Per maggiori informazioni si rimanda all'articolo di Brinch Hansen (1961).

Input:

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_w	γ_{cu}	γ_r
S.L.U.	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	☐	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8		☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		☒	1.00	1.00	1.00	2.00	1.30

n	1 ☒	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	7 ☐	≥10 ☐	T.A. ☐	prog. ☐
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno		descrizione	Quota [m]	γ [kN/m³]	Parametri medi		Parametri minimi	
					φ [°]	c [kPa]	φ [°]	c [kPa]
☐	strato 1	Sub-alt	100.00	21	27.5	15	27.5	15
☒	strato 2	SUB	98.80	23.5	28.5	40	28.5	40
☐	strato 3							
☐	strato 4							
☐	strato 5							
☐	strato 6							

Z _w	100	[m]	Quota falda	
q	0	[kPa]	Movraccarico applicato a quota strato 1 (già comprensivo di coefficiente parziali sulle azioni)	
Mu	518	[kNm]	Momento ultimo della sezione	
D	0.45	[m]	Diametro del palo	
L	12	[m]	Lunghezza del palo	

Risultati:

H medio Palo lungo 694 (kN) Palo intermedio 4661 (kN) Palo corto 12044 (kN)	H minimo Palo lungo 694 (kN) Palo intermedio 4661 (kN) Palo corto 12044 (kN)
---	--

H_{med}	694	(kN)	Palo lungo	H_{min}	693.6	(kN)	Palo lungo
------------------------	-----	------	-------------------	------------------------	-------	------	-------------------

H_k = Min(H_{med}/ξ₃; R_{min}/ξ₄)	408.01	(kN)
--	--------	------

H_d = H_k/γ_r	313.85	(kN)
--	--------	------

Carico Assiale Permanente (G):	G =	1	(kN)
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)

F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =	1.00	(kN)
--	------	------

FS = Hd / Fd =	313.85	
-----------------------	--------	--

PROGETTAZIONE ATI:

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

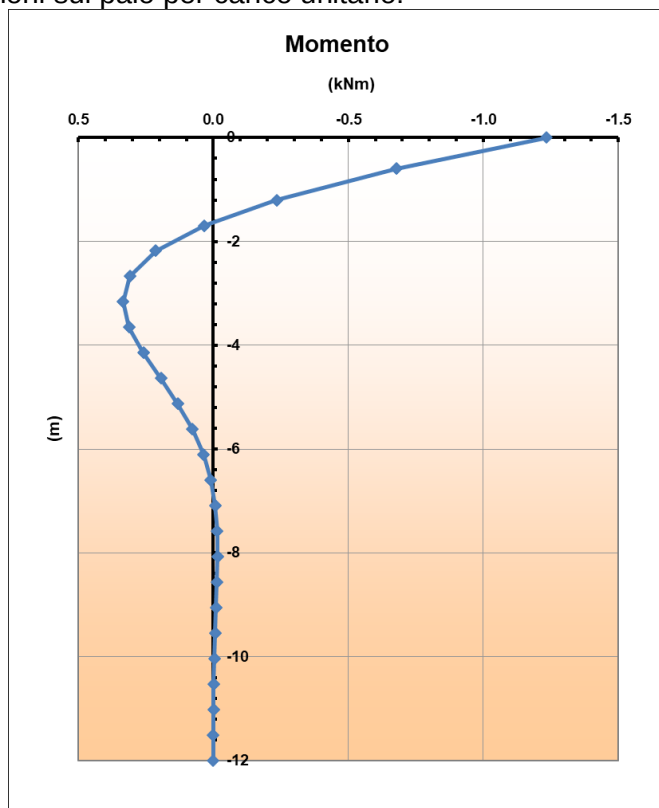


Figura 10-3 – Momento flettente agente per carico unitario

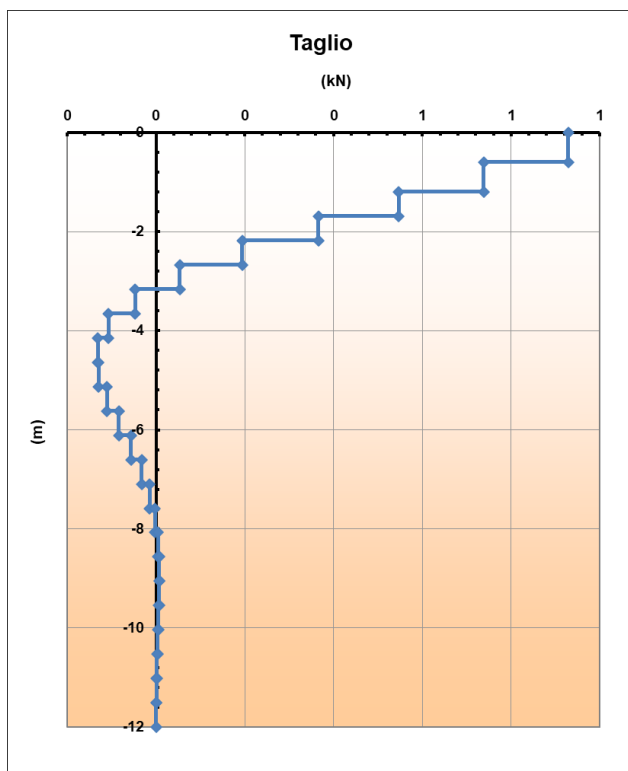


Figura 10-4 – Taglio agente per carico unitario

PROGETTAZIONE ATI:

