

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

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

OPERE D'ARTE MAGGIORI

Viadotti e Ponti

Ponte S. Caterina

Relazione di calcolo delle fondazioni

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T00VI03GETRE01_B		
DPAN247	D	22	CODICE ELAB. T00VI03GETRE01	B	-
D					
C					
B	Rev. Ist.U.0039705 24/01/22 e Ist.U.0057794 01/02/22	Feb. '22	Belà	Signorelli	Guiducci
A	Emissione	Ottobre '21	Belà	Signorelli	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

<u>1. PREMESSA.....</u>	<u>2</u>
<u>2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</u>	<u>2</u>
2.1. NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE	2
2.1. ELABORATI DI PROGETTO.....	2
<u>3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO</u>	<u>3</u>
<u>4. 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
4.1. CALCOLO DEI CEDIMENTI.....	9
<u>5. RIASSUNTO DEI RISULTATI OTTENUTI.....</u>	<u>11</u>
<u>6. PONTE SANTA CATERINA SPALLA A.....</u>	<u>12</u>
<u>7. PONTE SANTA CATERINA SPALLA B QUOTA: 303.37 M.S.L.M.....</u>	<u>20</u>
<u>8. PONTE SANTA CATERINA SPALLA B QUOTA=305.17 M.SL.M.....</u>	<u>28</u>
<u>9. PONTE SANTA CATERINA PILA 1</u>	<u>36</u>

PROGETTAZIONE ATI:

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 Ponte Santa Caterina.

In particolare si sono considerate le seguenti fondazioni;

- Spalla A
- Spalla B
- Pila P1

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. T00VI03STRRE02].

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

[T00VI03STRRE02] Relazione tecnica e di calcolo opere d'arte maggiori viadotti e ponti - ponte S.Caterina.

3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le fondazione previste per il Ponte Cerreto interessano le seguente unità geotecniche:

- **E/C** (Depositi eluvio colluviali) limo da sabbioso a debolmente sabbioso e limo da argilloso a debolmente argilloso, limo con argilla, talora debolmente ghiaioso. Sono compresi in questa unità geotecnica i depositi detritici;
- **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)	ϕ'_{res*} (°)	E (MPa)
E/C	Depositi eluvio colluviali	19 ÷ 21	10 ÷ 30	24 ÷ 26	-	-	20
Sub_alt	Substrato alterato del flysch	20÷22	10 ÷ 20	25 ÷ 30	-	-	20 per z>5 m 50 per 5 m<z<15 m 100 per z>15 m
Sub	Substrato marnoso arenaceo	23÷24	30 ÷ 50	27 ÷ 30	-	-	2,5 *10 ⁴ ÷ 3,5*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 sono state svolte 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 in Tabella 4-1, 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 (Tabella 4-2) 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 azione 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.

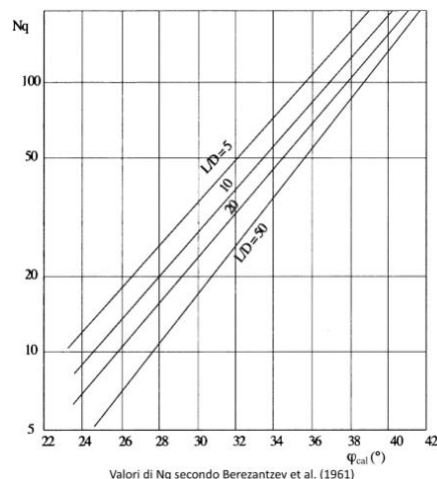


Figura 4-1 – N_q secondo Berezantzev-pali di medio diametro

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.

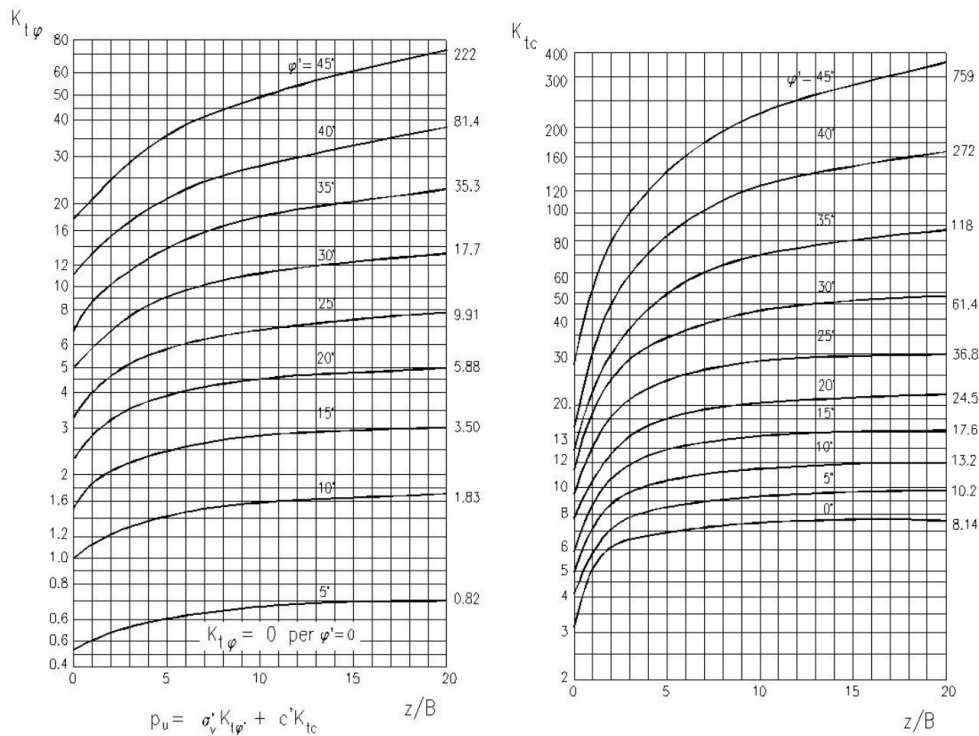


Figura 4-2 – Andamento dei parametro K_q e K_c di Brinch-Hansen, 1961

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 orientativi 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 immersi 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.

4.1. 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.

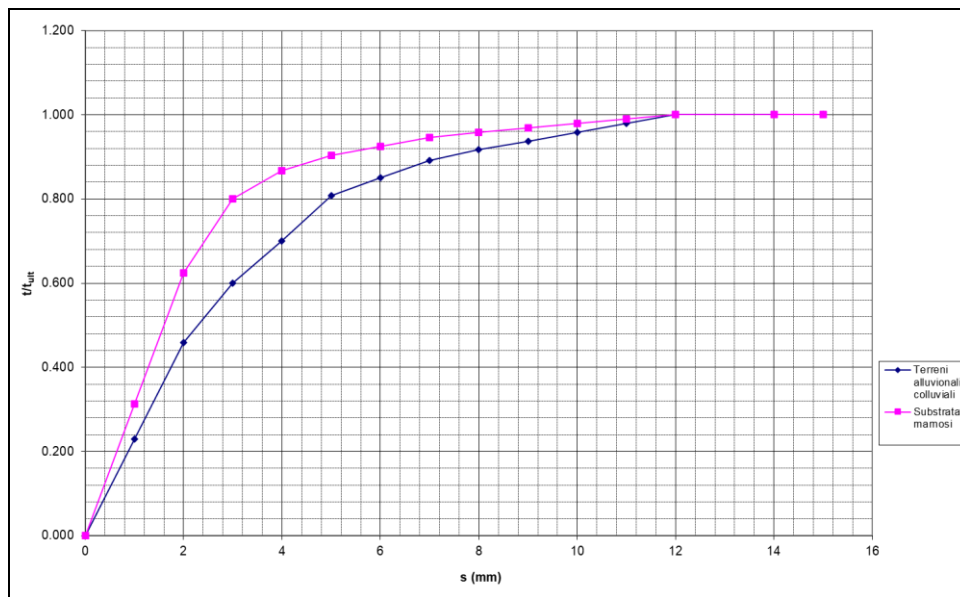


Figura 4-3 Curva di trasferimento laterale

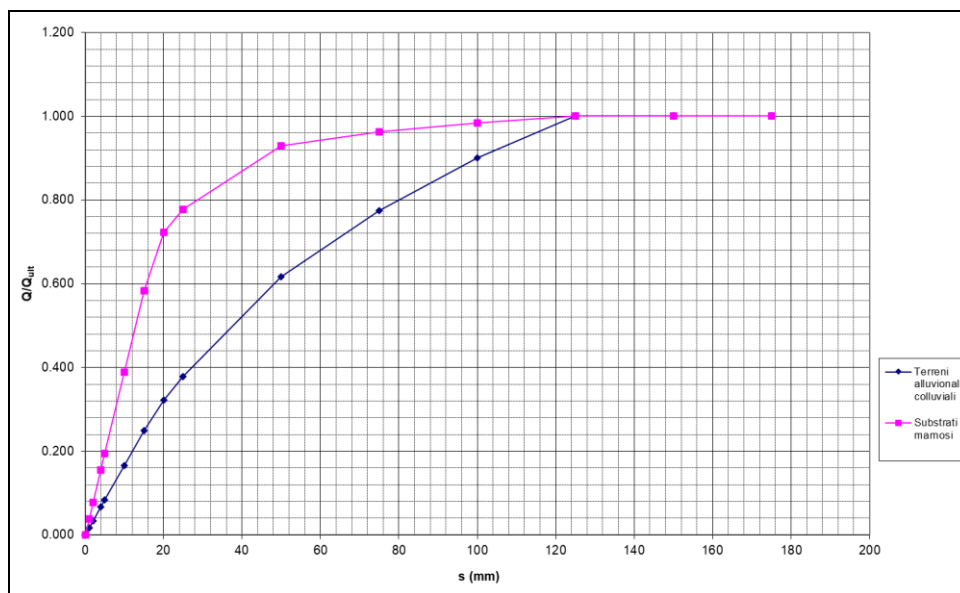


Figura 4-4 Curva di trasferimento alla base

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	292.66	0.45	15
Spalla A	304.17	0.45	8
Spalla B	303.37	0.45	10
Spalla B	305.17	0.45	10

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	2066.07	2000.9	1.03	2083.96	1564	1.33
Spalla A	1278.59	664	1.93	1288.13	587	2.19
Spalla B	840.93	633	1.33	852.86	547	1.56
Spalla B	998.72	633	1.58	1010.66	547	1.85

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	1787.53	-	-	1794.69	-	-
Spalla A	1026.64	-	-	1030.46	12.4	83.10
Spalla B	634.39	-	-	639.16	-	-
Spalla B	779.57	-	-	784.34	-	-

Verifiche a carico trasversale

FONDAZIONE	CARICO LIMITE ORIZZONTALE SLU-SLV [kN]	CARICO MAX DI PROGETTO ORIZZONTALE SLU [kN]	FS
Pila 1	317.63	167	1.90
Spalla A	329.35	157	2.10
Spalla B	294.11	157	1.87
Spalla B	294.11	157	1.87

Cedimenti

FONDAZIONE	CARICO MASSIMO VERTICALE SLE[kN]	CEDIMENTO [MM]
Pila 1	1465	2.0
Spalla A	487.1	0.51
Spalla B	467.3	1.05
Spalla B	467.3	0.87

PROGETTAZIONE ATI:

6. PONTE SANTA CATERINA SPALLA A

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]
0.0-0.4	Sub-alt	21.0	27.5	15.0	6.6	3000
>0.4	SUB	23.5	28.5	40.0	-	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.