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

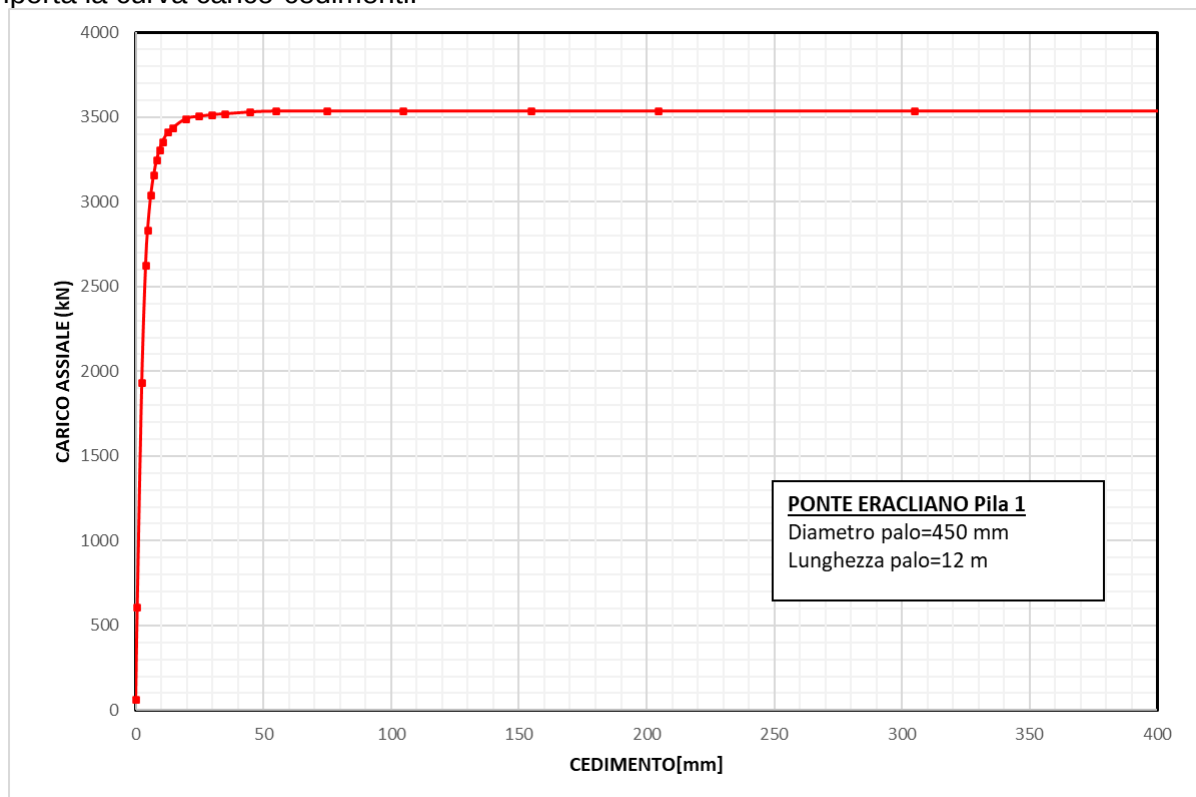


Figura 10-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI:

11. PONTE ERACLIANO PILA 2

Nella seguente tabella si riporta la stratigrafia utilizzata per il calcolo della capacità portante. La stratigrafia parte da testa palo.

Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	N_q [-]	$q_{b,lim}$ [kPa]
SUB	23.5	28.5	40	-	3000

La capacità portante per le fondazioni è stata valutata per pali di medio diametro $D=450$ mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- $\xi_3 = 1.70$
- $FS_L =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 2.0$)
- $FS_{L,t} =$ fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.1$)
- $FS_B =$ fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$)

Si è considerato:

- falda a quota testa palo.

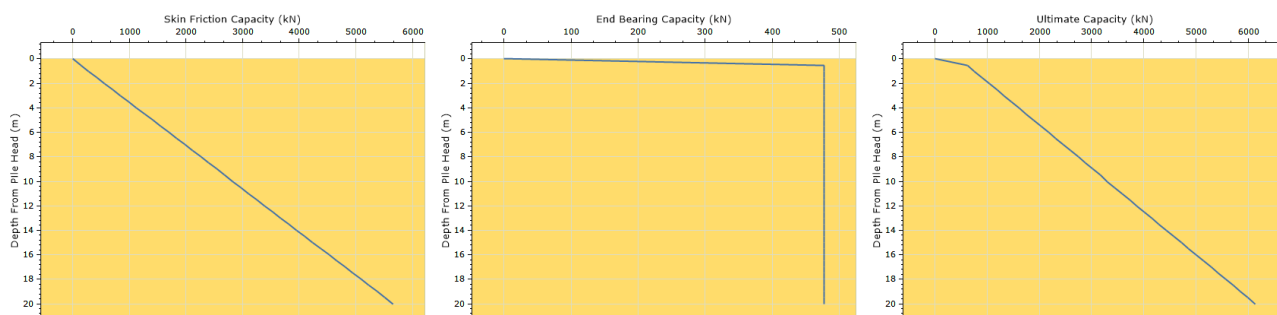


Figura 11-1 – Curve a compressione non fattorizzate

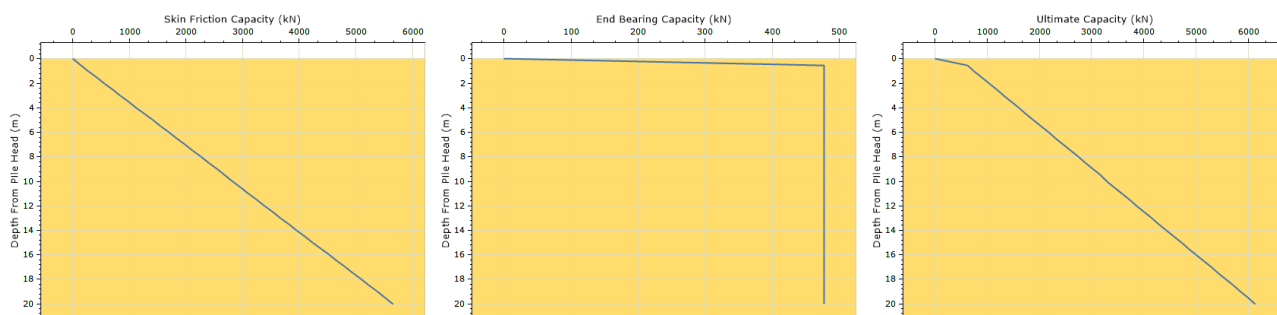


Figura 11-2 – Curve a trazione non fattorizzate

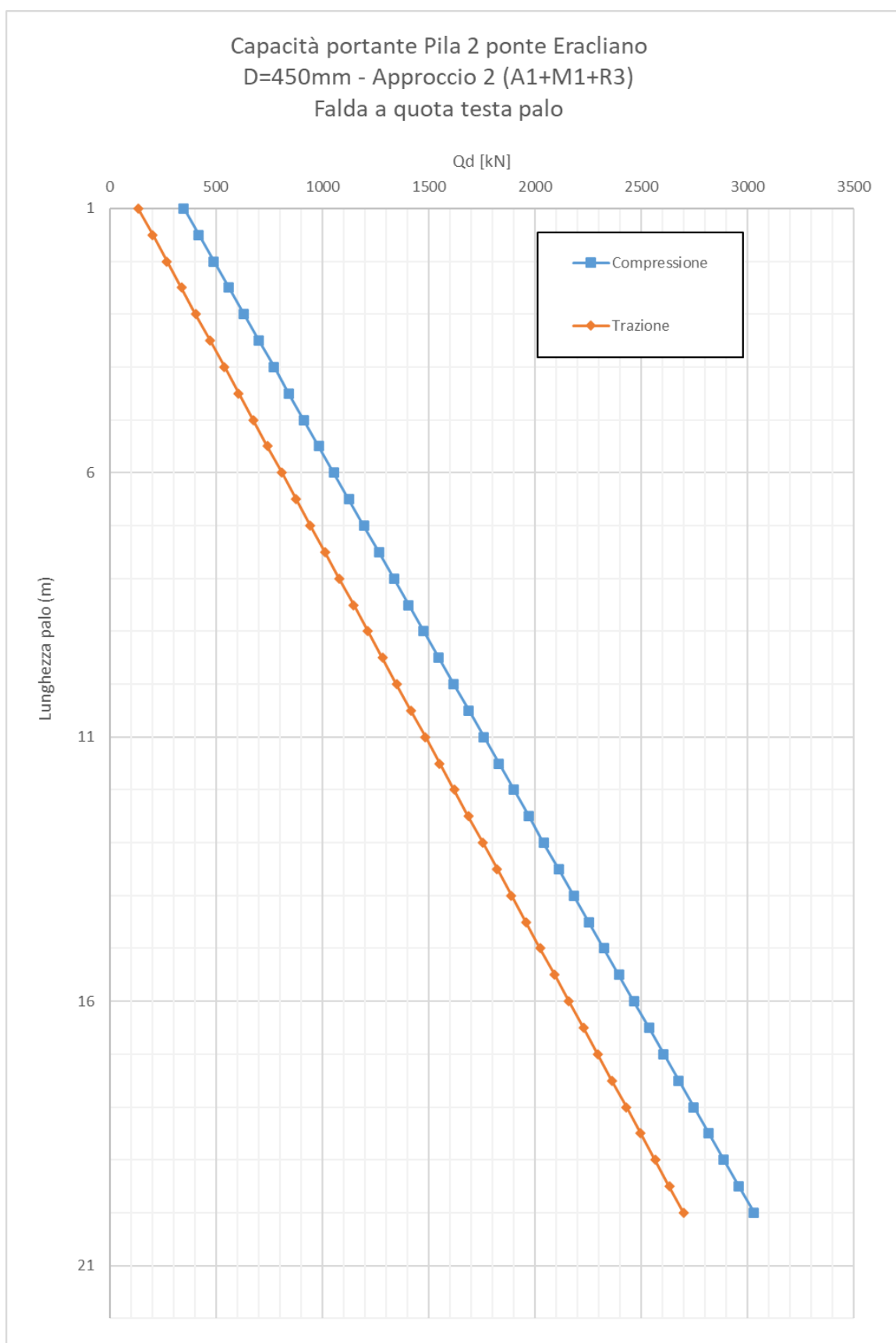
S.G.C. E78 GROSSETO - FANO
TRATTO SELCI LAMA (E45) - S. STEFANO DI GAIFA
ADEGUAMENTO A 2 CORSIE DEL TRATTO DELLA VARIANTE DI URBANIA

VIADOTTI E PONTI – VIADOTTO ERACLIANO – RELAZIONE DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLU):