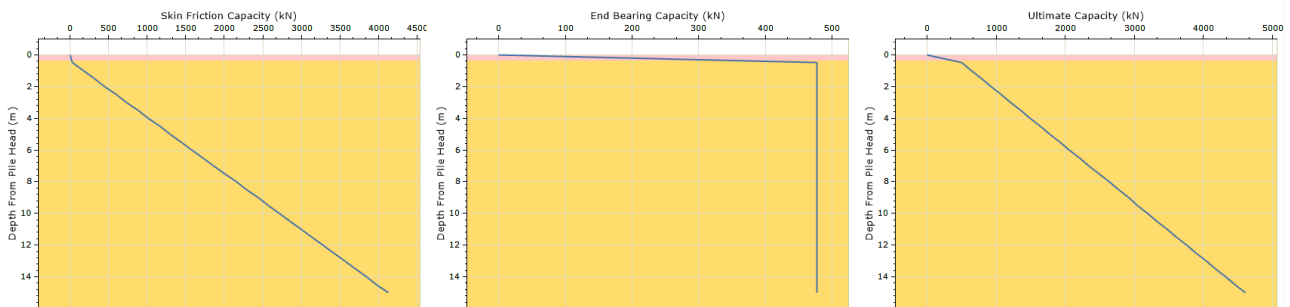


Figura 6-1 – Curve a compressione non fattorizzate

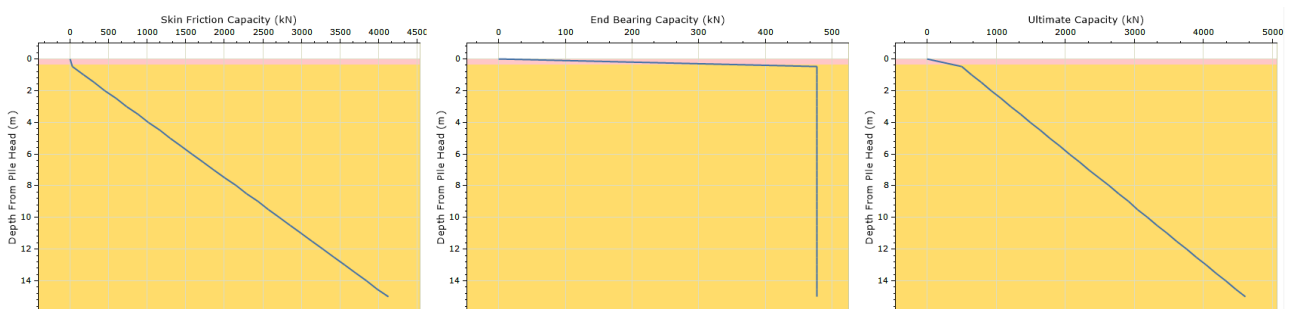
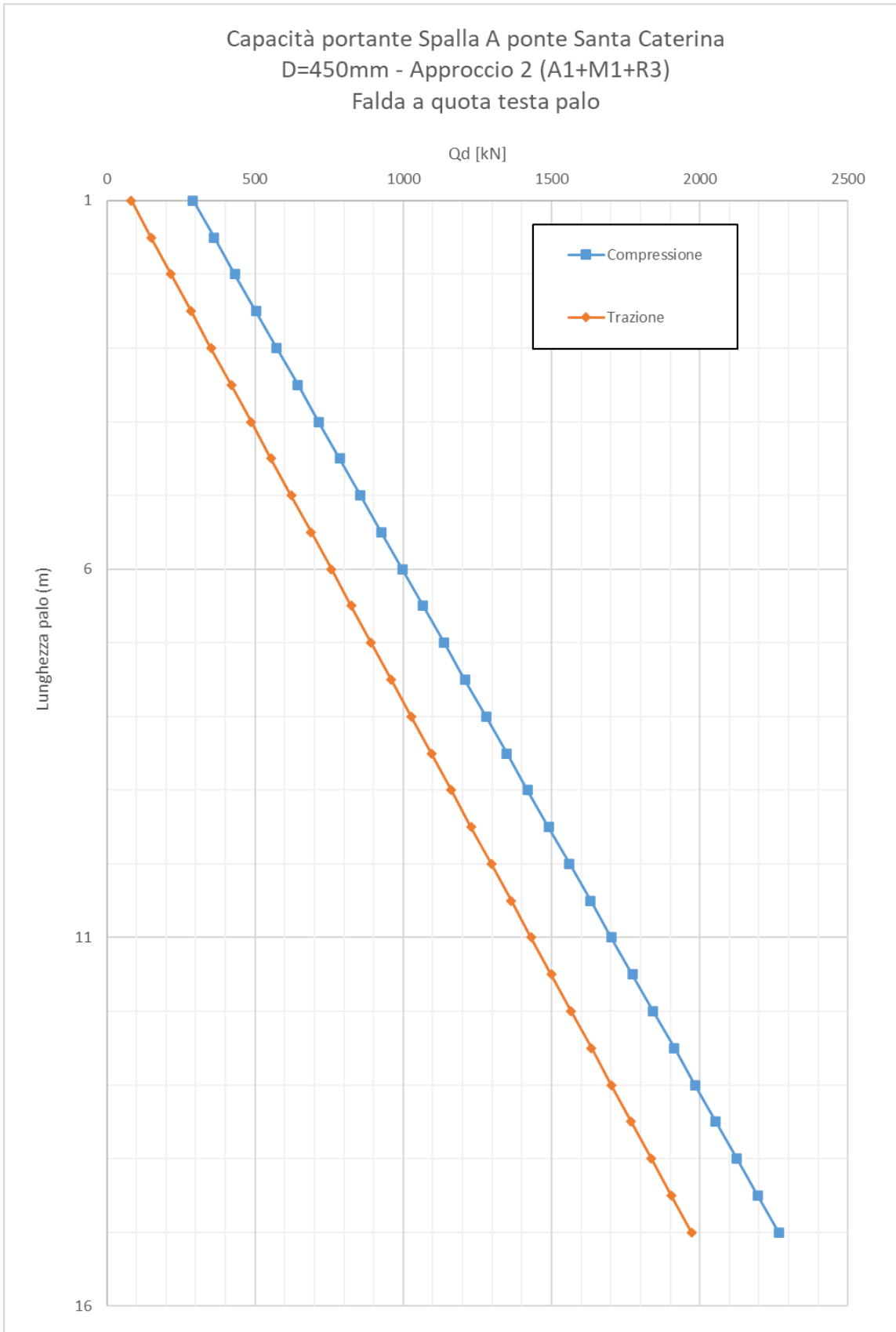


Figura 6-2 – Curve a trazione non fattorizzate

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	COMPRESIONE			
								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	28.60422896	477.1293843	505.7336132	1.955	2.13	2.30	14.63132	207.89951	1.79	220.74
1	-1	169.9758135	477.1293843	647.1051978	1.955	2.13	2.30	86.94415	207.89951	3.58	291.2652
1.5	-1.5	311.3471719	477.1293843	788.4765562	1.955	2.13	2.30	159.2569	207.89951	5.37	361.7887
2	-2	452.718389	477.1293843	929.8477732	1.955	2.13	2.30	231.5695	207.89951	7.16	432.31
2.5	-2.5	594.0898887	477.1293843	1071.219273	1.955	2.13	2.30	303.8823	207.89951	8.95	502.8356
3	-3	735.4610209	477.1293843	1212.590405	1.955	2.13	2.30	376.1949	207.89951	10.74	573.359
3.5	-3.5	876.8324359	477.1293843	1353.96182	1.955	2.13	2.30	448.5076	207.89951	12.52	643.8825
4	-4	1018.203653	477.1293843	1495.333037	1.955	2.13	2.30	520.8203	207.89951	14.31	714.4059
4.5	-4.5	1159.575181	477.1293843	1636.704565	1.955	2.13	2.30	593.1331	207.89951	16.10	784.9295
5	-5	1300.946474	477.1293843	1778.075859	1.955	2.13	2.30	665.4458	207.89951	17.89	855.4529
5.5	-5.5	1442.318011	477.1293843	1919.447395	1.955	2.13	2.30	737.7586	207.89951	19.68	925.9765
6	-6	1583.689341	477.1293843	2060.818725	1.955	2.13	2.30	810.0713	207.89951	21.47	996.5
6.5	-6.5	1725.060547	477.1293843	2202.189931	1.955	2.13	2.30	882.3839	207.89951	23.26	1067.023
7	-7	1866.432086	477.1293843	2343.56147	1.955	2.13	2.30	954.6967	207.89951	25.05	1137.547
7.5	-7.5	2007.80319	477.1293843	2484.932574	1.955	2.13	2.30	1027.009	207.89951	26.84	1208.07
8	-8	2149.174831	477.1293843	2626.304215	1.955	2.13	2.30	1099.322	207.89951	28.63	1278.594
8.5	-8.5	2290.545963	477.1293843	2767.675348	1.955	2.13	2.30	1171.635	207.89951	30.42	1349.117
9	-9	2431.91735	477.1293843	2909.046734	1.955	2.13	2.30	1243.947	207.89951	32.21	1419.641
9.5	-9.5	2573.288623	477.1293843	3050.418008	1.955	2.13	2.30	1316.26	207.89951	34.00	1490.164
10	-10	2714.660123	477.1293843	3191.789508	1.955	2.13	2.30	1388.573	207.89951	35.78	1560.688
10.5	-10.5	2856.031425	477.1293843	3333.160809	1.955	2.13	2.30	1460.886	207.89951	37.57	1631.211
11	-11	2997.402981	477.1293843	3474.532366	1.955	2.13	2.30	1533.198	207.89951	39.36	1701.735
11.5	-11.5	3138.774255	477.1293843	3615.903639	1.955	2.13	2.30	1605.511	207.89951	41.15	1772.258
12	-12	3280.1455	477.1293843	3757.274885	1.955	2.13	2.30	1677.824	207.89951	42.94	1842.782
12.5	-12.5	3421.517028	477.1293843	3898.646413	1.955	2.13	2.30	1750.137	207.89951	44.73	1913.305
13	-13	3562.888161	477.1293843	4040.017545	1.955	2.13	2.30	1822.449	207.89951	46.52	1983.829
13.5	-13.5	3704.25953	477.1293843	4181.388914	1.955	2.13	2.30	1894.762	207.89951	48.31	2054.352
14	-14	3845.630821	477.1293843	4322.760205	1.955	2.13	2.30	1967.075	207.89951	50.10	2124.876
14.5	-14.5	3987.002292	477.1293843	4464.131677	1.955	2.13	2.30	2039.387	207.89951	51.89	2195.399
15	-15	4128.373594	477.1293843	4605.502978	1.955	2.13	2.30	2111.7	207.89951	53.68	2265.923

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	28.60422896	477.1293843	505.7336132	1.955	2.13	2.30	13.46081	0.954259	14.41507	
1	-1	169.9758135	477.1293843	647.1051978	1.955	2.13	2.30	79.98862	1.908518	81.89714	
1.5	-1.5	311.3471719	477.1293843	788.4765562	1.955	2.13	2.30	146.5163	2.862776	149.3791	
2	-2	452.718389	477.1293843	929.8477732	1.955	2.13	2.30	213.0439	3.817035	216.861	
2.5	-2.5	594.0898887	477.1293843	1071.219273	1.955	2.13	2.30	279.5717	4.771294	284.343	
3	-3	735.4610209	477.1293843	1212.590405	1.955	2.13	2.30	346.0993	5.725553	351.8249	
3.5	-3.5	876.8324359	477.1293843	1353.96182	1.955	2.13	2.30	412.627	6.679811	419.3068	
4	-4	1018.203653	477.1293843	1495.333037	1.955	2.13	2.30	479.1547	7.63407	486.7887	
4.5	-4.5	1159.575181	477.1293843	1636.704565	1.955	2.13	2.30	545.6824	8.588329	554.2708	
5	-5	1300.946474	477.1293843	1778.075859	1.955	2.13	2.30	612.2101	9.542588	621.7527	
5.5	-5.5	1442.318011	477.1293843	1919.447395	1.955	2.13	2.30	678.7379	10.49685	689.2347	
6	-6	1583.689341	477.1293843	2060.818725	1.955	2.13	2.30	745.2656	11.45111	756.7167	
6.5	-6.5	1725.060547	477.1293843	2202.189931	1.955	2.13	2.30	811.7932	12.40536	824.1986	
7	-7	1866.432086	477.1293843	2343.56147	1.955	2.13	2.30	878.321	13.35962	891.6806	
7.5	-7.5	2007.80319	477.1293843	2484.932574	1.955	2.13	2.30	944.8486	14.31388	959.1624	
8	-8	2149.174831	477.1293843	2626.304215	1.955	2.13	2.30	1011.376	15.26814	1026.645	
8.5	-8.5	2290.545963	477.1293843	2767.675348	1.955	2.13	2.30	1077.904	16.2224	1094.126	
9	-9	2431.91735	477.1293843	2909.046734	1.955	2.13	2.30	1144.432	17.17666	1161.608	
9.5	-9.5	2573.288623	477.1293843	3050.418008	1.955	2.13	2.30	1210.959	18.13092	1229.09	
10	-10	2714.660123	477.1293843	3191.789508	1.955	2.13	2.30	1277.487	19.08518	1296.572	
10.5	-10.5	2856.031425	477.1293843	3333.160809	1.955	2.13	2.30	1344.015	20.03943	1364.054	
11	-11	2997.402981	477.1293843	3474.532366	1.955	2.13	2.30	1410.543	20.99369	1431.536	
11.5	-11.5	3138.774255	477.1293843	3615.903639	1.955	2.13	2.30	1477.07	21.94795	1499.018	
12	-12	3280.1455	477.1293843	3757.274885	1.955	2.13	2.30	1543.598	22.90221	1566.5	
12.5	-12.5	3421.517028	477.1293843	3898.646413	1.955	2.13	2.30	1610.126	23.85647	1633.982	
13	-13	3562.888161	477.1293843	4040.017545	1.955	2.13	2.30	1676.653	24.81073	1701.464	
13.5	-13.5	3704.25953	477.1293843	4181.388914	1.955	2.13	2.30	1743.181	25.76499	1768.946	
14	-14	3845.630821	477.1293843	4322.760205	1.955	2.13	2.30	1809.709	26.71925	1836.428	
14.5	-14.5	3987.002292	477.1293843	4464.131677	1.955	2.13	2.30	1876.236	27.6735	1903.91	
15	-15	4128.373594	477.1293843	4605.502978	1.955	2.13	2.30	1942.764	28.62776	1971.392	