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL c	FSL t	FSB	COMPRESSIONE			
								Ql/FS (kN)	Qb/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,c (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	72.31287	207.89951	1.79	278.42
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	144.6257	207.89951	3.58	348.9468
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	216.9386	207.89951	5.37	419.4704
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	289.2515	207.89951	7.16	489.99
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	361.5644	207.89951	8.95	560.5177
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	433.8772	207.89951	10.74	631.0413
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	506.1901	207.89951	12.52	701.565
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	578.503	207.89951	14.31	772.0886
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	650.8159	207.89951	16.10	842.6123
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	723.1287	207.89951	17.89	913.1359
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	795.4416	207.89951	19.68	983.6595
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	867.7545	207.89951	21.47	1054.183
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	940.0674	207.89951	23.26	1124.707
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	1012.38	207.89951	25.05	1195.23
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	1084.693	207.89951	26.84	1265.754
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1157.006	207.89951	28.63	1336.278
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1229.319	207.89951	30.42	1406.801
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1301.632	207.89951	32.21	1477.325
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1373.945	207.89951	34.00	1547.849
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1446.257	207.89951	35.78	1618.372
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1518.57	207.89951	37.57	1688.896
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1590.883	207.89951	39.36	1759.42
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1663.196	207.89951	41.15	1829.943
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1735.509	207.89951	42.94	1900.467
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1807.822	207.89951	44.73	1970.99
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1880.135	207.89951	46.52	2041.514
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1952.448	207.89951	48.31	2112.038
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	2024.76	207.89951	50.10	2182.561
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	2097.073	207.89951	51.89	2253.085
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	2169.386	207.89951	53.68	2323.609
15.5	-15.5	4382.521752	477.1293843	4859.651136	1.955	2.13	2.30	2241.699	207.89951	55.47	2394.132
16	-16	4523.893421	477.1293843	5001.022805	1.955	2.13	2.30	2314.012	207.89951	57.26	2464.656
16.5	-16.5	4665.265091	477.1293843	5142.394475	1.955	2.13	2.30	2386.325	207.89951	59.04	2535.18
17	-17	4806.63676	477.1293843	5283.766144	1.955	2.13	2.30	2458.638	207.89951	60.83	2605.703
17.5	-17.5	4948.008429	477.1293843	5425.137814	1.955	2.13	2.30	2530.951	207.89951	62.62	2676.227
18	-18	5089.380099	477.1293843	5566.509483	1.955	2.13	2.30	2603.263	207.89951	64.41	2746.751
18.5	-18.5	5230.751768	477.1293843	5707.881152	1.955	2.13	2.30	2675.576	207.89951	66.20	2817.274
19	-19	5372.123438	477.1293843	5849.252822	1.955	2.13	2.30	2747.889	207.89951	67.99	2887.798
19.5	-19.5	5513.495107	477.1293843	5990.624491	1.955	2.13	2.30	2820.202	207.89951	69.78	2958.321
20	-20	5654.866776	477.1293843	6131.996161	1.955	2.13	2.30	2892.515	207.89951	71.57	3028.845

										TRAZIONE		
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	Ql/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)	Qd,t (kN)	
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0	
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	66.52784	0.954259	67.4821		
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	133.0557	1.908518	134.9642		
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	199.5835	2.862776	202.4463		
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	266.1114	3.817035	269.9284		
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	332.6392	4.771294	337.4105		
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	399.1671	5.725553	404.8926		
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	465.6949	6.679811	472.3747		
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	532.2228	7.63407	539.8568		
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	598.7506	8.588329	607.3389		
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	665.2784	9.542588	674.821		
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	731.8063	10.49685	742.3031		
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	798.3341	11.45111	809.7852		
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	864.862	12.40536	877.2673		
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	931.3898	13.35962	944.7494		
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	997.9177	14.31388	1012.232		
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1064.446	15.26814	1079.714		
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1130.973	16.2224	1147.196		
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1197.501	17.17666	1214.678		
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1264.029	18.13092	1282.16		
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1330.557	19.08518	1349.642		
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1397.085	20.03943	1417.124		
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1463.613	20.99369	1484.606		
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1530.14	21.94795	1552.088		
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1596.668	22.90221	1619.57		
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1663.196	23.85647	1687.053		
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1729.724	24.81073	1754.535		
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1796.252	25.76499	1822.017		
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	1862.78	26.71925	1889.499		
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	1929.307	27.6735	1956.981		
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	1995.835	28.62776	2024.463		
15.5	-15.5	4382.521752	477.1293843	4859.651136	1.955	2.13	2.30	2062.363	29.58202	2091.945		
16	-16	4523.893421	477.1293843	5001.022805	1.955	2.13	2.30	2128.891	30.53628	2159.427		
16.5	-16.5	4665.265091	477.1293843	5142.394475	1.955	2.13	2.30	2195.419	31.49054	2226.909		
17	-17	4806.63676	477.1293843	5283.766144	1.955	2.13	2.30	2261.947	32.4448	2294.392		
17.5	-17.5	4948.008429	477.1293843	5425.137814	1.955	2.13	2.30	2328.475	33.39906	2361.874		
18	-18	5089.380099	477.1293843	5566.509483	1.955	2.13	2.30	2395.002	34.35332	2429.356		
18.5	-18.5	5230.751768	477.1293843	5707.881152	1.955	2.13	2.30	2461.53	35.30757	2496.838		
19	-19	5372.123438	477.1293843	5849.252822	1.955	2.13	2.30	2528.058	36.26183	2564.32		
19.5	-19.5	5513.495107	477.1293843	5990.624491	1.955	2.13	2.30	2594.586	37.21609	2631.802		
20	-20	5654.866776	477.1293843	6131.996161	1.955	2.13	2.30	2661.114	38.17035	2699.284		

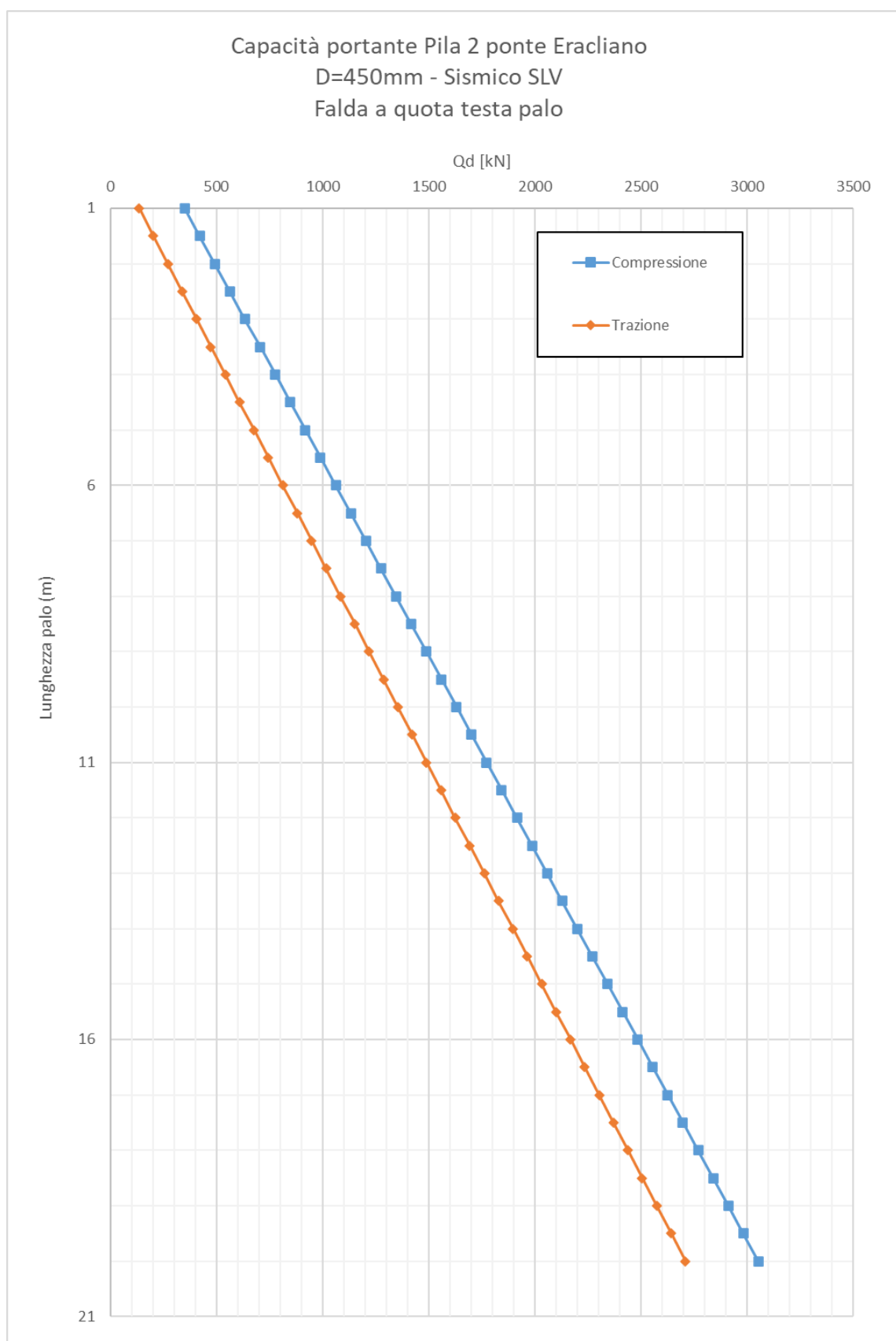


PROGETTAZIONE ATI:

Si riporta il calcolo della capacità portante in funzione della lunghezza del palo (SLV):

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	COMPRESSIONE			
								Q _i /FS (kN)	Q _b /FS (kN)	W _p (kN)	Q _{d,c} (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	72.31287	207.89951	1.19	279.02
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	144.6257	207.89951	2.39	350.1396
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	216.9386	207.89951	3.58	421.2597
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	289.2515	207.89951	4.77	492.38
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	361.5644	207.89951	5.96	563.4998
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	433.8772	207.89951	7.16	634.6198
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	506.1901	207.89951	8.35	705.7399
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	578.503	207.89951	9.54	776.8599
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	650.8159	207.89951	10.74	847.98
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	723.1287	207.89951	11.93	919.1
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	795.4416	207.89951	13.12	990.2201
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	867.7545	207.89951	14.31	1061.34
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	940.0674	207.89951	15.51	1132.46
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	1012.38	207.89951	16.70	1203.58
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	1084.693	207.89951	17.89	1274.7
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1157.006	207.89951	19.09	1345.82
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1229.319	207.89951	20.28	1416.94
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1301.632	207.89951	21.47	1488.06
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1373.945	207.89951	22.66	1559.18
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1446.257	207.89951	23.86	1630.301
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1518.57	207.89951	25.05	1701.421
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1590.883	207.89951	26.24	1772.541
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1663.196	207.89951	27.43	1843.661
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1735.509	207.89951	28.63	1914.781
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1807.822	207.89951	29.82	1985.901
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1880.135	207.89951	31.01	2057.021
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1952.448	207.89951	32.21	2128.141
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	2024.76	207.89951	33.40	2199.261
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	2097.073	207.89951	34.59	2270.381
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	2169.386	207.89951	35.78	2341.501
15.5	-15.5	4382.521752	477.1293843	4859.651136	1.955	2.13	2.30	2241.699	207.89951	36.98	2412.621
16	-16	4523.893421	477.1293843	5001.022805	1.955	2.13	2.30	2314.012	207.89951	38.17	2483.741
16.5	-16.5	4665.265091	477.1293843	5142.394475	1.955	2.13	2.30	2386.325	207.89951	39.36	2554.861
17	-17	4806.63676	477.1293843	5283.766144	1.955	2.13	2.30	2458.638	207.89951	40.56	2625.981
17.5	-17.5	4948.008429	477.1293843	5425.137814	1.955	2.13	2.30	2530.951	207.89951	41.75	2697.101
18	-18	5089.380099	477.1293843	5566.509483	1.955	2.13	2.30	2603.263	207.89951	42.94	2768.221
18.5	-18.5	5230.751768	477.1293843	5707.881152	1.955	2.13	2.30	2675.576	207.89951	44.13	2839.341
19	-19	5372.123438	477.1293843	5849.252822	1.955	2.13	2.30	2747.889	207.89951	45.33	2910.461
19.5	-19.5	5513.495107	477.1293843	5990.624491	1.955	2.13	2.30	2820.202	207.89951	46.52	2981.581
20	-20	5654.866776	477.1293843	6131.996161	1.955	2.13	2.30	2892.515	207.89951	47.71	3052.702