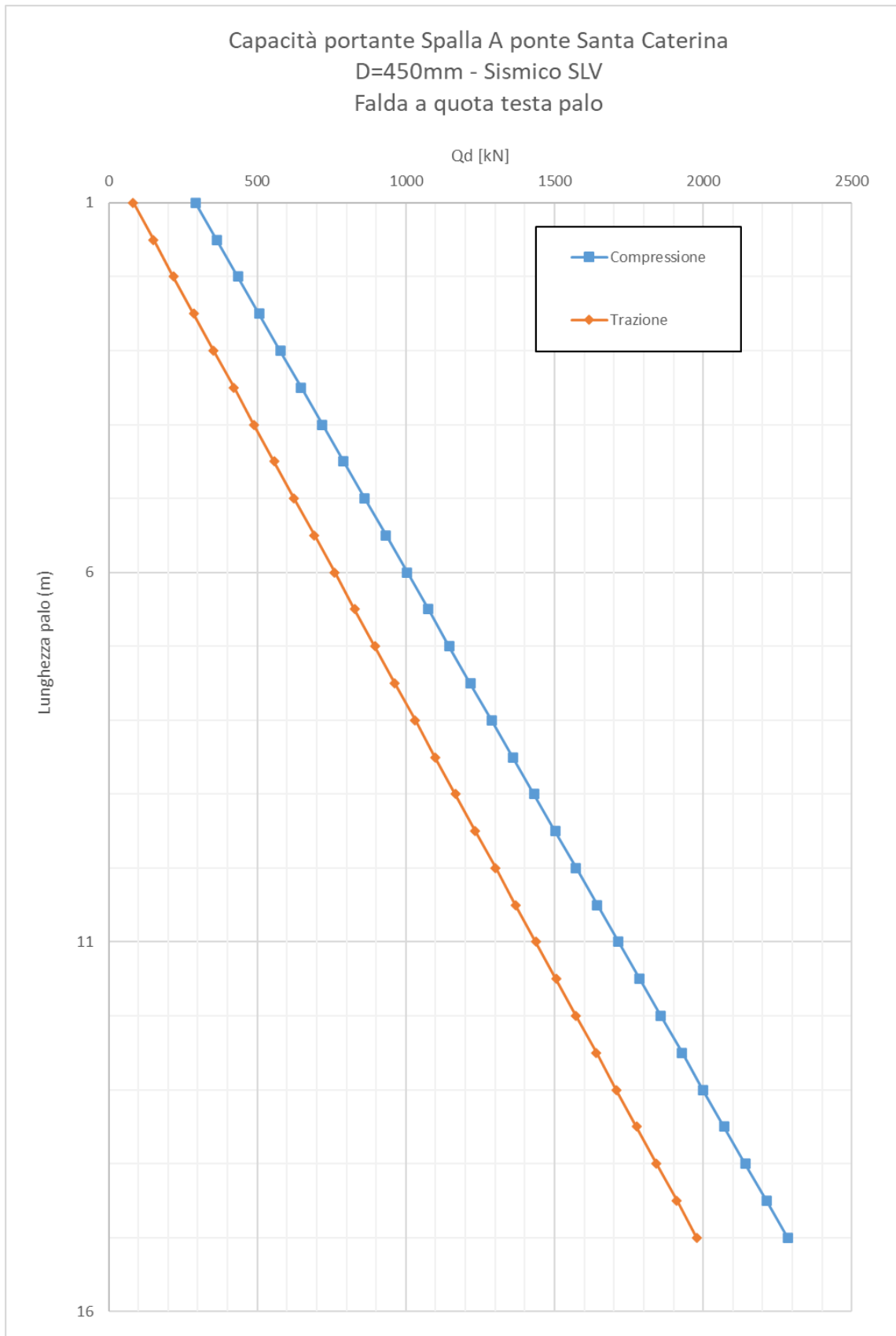


PROGETTAZIONE ATI:

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	COMPRESIONE			
								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	28.60422896	477.1293843	505.7336132	1.955	2.13	2.30	14.63132	207.89951	1.19	221.34
1	-1	169.9758135	477.1293843	647.1051978	1.955	2.13	2.30	86.94415	207.89951	2.39	292.458
1.5	-1.5	311.3471719	477.1293843	788.4765562	1.955	2.13	2.30	159.2569	207.89951	3.58	363.5779
2	-2	452.718389	477.1293843	929.8477732	1.955	2.13	2.30	231.5695	207.89951	4.77	434.70
2.5	-2.5	594.0898887	477.1293843	1071.219273	1.955	2.13	2.30	303.8823	207.89951	5.96	505.8177
3	-3	735.4610209	477.1293843	1212.590405	1.955	2.13	2.30	376.1949	207.89951	7.16	576.9375
3.5	-3.5	876.8324359	477.1293843	1353.96182	1.955	2.13	2.30	448.5076	207.89951	8.35	648.0574
4	-4	1018.203653	477.1293843	1495.333037	1.955	2.13	2.30	520.8203	207.89951	9.54	719.1772
4.5	-4.5	1159.575181	477.1293843	1636.704565	1.955	2.13	2.30	593.1331	207.89951	10.74	790.2972
5	-5	1300.946474	477.1293843	1778.075859	1.955	2.13	2.30	665.4458	207.89951	11.93	861.417
5.5	-5.5	1442.318011	477.1293843	1919.447395	1.955	2.13	2.30	737.7586	207.89951	13.12	932.537
6	-6	1583.689341	477.1293843	2060.818725	1.955	2.13	2.30	810.0713	207.89951	14.31	1003.657
6.5	-6.5	1725.060547	477.1293843	2202.189931	1.955	2.13	2.30	882.3839	207.89951	15.51	1074.777
7	-7	1866.432086	477.1293843	2343.56147	1.955	2.13	2.30	954.6967	207.89951	16.70	1145.897
7.5	-7.5	2007.80319	477.1293843	2484.932574	1.955	2.13	2.30	1027.009	207.89951	17.89	1217.016
8	-8	2149.174831	477.1293843	2626.304215	1.955	2.13	2.30	1099.322	207.89951	19.09	1288.137
8.5	-8.5	2290.545963	477.1293843	2767.675348	1.955	2.13	2.30	1171.635	207.89951	20.28	1359.256
9	-9	2431.91735	477.1293843	2909.046734	1.955	2.13	2.30	1243.947	207.89951	21.47	1430.376
9.5	-9.5	2573.288623	477.1293843	3050.418008	1.955	2.13	2.30	1316.26	207.89951	22.66	1501.496
10	-10	2714.660123	477.1293843	3191.789508	1.955	2.13	2.30	1388.573	207.89951	23.86	1572.616
10.5	-10.5	2856.031425	477.1293843	3333.160809	1.955	2.13	2.30	1460.886	207.89951	25.05	1643.736
11	-11	2997.402981	477.1293843	3474.532366	1.955	2.13	2.30	1533.198	207.89951	26.24	1714.856
11.5	-11.5	3138.774255	477.1293843	3615.903639	1.955	2.13	2.30	1605.511	207.89951	27.43	1785.976
12	-12	3280.1455	477.1293843	3757.274885	1.955	2.13	2.30	1677.824	207.89951	28.63	1857.096
12.5	-12.5	3421.517028	477.1293843	3898.646413	1.955	2.13	2.30	1750.137	207.89951	29.82	1928.216
13	-13	3562.888161	477.1293843	4040.017545	1.955	2.13	2.30	1822.449	207.89951	31.01	1999.335
13.5	-13.5	3704.25953	477.1293843	4181.388914	1.955	2.13	2.30	1894.762	207.89951	32.21	2070.455
14	-14	3845.630821	477.1293843	4322.760205	1.955	2.13	2.30	1967.075	207.89951	33.40	2141.575
14.5	-14.5	3987.002292	477.1293843	4464.131677	1.955	2.13	2.30	2039.387	207.89951	34.59	2212.695
15	-15	4128.373594	477.1293843	4605.502978	1.955	2.13	2.30	2111.7	207.89951	35.78	2283.815

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
0.5	-0.5	28.60422896	477.1293843	505.7336132	1.955	2.13	2.30	13.46081	1.192823	14.65364	
1	-1	169.9758135	477.1293843	647.1051978	1.955	2.13	2.30	79.98862	2.385647	82.37427	
1.5	-1.5	311.3471719	477.1293843	788.4765562	1.955	2.13	2.30	146.5163	3.57847	150.0948	
2	-2	452.718389	477.1293843	929.8477732	1.955	2.13	2.30	213.0439	4.771294	217.8152	
2.5	-2.5	594.0898887	477.1293843	1071.219273	1.955	2.13	2.30	279.5717	5.964117	285.5358	
3	-3	735.4610209	477.1293843	1212.590405	1.955	2.13	2.30	346.0993	7.156941	353.2562	
3.5	-3.5	876.8324359	477.1293843	1353.96182	1.955	2.13	2.30	412.627	8.349764	420.9768	
4	-4	1018.203653	477.1293843	1495.333037	1.955	2.13	2.30	479.1547	9.542588	488.6972	
4.5	-4.5	1159.575181	477.1293843	1636.704565	1.955	2.13	2.30	545.6824	10.73541	556.4178	
5	-5	1300.946474	477.1293843	1778.075859	1.955	2.13	2.30	612.2101	11.92823	624.1383	
5.5	-5.5	1442.318011	477.1293843	1919.447395	1.955	2.13	2.30	678.7379	13.12106	691.8589	
6	-6	1583.689341	477.1293843	2060.818725	1.955	2.13	2.30	745.2656	14.31388	759.5795	
6.5	-6.5	1725.060547	477.1293843	2202.189931	1.955	2.13	2.30	811.7932	15.5067	827.2999	
7	-7	1866.432086	477.1293843	2343.56147	1.955	2.13	2.30	878.321	16.69953	895.0205	
7.5	-7.5	2007.80319	477.1293843	2484.932574	1.955	2.13	2.30	944.8486	17.89235	962.7409	
8	-8	2149.174831	477.1293843	2626.304215	1.955	2.13	2.30	1011.376	19.08518	1030.462	
8.5	-8.5	2290.545963	477.1293843	2767.675348	1.955	2.13	2.30	1077.904	20.278	1098.182	
9	-9	2431.91735	477.1293843	2909.046734	1.955	2.13	2.30	1144.432	21.47082	1165.903	
9.5	-9.5	2573.288623	477.1293843	3050.418008	1.955	2.13	2.30	1210.959	22.66365	1233.623	
10	-10	2714.660123	477.1293843	3191.789508	1.955	2.13	2.30	1277.487	23.85647	1301.344	
10.5	-10.5	2856.031425	477.1293843	3333.160809	1.955	2.13	2.30	1344.015	25.04929	1369.064	
11	-11	2997.402981	477.1293843	3474.532366	1.955	2.13	2.30	1410.543	26.24212	1436.785	
11.5	-11.5	3138.774255	477.1293843	3615.903639	1.955	2.13	2.30	1477.07	27.43494	1504.505	
12	-12	3280.1455	477.1293843	3757.274885	1.955	2.13	2.30	1543.598	28.62776	1572.226	
12.5	-12.5	3421.517028	477.1293843	3898.646413	1.955	2.13	2.30	1610.126	29.82059	1639.946	
13	-13	3562.888161	477.1293843	4040.017545	1.955	2.13	2.30	1676.653	31.01341	1707.667	
13.5	-13.5	3704.25953	477.1293843	4181.388914	1.955	2.13	2.30	1743.181	32.20623	1775.387	
14	-14	3845.630821	477.1293843	4322.760205	1.955	2.13	2.30	1809.709	33.39906	1843.108	
14.5	-14.5	3987.002292	477.1293843	4464.131677	1.955	2.13	2.30	1876.236	34.59188	1910.828	
15	-15	4128.373594	477.1293843	4605.502978	1.955	2.13	2.30	1942.764	35.7847	1978.549	



PROGETTAZIONE ATI:

Carico limite orizzontale

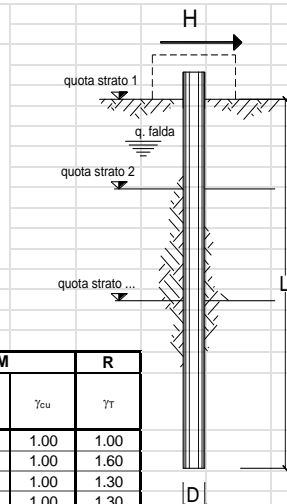
Per il calcolo del momento plastico si è fatto riferimento all'armatura riportata nella specifica relazione di calcolo delle strutture. La armatura è costituita da un tubo in acciaio $\phi=298.5$ mm con spessore uguale a 16 mm.