								TRAZIONE		
Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	Q/FS (kN)	Wp (kN)	Qd,t (kN)
0	0	0	0	0	1.955	2.13	2.30	0	0	0
0.5	-0.5	141.3716694	477.1293843	618.5010537	1.955	2.13	2.30	66.52784	1.192823	67.72067
1	-1	282.7433388	477.1293843	759.8727231	1.955	2.13	2.30	133.0557	2.385647	135.4413
1.5	-1.5	424.1150082	477.1293843	901.2443925	1.955	2.13	2.30	199.5835	3.57847	203.162
2	-2	565.4866776	477.1293843	1042.616062	1.955	2.13	2.30	266.1114	4.771294	270.8827
2.5	-2.5	706.8583471	477.1293843	1183.987731	1.955	2.13	2.30	332.6392	5.964117	338.6033
3	-3	848.2300165	477.1293843	1325.359401	1.955	2.13	2.30	399.1671	7.156941	406.324
3.5	-3.5	989.6016859	477.1293843	1466.73107	1.955	2.13	2.30	465.6949	8.349764	474.0447
4	-4	1130.973355	477.1293843	1608.10274	1.955	2.13	2.30	532.2228	9.542588	541.7653
4.5	-4.5	1272.345025	477.1293843	1749.474409	1.955	2.13	2.30	598.7506	10.73541	609.486
5	-5	1413.716694	477.1293843	1890.846078	1.955	2.13	2.30	665.2784	11.92823	677.2067
5.5	-5.5	1555.088364	477.1293843	2032.217748	1.955	2.13	2.30	731.8063	13.12106	744.9273
6	-6	1696.460033	477.1293843	2173.589417	1.955	2.13	2.30	798.3341	14.31388	812.648
6.5	-6.5	1837.831702	477.1293843	2314.961087	1.955	2.13	2.30	864.862	15.5067	880.3687
7	-7	1979.203372	477.1293843	2456.332756	1.955	2.13	2.30	931.3898	16.69953	948.0894
7.5	-7.5	2120.575041	477.1293843	2597.704425	1.955	2.13	2.30	997.9177	17.89235	1015.81
8	-8	2261.946711	477.1293843	2739.076095	1.955	2.13	2.30	1064.446	19.08518	1083.531
8.5	-8.5	2403.31838	477.1293843	2880.447764	1.955	2.13	2.30	1130.973	20.278	1151.251
9	-9	2544.690049	477.1293843	3021.819434	1.955	2.13	2.30	1197.501	21.47082	1218.972
9.5	-9.5	2686.061719	477.1293843	3163.191103	1.955	2.13	2.30	1264.029	22.66365	1286.693
10	-10	2827.433388	477.1293843	3304.562772	1.955	2.13	2.30	1330.557	23.85647	1354.413
10.5	-10.5	2968.805058	477.1293843	3445.934442	1.955	2.13	2.30	1397.085	25.04929	1422.134
11	-11	3110.176727	477.1293843	3587.306111	1.955	2.13	2.30	1463.613	26.24212	1489.855
11.5	-11.5	3251.548396	477.1293843	3728.677781	1.955	2.13	2.30	1530.14	27.43494	1557.575
12	-12	3392.920066	477.1293843	3870.04945	1.955	2.13	2.30	1596.668	28.62776	1625.296
12.5	-12.5	3534.291735	477.1293843	4011.42112	1.955	2.13	2.30	1663.196	29.82059	1693.017
13	-13	3675.663405	477.1293843	4152.792789	1.955	2.13	2.30	1729.724	31.01341	1760.737
13.5	-13.5	3817.035074	477.1293843	4294.164458	1.955	2.13	2.30	1796.252	32.20623	1828.458
14	-14	3958.406744	477.1293843	4435.536128	1.955	2.13	2.30	1862.78	33.39906	1896.179
14.5	-14.5	4099.778413	477.1293843	4576.907797	1.955	2.13	2.30	1929.307	34.59188	1963.899
15	-15	4241.150082	477.1293843	4718.279467	1.955	2.13	2.30	1995.835	35.7847	2031.62
15.5	-15.5	4382.521752	477.1293843	4859.651136	1.955	2.13	2.30	2062.363	36.97753	2099.341
16	-16	4523.893421	477.1293843	5001.022805	1.955	2.13	2.30	2128.891	38.17035	2167.061
16.5	-16.5	4665.265091	477.1293843	5142.394475	1.955	2.13	2.30	2195.419	39.36317	2234.782
17	-17	4806.63676	477.1293843	5283.766144	1.955	2.13	2.30	2261.947	40.556	2302.503
17.5	-17.5	4948.008429	477.1293843	5425.137814	1.955	2.13	2.30	2328.475	41.74882	2370.223
18	-18	5089.380099	477.1293843	5566.509483	1.955	2.13	2.30	2395.002	42.94164	2437.944
18.5	-18.5	5230.751768	477.1293843	5707.881152	1.955	2.13	2.30	2461.53	44.13447	2505.665
19	-19	5372.123438	477.1293843	5849.252822	1.955	2.13	2.30	2528.058	45.32729	2573.385
19.5	-19.5	5513.495107	477.1293843	5990.624491	1.955	2.13	2.30	2594.586	46.52011	2641.106
20	-20	5654.866776	477.1293843	6131.996161	1.955	2.13	2.30	2661.114	47.71294	2708.827



PROGETTAZIONE ATI:

Carico limite orizzontale

Per il calcolo del momento plastico si è fatto riferimento all'armatura riportata nella specifica relazione di calcolo delle strutture. La armatura è costituita da un tubo in acciaio $\phi=298.5$ mm con spessore uguale a 20 mm.

$M_{plas} = 518$ kNm

Carico limite orizzontale di un palo singolo impedito di ruotare in testa in accordo alla teoria di Brinch-Hansen

Teoria: Si ipotizza che la rottura del sistema palo-terreno possa avvenire seguendo 3 meccanismi di rottura diversi: 1) meccanismo di palo corto; 2) meccanismo di palo intermedio; 3) meccanismo di palo lungo. Il meccanismo di rottura che si sviluppa dipende dal momento ultimo della sezione del palo, della lunghezza del palo e dalle pressioni limite nette che si sviluppano lungo il fusto. La pressione limite netta, per un mezzo dotato di coesione e attrito, è espressa come $\sigma_{lim} = K_0 \cdot \sigma'_{v0} + K_c \cdot c$. La forza limite orizzontale per unità di lunghezza del palo è pari a $\sigma_{lim} \cdot D$, dove D è il diametro del palo. Per maggiori informazioni si rimanda all'articolo di Brinch Hansen (1961).

Input:

coefficienti parziali			A		M		R	
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{ϕ}	γ_{cu}	γ_r	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DMB8		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			●	1.00	1.00	1.00	2.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	Quota [m]	γ [kN/m³]	Parametri medi		Parametri minimi	
				ϕ [°]	c [kPa]	ϕ [°]	c [kPa]
☐ strato 1	SUB	100.00	23.5	28.5	40	28.5	40
☐ strato 2							
☐ strato 3							
☐ strato 4							
☐ strato 5							
☐ strato 6							

Z_w 100 [m] Quota falda
 q 0 [kPa] Sovraccarico applicato a quota strato 1 (già comprensivo di coefficiente parziali sulle azioni)
 M_u 518 [kNm] Momento ultimo della sezione
 D 0.45 [m] Diametro del palo
 L 10 [m] Lunghezza del palo

Risultati:

	H medio		H minimo	
Palo lungo	858 (kN)		858 (kN)	
Palo intermedio	3765 (kN)		3765 (kN)	
Palo corto	9348 (kN)		9348 (kN)	

	H_{med}		H_{min}	
	858 (kN)	Palo lungo	858.3 (kN)	Palo lungo
$H_k = \min(H_{med}/\xi_3; R_{min}/\xi_4)$			504.89 (kN)	
$H_d = H_k/\gamma_r$			388.37 (kN)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =	1 (kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0 (kN)		
$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$		1.00 (kN)		
$FS = H_d / F_d =$		388.37		