$M_{plas} = 440$ 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 $\sigma_{lim} = K_v \cdot \sigma_{vo}' + K_c \cdot c$. 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.U.	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	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]	
<input type="checkbox"/>	strato 1	sub-alt	100.00	21	27.5	15	27.5	15
<input checked="" type="checkbox"/>	strato 2	Sub	99.60	23.5	28.5	40	28.5	40
<input type="checkbox"/>	strato 3							
<input type="checkbox"/>	strato 4							
<input type="checkbox"/>	strato 5							
<input type="checkbox"/>	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	728 (kN)		728 (kN)	
Palo intermedio	2643 (kN)		2643 (kN)	
Palo corto	6558 (kN)		6558 (kN)	
H_{med}	728 (kN)	Palo lungo	H_{min} 727.9 (kN)	Palo lungo
$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$			428.15 (kN)	
$H_d = H_k/\gamma_r$			329.35 (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)	
$FS = H_d / F_d =$			329.35	

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

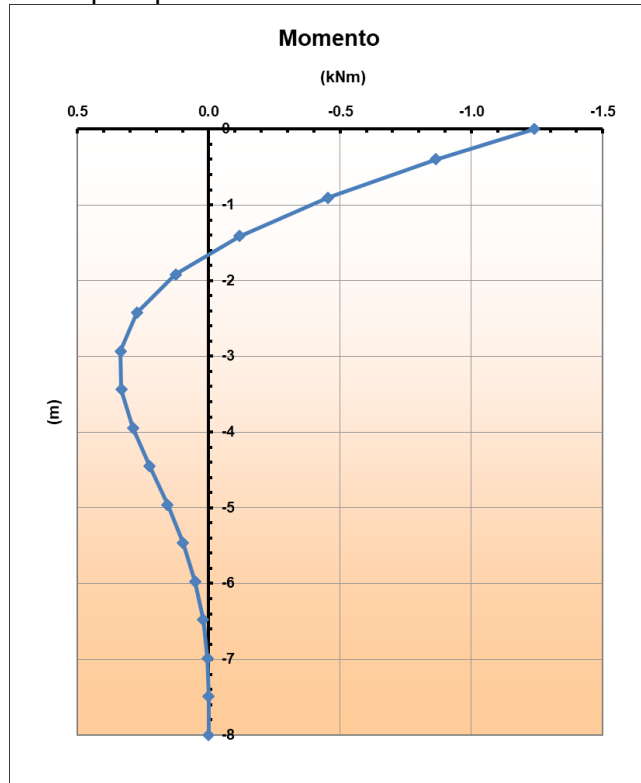
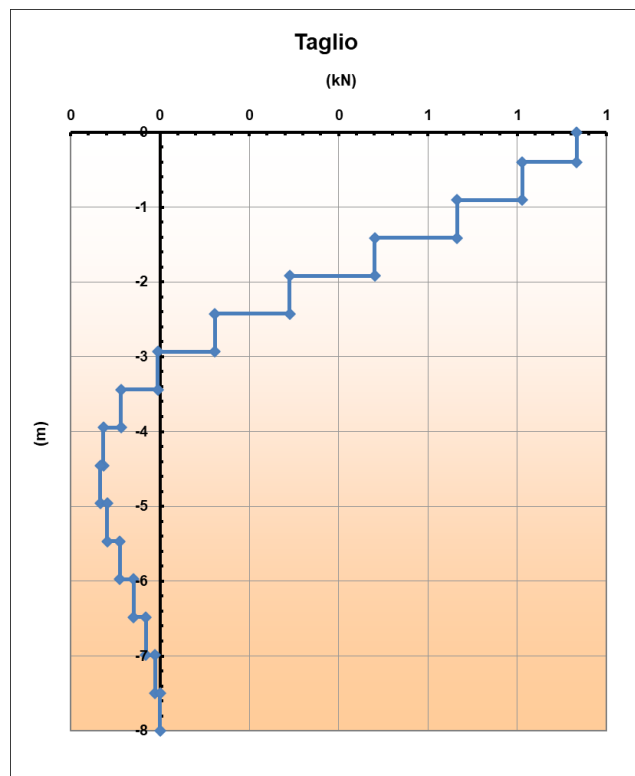


Figura 6-3 – Momento flettente agente per carico unitario



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 6-4 – Taglio agente per carico unitario

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

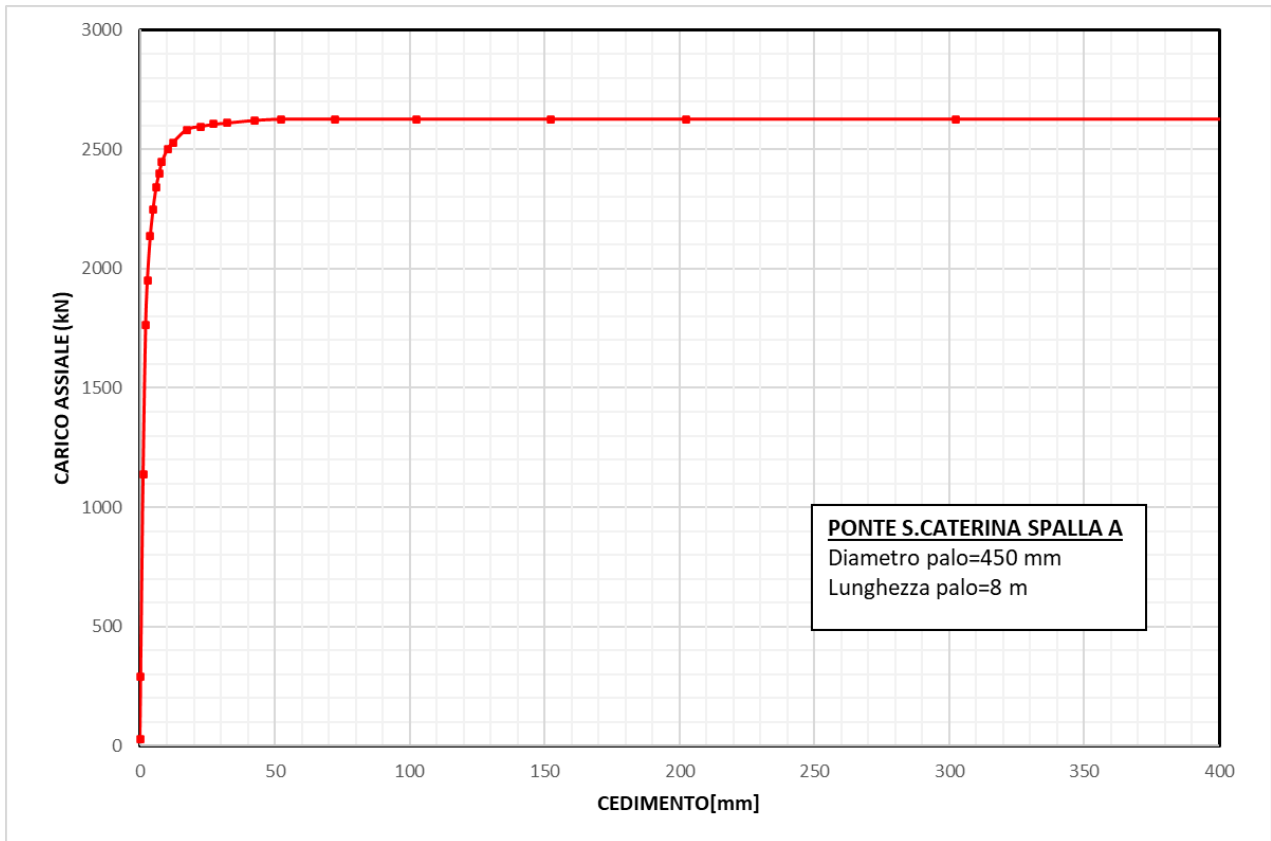


Figura 6-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI:

7. PONTE SANTA CATERINA SPALLA B QUOTA: 303.37 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]
0.0-5.6	E/C	20.0	25.0	20.0	4.0	3000
>5.6	SUB	23.5	28.5	40.0	-	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.

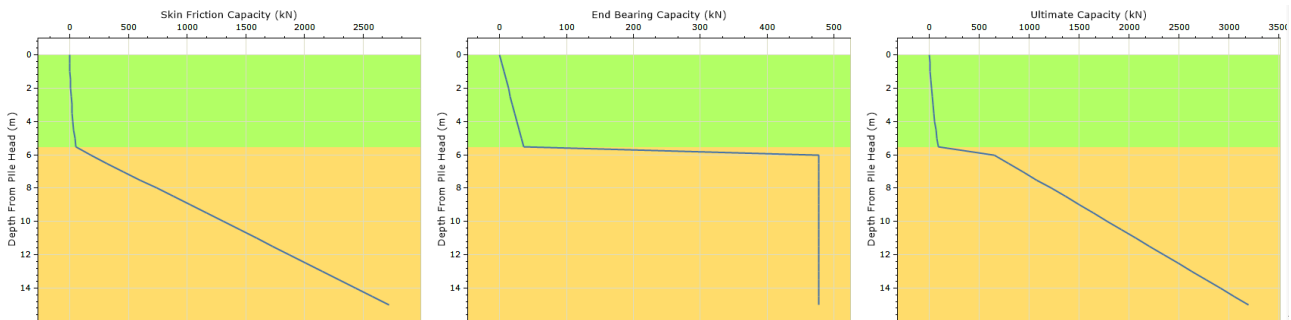


Figura 7-1 – Curve a compressione non fattorizzate

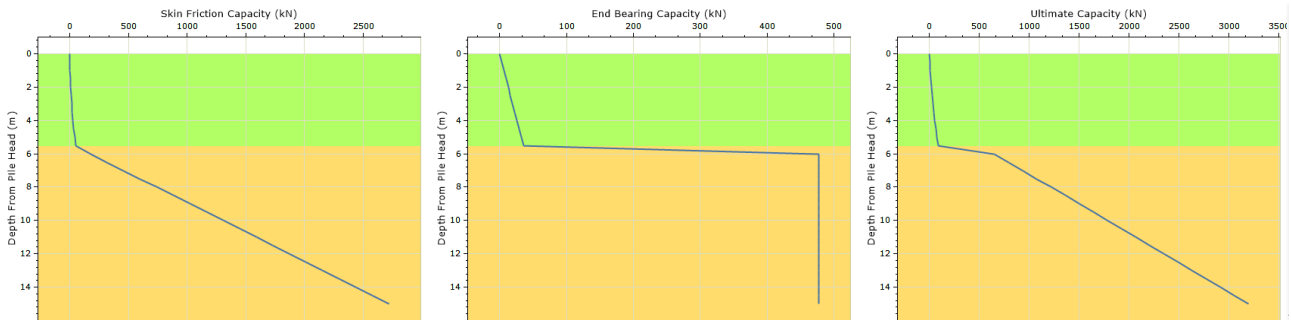
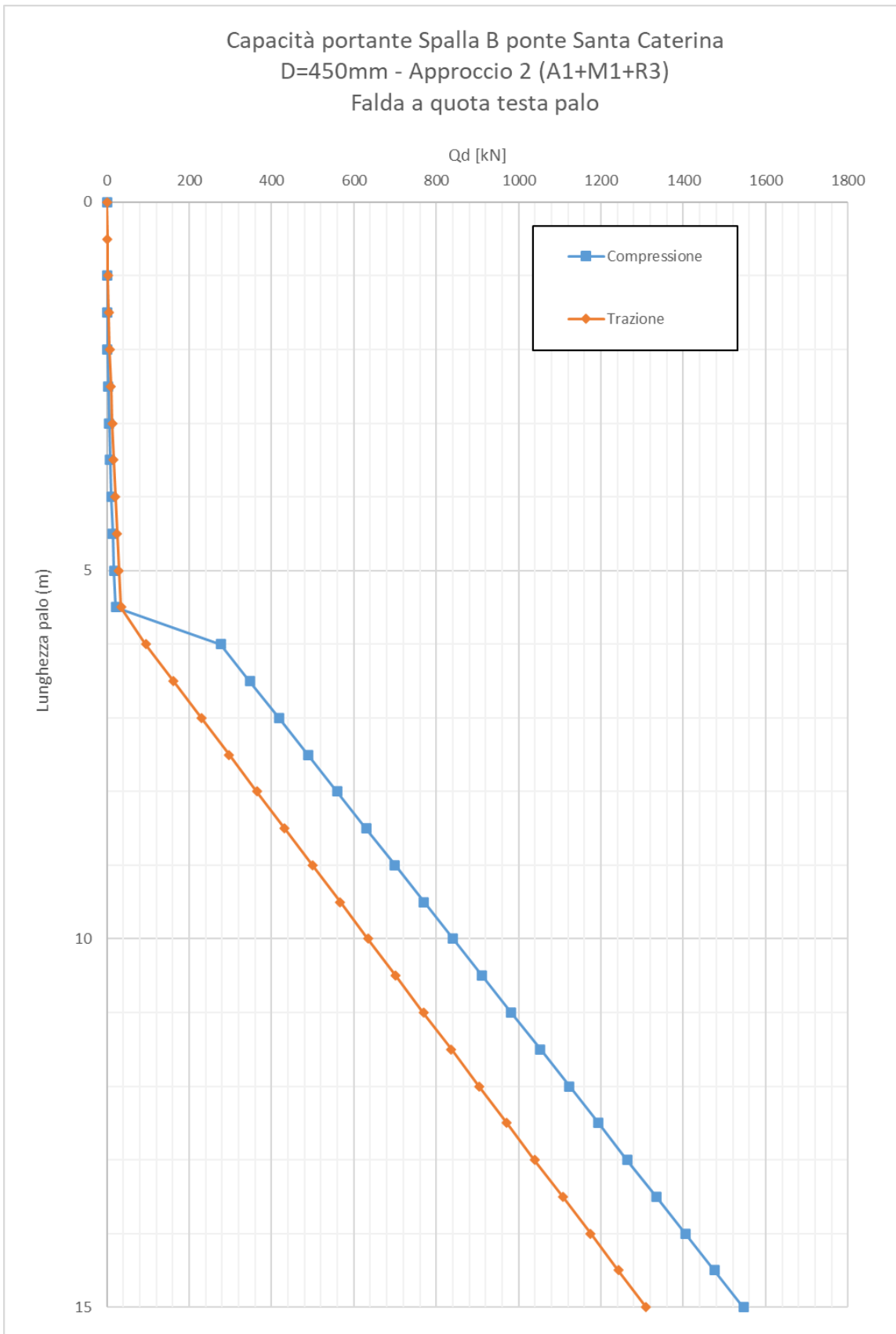
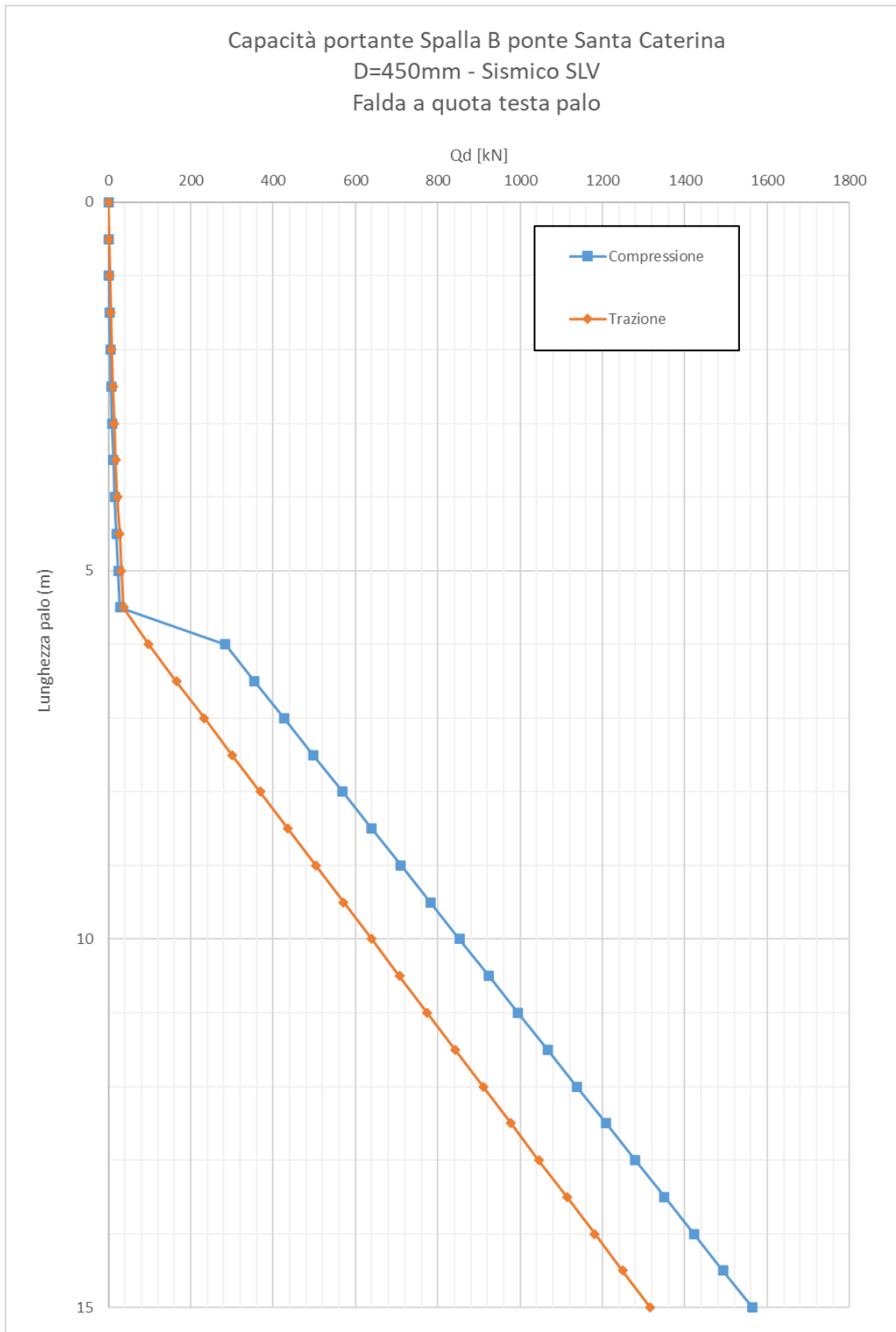


Figura 7-2 – Curve a trazione non fattorizzate

PROGETTAZIONE ATI:



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 25 mm.

$M_{plas} = 600$ 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 $\sigma_{lim} = K_c \cdot \sigma_{vo}' + K_c \cdot c$. 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_T	
SU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	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]
<input type="checkbox"/>	strato 1	E/C	100.00	20	25	20	25
<input checked="" type="checkbox"/>	strato 2	SUB	94.40	23.5	28.5	40	28.5
<input type="checkbox"/>	strato 3						
<input type="checkbox"/>	strato 4						
<input type="checkbox"/>	strato 5						
<input type="checkbox"/>	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	600	[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	650 (kN)		650 (kN)	
Palo intermedio	2174 (kN)		2174 (kN)	
Palo corto	6685 (kN)		6685 (kN)	
H_{med}	650 (kN)	Palo lungo	H_{min}	650.0 (kN)
H_k = Min(H_{med}/ξ_3 ; R_{min}/ξ_4)		382.34 (kN)		
H_d = H_k/γ_T		294.11 (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 =		294.11		

PROGETTAZIONE ATI:

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

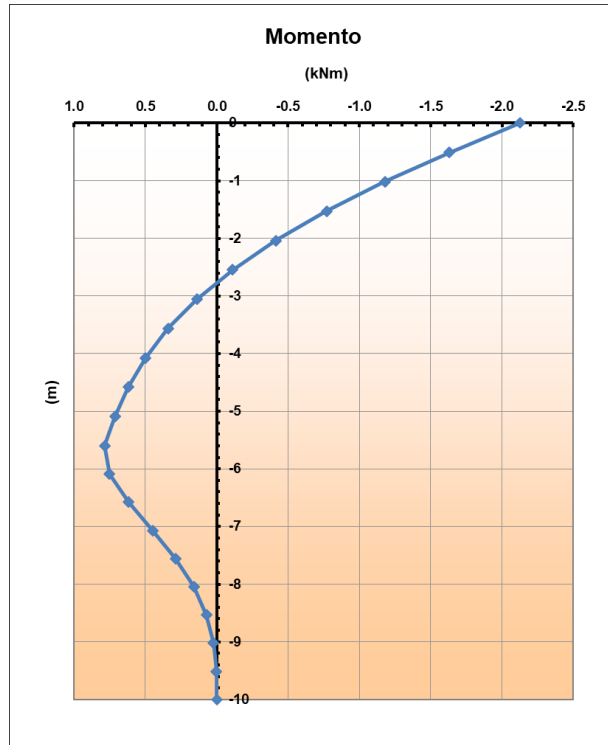


Figura 7-3 – Momento flettente agente per carico unitario

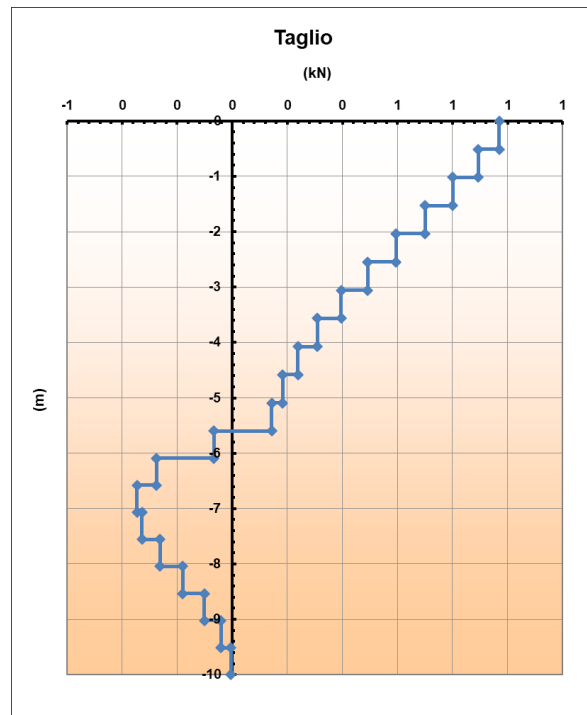


Figura 7-4 –Taglio agente per carico unitario

PROGETTAZIONE ATI:

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

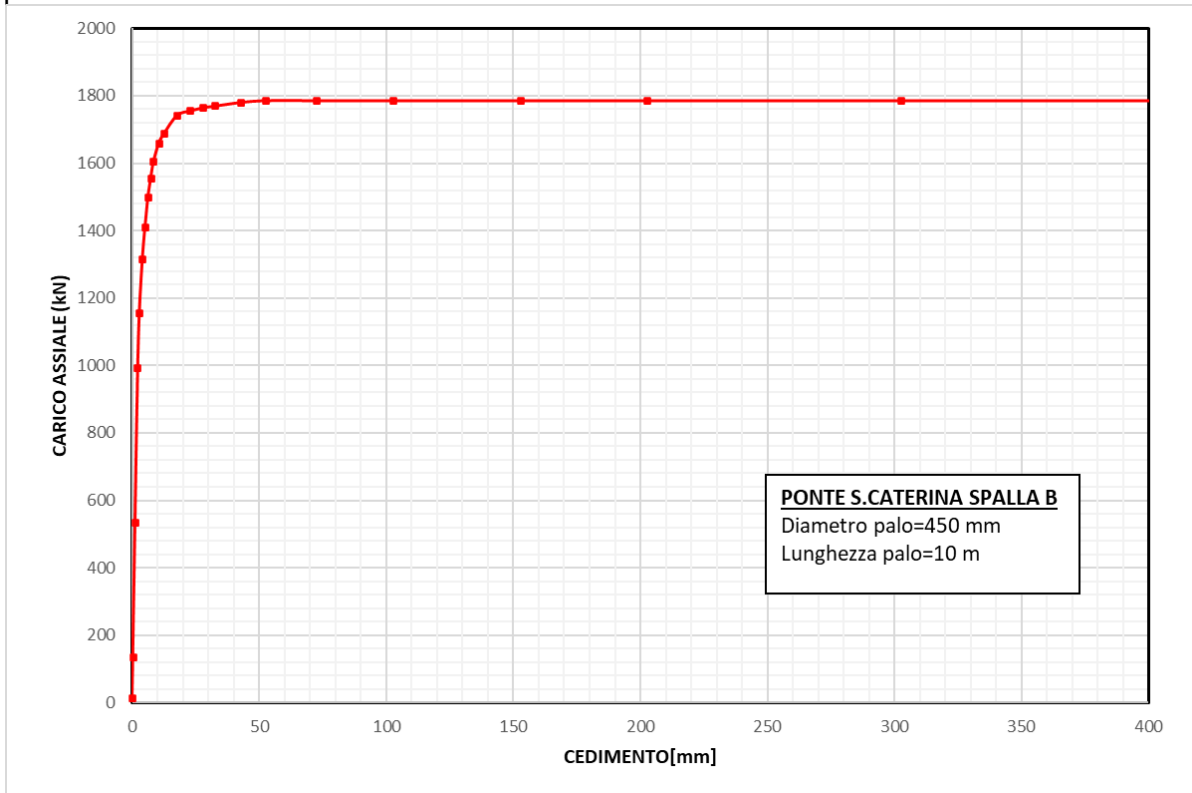


Figura 7-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI:

8. PONTE SANTA CATERINA SPALLA B QUOTA=305.17 M.SL.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 - 4.4	E/C	20.0	25.0	20.0	4.0	3000
>4.4	SUB	23.5	28.5	40.0	-	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.

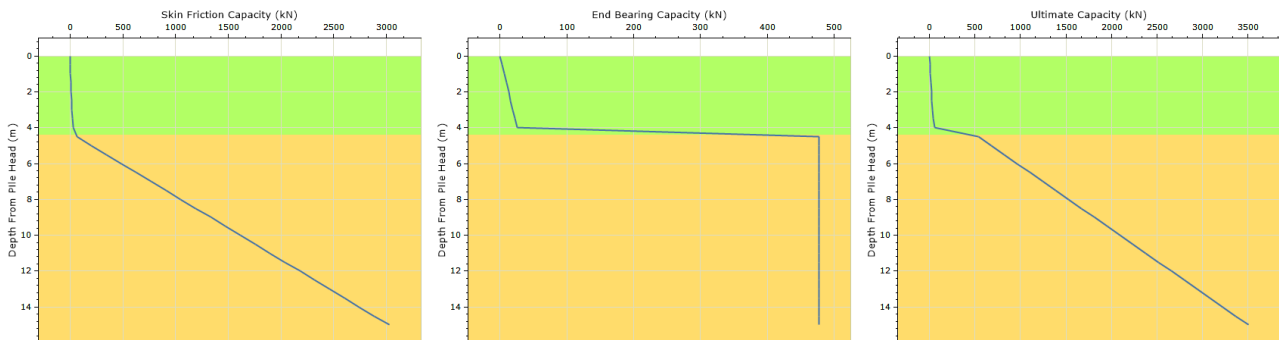


Figura 8-1 – Curve a compressione non fattorizzate

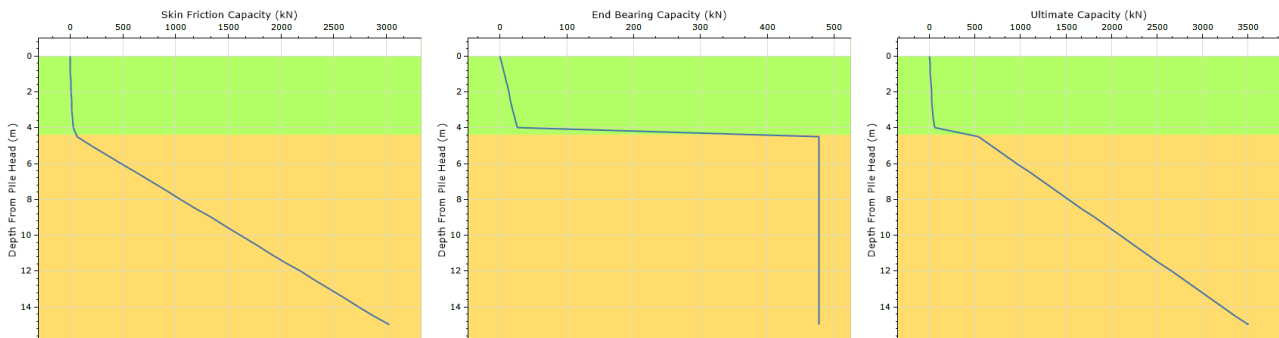
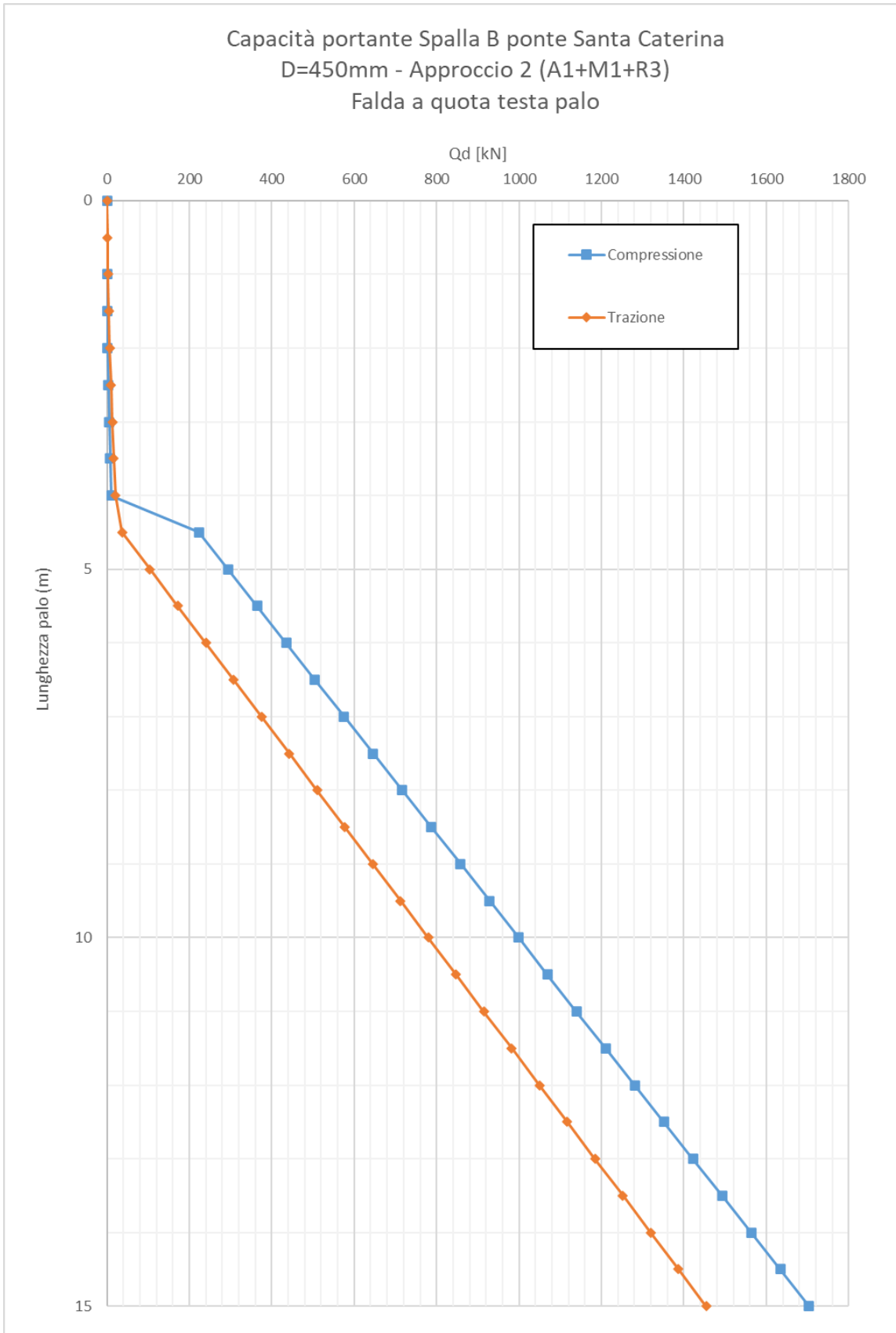
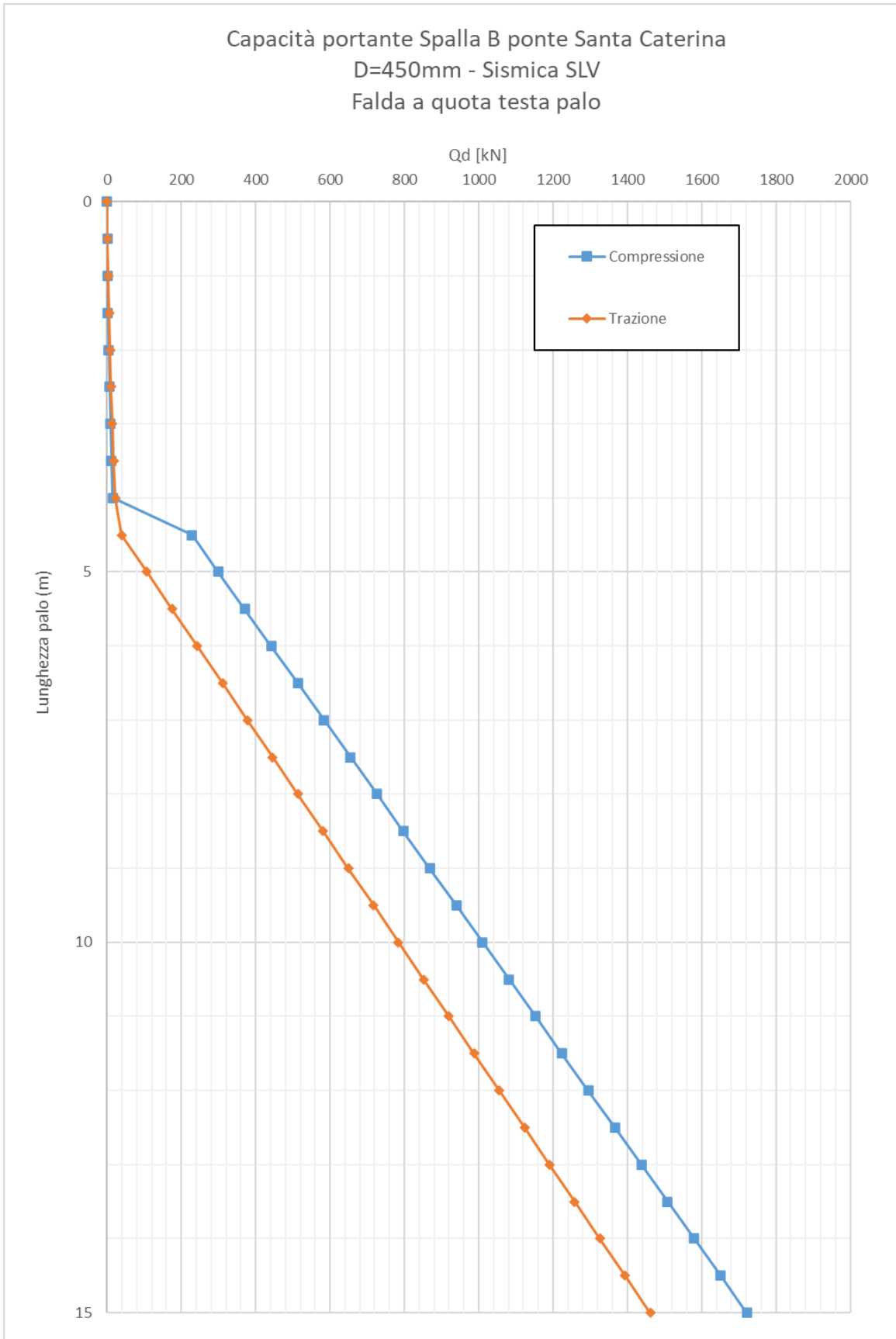


Figura 8-2 – Curve a trazione non fattorizzate

PROGETTAZIONE ATI:



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 25 mm.

$M_{plas} = 600$ 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 $\sigma_{lim} = K_c \cdot \sigma_{v0}' + K_c \cdot c$. 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_T
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00
DMB8		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		●	1.00	1.00	1.00	2.00

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

strati terreno	descrizione	Quota [m]	γ [kN/m ³]	Parametri medi		Parametri minimi	
				ϕ [°]	c [kPa]	ϕ [°]	c [kPa]
<input type="checkbox"/>	strato 1	E/C	100.00	20	25	20	25
<input checked="" type="checkbox"/>	strato 2	SUb	95.60	23.5	28.5	40	28.5
<input type="checkbox"/>	strato 3						
<input type="checkbox"/>	strato 4						
<input type="checkbox"/>	strato 5						
<input type="checkbox"/>	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 600 [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	650 (kN)		650 (kN)	
Palo intermedio	2496 (kN)		2496 (kN)	
Palo corto	7378 (kN)		7378 (kN)	
H_{med}	650 (kN)	Palo lungo	H_{min}	650.0 (kN) Palo lungo
$H_k = \min(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$			382.34	(kN)
$H_d = H_k/\gamma_T$			294.11	(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)
$FS = H_d / F_d =$			294.11	

PROGETTAZIONE ATI:

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

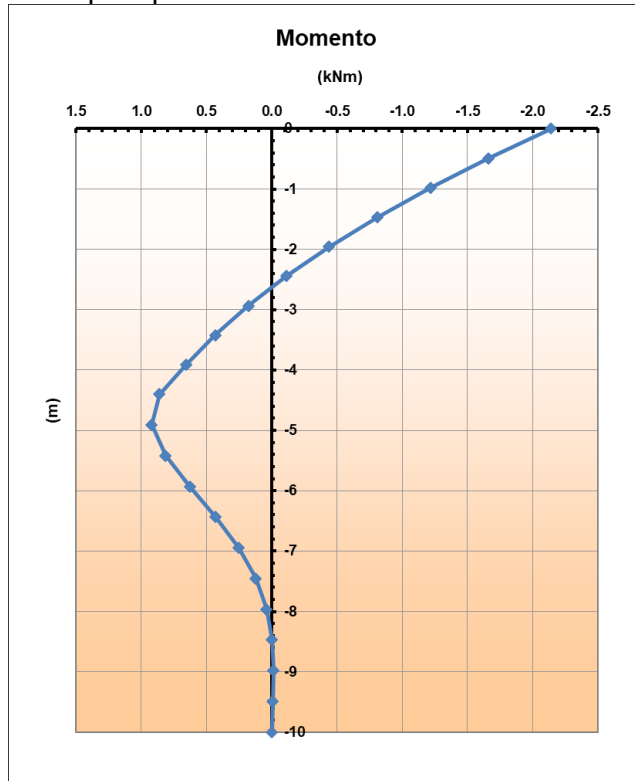


Figura 8-3 – Momento flettente agente per carico unitario

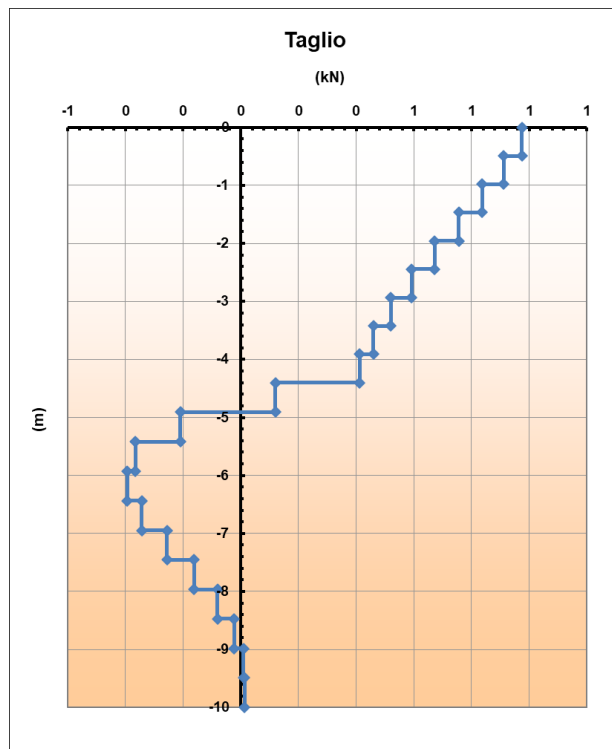


Figura 8-4 –Taglio agente per carico unitario

PROGETTAZIONE ATI:

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

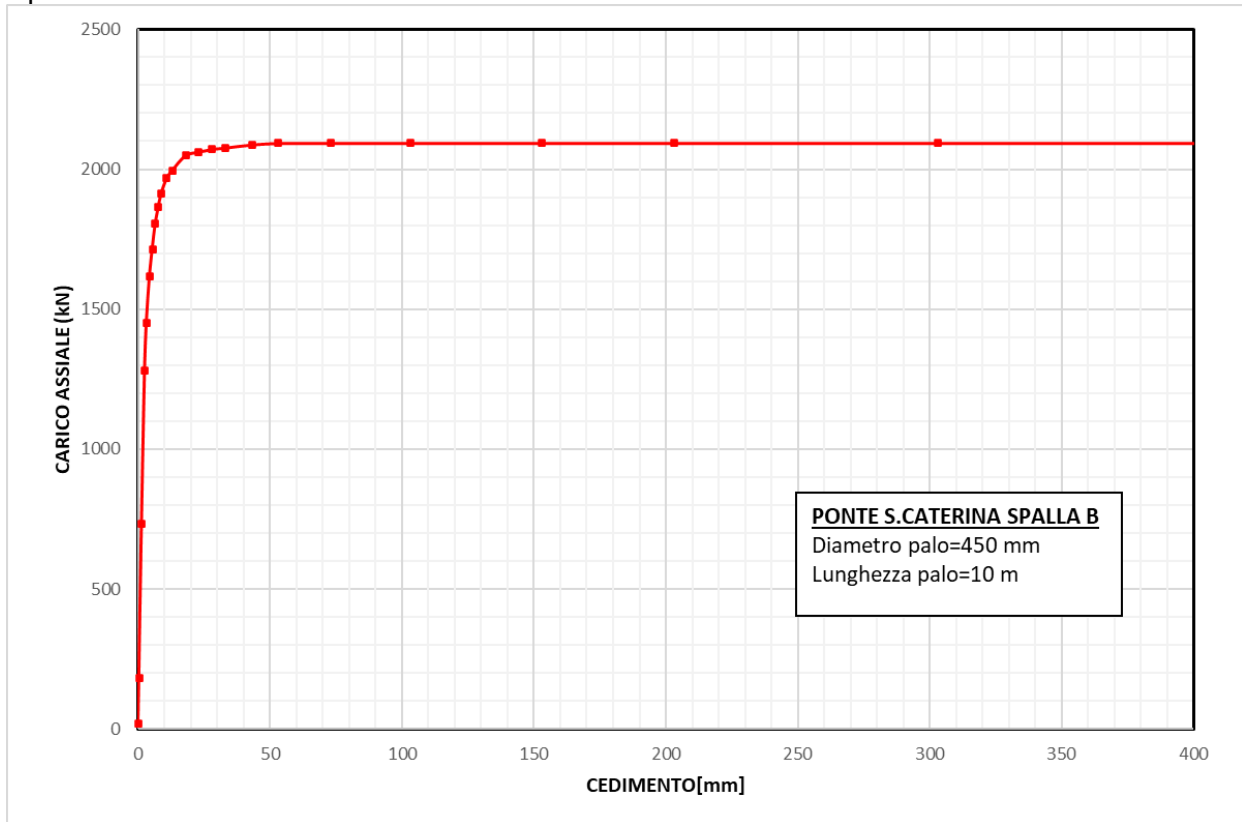


Figura 8-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI:

9. PONTE SANTA CATERINA 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'	N_q [-]	$Q_{b,lim}$ [kPa]
0.0-1.8	E/C	20.0	25.0	20.0	3.4	3000
>1.8	SUB	23.5	28.5	40.0	-	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.

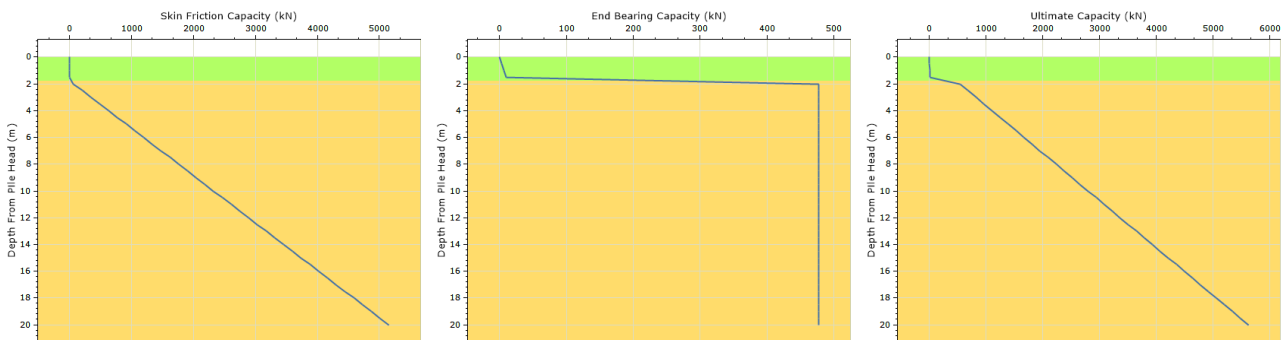


Figura 9-1 – Curve a compressione non fattorizzate

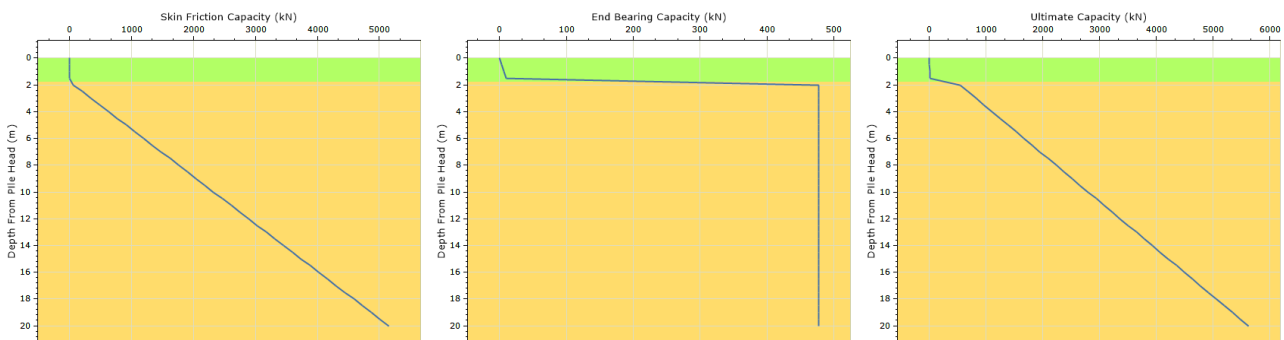


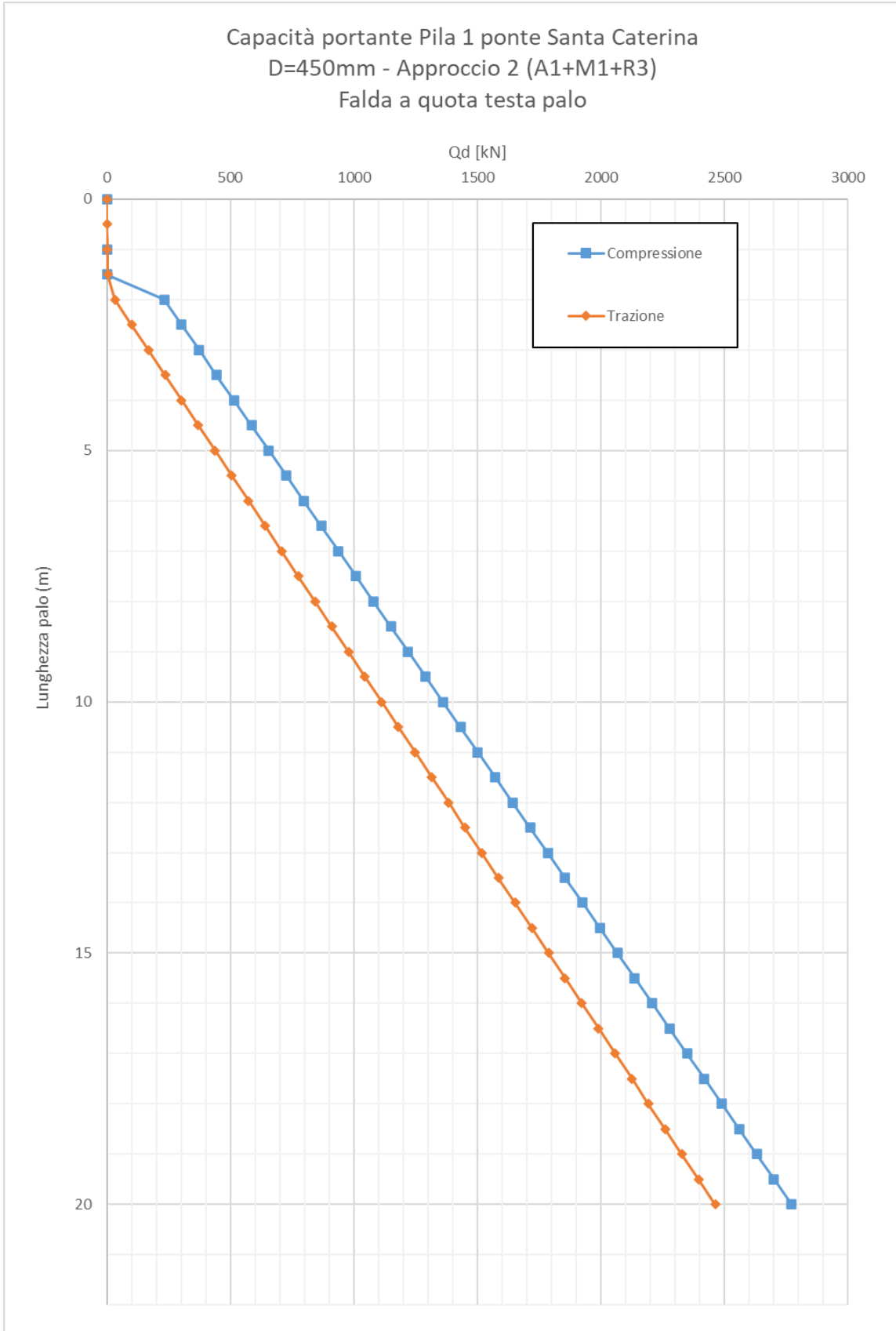
Figura 9-2 – Curve a trazione non fattorizzate

PROGETTAZIONE ATI:

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

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	COMPRESIONE			
								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	0.421795459	3.24129895	3.66309441	1.955	2.13	2.30	0.215752	1.4123307	1.79	-0.16
1	-1	1.687179551	6.482597901	8.169777451	1.955	2.13	2.30	0.863007	2.8246614	3.58	0.109198
1.5	-1.5	3.796158206	9.723896851	13.52005506	1.955	2.13	2.30	1.941769	4.2369921	5.37	0.811055
2	-2	62.01563751	477.1293843	539.1450218	1.955	2.13	2.30	31.72155	207.89951	7.16	232.46
2.5	-2.5	203.3871656	477.1293843	680.5165498	1.955	2.13	2.30	104.0344	207.89951	8.95	302.9877
3	-3	344.7585239	477.1293843	821.8879082	1.955	2.13	2.30	176.3471	207.89951	10.74	373.5112
3.5	-3.5	486.1300803	477.1293843	963.2594645	1.955	2.13	2.30	248.6599	207.89951	12.52	444.0348
4	-4	627.5016648	477.1293843	1104.631049	1.955	2.13	2.30	320.9727	207.89951	14.31	514.5584
4.5	-4.5	768.8731081	477.1293843	1246.002492	1.955	2.13	2.30	393.2855	207.89951	16.10	585.0819
5	-5	910.2447492	477.1293843	1387.374133	1.955	2.13	2.30	465.5983	207.89951	17.89	655.6055
5.5	-5.5	1051.615966	477.1293843	1528.74535	1.955	2.13	2.30	537.911	207.89951	19.68	726.1289
6	-6	1192.987523	477.1293843	1670.116907	1.955	2.13	2.30	610.2238	207.89951	21.47	796.6525
6.5	-6.5	1334.359051	477.1293843	1811.488435	1.955	2.13	2.30	682.5366	207.89951	23.26	867.1761
7	-7	1475.730692	477.1293843	1952.860076	1.955	2.13	2.30	754.8495	207.89951	25.05	937.6997
7.5	-7.5	1617.102146	477.1293843	2094.231531	1.955	2.13	2.30	827.1622	207.89951	26.84	1008.223
8	-8	1758.473691	477.1293843	2235.603076	1.955	2.13	2.30	899.475	207.89951	28.63	1078.747
8.5	-8.5	1899.845276	477.1293843	2376.97466	1.955	2.13	2.30	971.7879	207.89951	30.42	1149.27
9	-9	2041.216634	477.1293843	2518.346018	1.955	2.13	2.30	1044.101	207.89951	32.21	1219.794
9.5	-9.5	2182.588024	477.1293843	2659.717408	1.955	2.13	2.30	1116.413	207.89951	34.00	1290.317
10	-10	2323.959577	477.1293843	2801.088961	1.955	2.13	2.30	1188.726	207.89951	35.78	1360.841
10.5	-10.5	2465.331218	477.1293843	2942.460603	1.955	2.13	2.30	1261.039	207.89951	37.57	1431.365
11	-11	2606.702859	477.1293843	3083.832244	1.955	2.13	2.30	1333.352	207.89951	39.36	1501.888
11.5	-11.5	2748.074218	477.1293843	3225.203602	1.955	2.13	2.30	1405.665	207.89951	41.15	1572.412
12	-12	2889.445746	477.1293843	3366.57513	1.955	2.13	2.30	1477.977	207.89951	42.94	1642.935
12.5	-12.5	3030.817048	477.1293843	3507.946432	1.955	2.13	2.30	1550.29	207.89951	44.73	1713.459
13	-13	3172.188519	477.1293843	3649.317904	1.955	2.13	2.30	1622.603	207.89951	46.52	1783.982
13.5	-13.5	3313.56016	477.1293843	3790.689545	1.955	2.13	2.30	1694.916	207.89951	48.31	1854.506
14	-14	3454.931632	477.1293843	3932.061016	1.955	2.13	2.30	1767.228	207.89951	50.10	1925.029
14.5	-14.5	3596.303216	477.1293843	4073.432601	1.955	2.13	2.30	1839.541	207.89951	51.89	1995.553
15	-15	3737.674745	477.1293843	4214.804129	1.955	2.13	2.30	1911.854	207.89951	53.68	2066.077
15.5	-15.5	3879.046357	477.1293843	4356.175742	1.955	2.13	2.30	1984.167	207.89951	55.47	2136.6
16	-16	4020.417518	477.1293843	4497.546902	1.955	2.13	2.30	2056.48	207.89951	57.26	2207.124
16.5	-16.5	4161.789102	477.1293843	4638.918487	1.955	2.13	2.30	2128.792	207.89951	59.04	2277.647
17	-17	4303.160687	477.1293843	4780.290071	1.955	2.13	2.30	2201.105	207.89951	60.83	2348.171
17.5	-17.5	4444.5323	477.1293843	4921.661684	1.955	2.13	2.30	2273.418	207.89951	62.62	2418.694
18	-18	4585.903687	477.1293843	5063.033071	1.955	2.13	2.30	2345.731	207.89951	64.41	2489.218
18.5	-18.5	4727.275271	477.1293843	5204.404655	1.955	2.13	2.30	2418.044	207.89951	66.20	2559.741
19	-19	4868.646663	477.1293843	5345.776014	1.955	2.13	2.30	2490.356	207.89951	67.99	2630.265
19.5	-19.5	5010.01796	477.1293843	5487.147344	1.955	2.13	2.30	2562.669	207.89951	69.78	2700.788
20	-20	5151.389573	477.1293843	5628.518957	1.955	2.13	2.30	2634.982	207.89951	71.57	2771.312

Depth From Pile Head (m)	Elevation (m)	Skin Friction Capacity (kN)	End Bearing Capacity (kN)	Ultimate Capacity (kN)	FSL,c	FSL,t	FSB	TRAZIONE		
								Ql/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	0.421795459	3.24129895	3.66309441	1.955	2.13	2.30	0.198492	0.954259	1.152751
1	-1	1.687179551	6.482597901	8.169777451	1.955	2.13	2.30	0.793967	1.908518	2.702484
1.5	-1.5	3.796158206	9.723896851	13.52005506	1.955	2.13	2.30	1.786427	2.862776	4.649204
2	-2	62.01563751	477.1293843	539.1450218	1.955	2.13	2.30	29.18383	3.817035	33.00086
2.5	-2.5	203.3871656	477.1293843	680.5165498	1.955	2.13	2.30	95.71161	4.771294	100.4829
3	-3	344.7585239	477.1293843	821.8879082	1.955	2.13	2.30	162.2393	5.725553	167.9649
3.5	-3.5	486.1300803	477.1293843	963.2594645	1.955	2.13	2.30	228.7671	6.679811	235.4469
4	-4	627.5016648	477.1293843	1104.631049	1.955	2.13	2.30	295.2949	7.63407	302.929
4.5	-4.5	768.8731081	477.1293843	1246.002492	1.955	2.13	2.30	361.8226	8.588329	370.411
5	-5	910.2447492	477.1293843	1387.374133	1.955	2.13	2.30	428.3505	9.542588	437.8931
5.5	-5.5	1051.615966	477.1293843	1528.74535	1.955	2.13	2.30	494.8781	10.49685	505.3749
6	-6	1192.987523	477.1293843	1670.116907	1.955	2.13	2.30	561.4059	11.45111	572.857
6.5	-6.5	1334.359051	477.1293843	1811.488435	1.955	2.13	2.30	627.9337	12.40536	640.339
7	-7	1475.730692	477.1293843	1952.860076	1.955	2.13	2.30	694.4615	13.35962	707.8211
7.5	-7.5	1617.102146	477.1293843	2094.231531	1.955	2.13	2.30	760.9892	14.31388	775.3031
8	-8	1758.473691	477.1293843	2235.603076	1.955	2.13	2.30	827.517	15.26814	842.7852
8.5	-8.5	1899.845276	477.1293843	2376.97466	1.955	2.13	2.30	894.0448	16.2224	910.2672
9	-9	2041.216634	477.1293843	2518.346018	1.955	2.13	2.30	960.5725	17.17666	977.7492
9.5	-9.5	2182.588024	477.1293843	2659.717408	1.955	2.13	2.30	1027.1	18.13092	1045.231
10	-10	2323.959577	477.1293843	2801.088961	1.955	2.13	2.30	1093.628	19.08518	1112.713
10.5	-10.5	2465.331218	477.1293843	2942.460603	1.955	2.13	2.30	1160.156	20.03943	1180.195
11	-11	2606.702859	477.1293843	3083.832244	1.955	2.13	2.30	1226.684	20.99369	1247.677
11.5	-11.5	2748.074218	477.1293843	3225.203602	1.955	2.13	2.30	1293.211	21.94795	1315.159
12	-12	2889.445746	477.1293843	3366.57513	1.955	2.13	2.30	1359.739	22.90221	1382.641
12.5	-12.5	3030.817048	477.1293843	3507.946432	1.955	2.13	2.30	1426.267	23.85647	1450.123
13	-13	3172.188519	477.1293843	3649.317904	1.955	2.13	2.30	1492.795	24.81073	1517.605
13.5	-13.5	3313.56016	477.1293843	3790.689545	1.955	2.13	2.30	1559.322	25.76499	1585.087
14	-14	3454.931632	477.1293843	3932.061016	1.955	2.13	2.30	1625.85	26.71925	1652.569
14.5	-