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

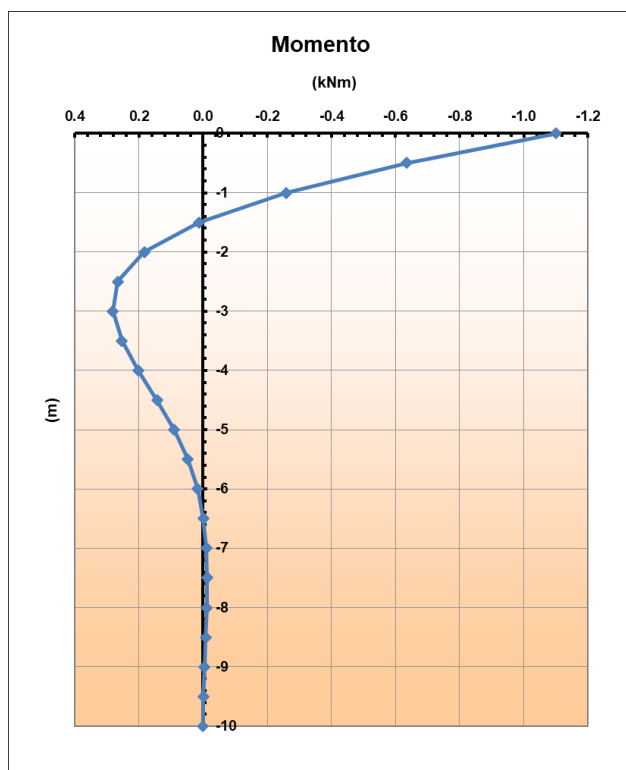


Figura 11-3 – Momento flettente agente per carico unitario

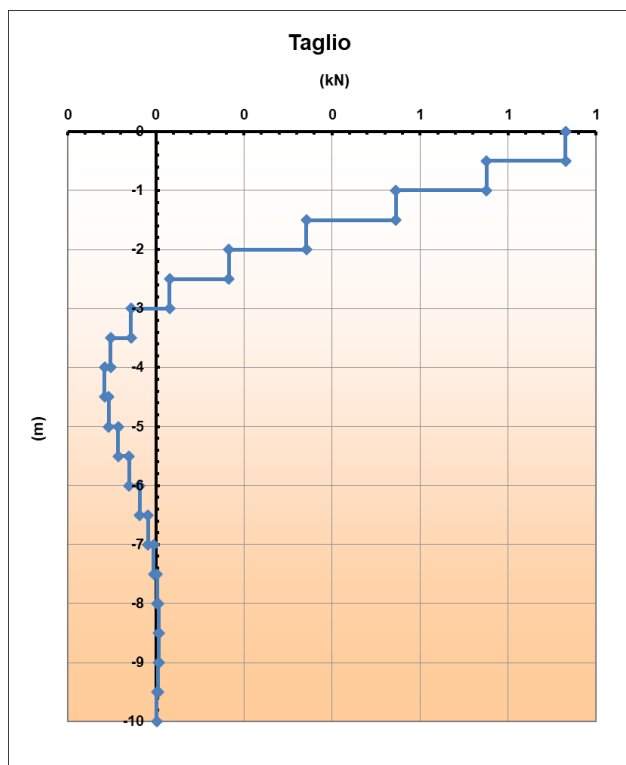


Figura 11-4 –Taglio agente per carico unitario

PROGETTAZIONE ATI:

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

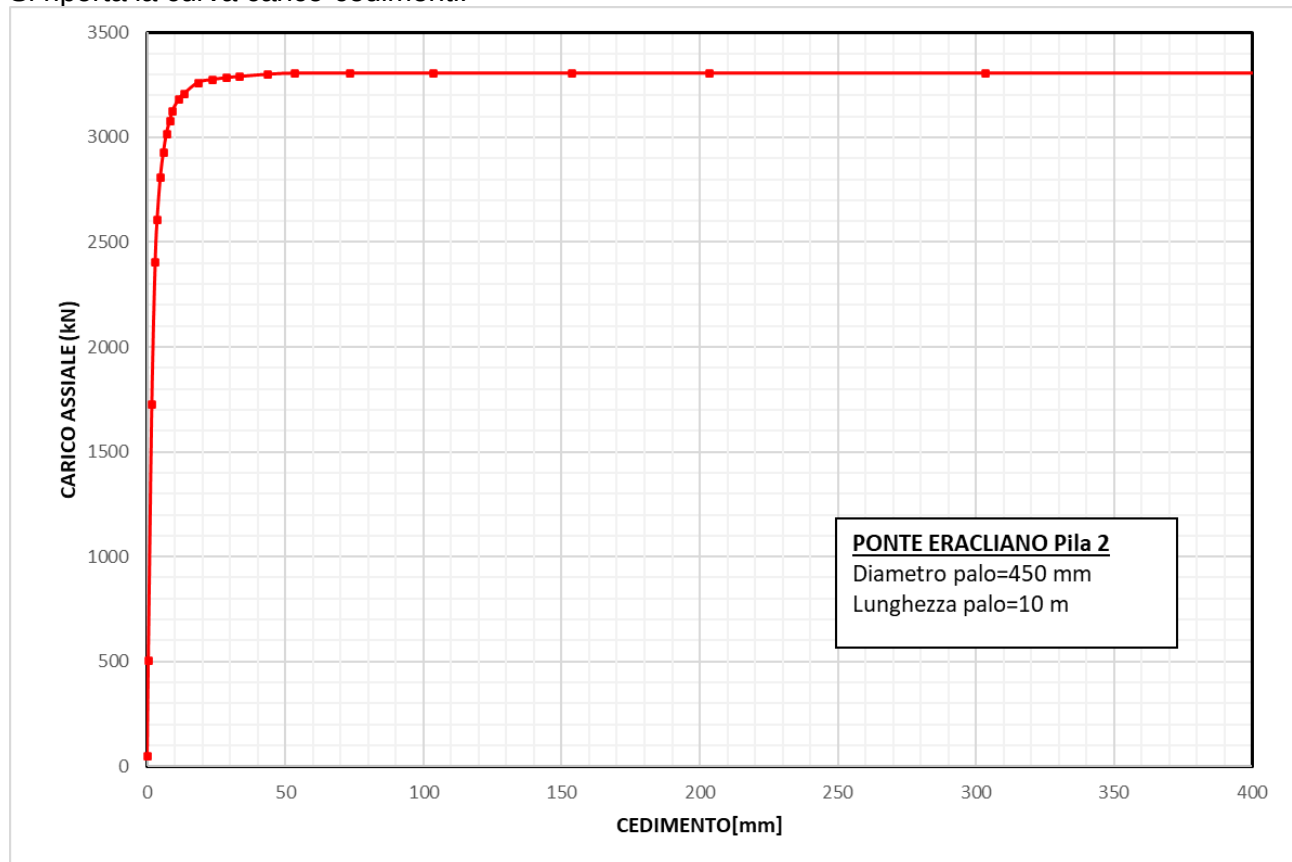


Figura 11-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI: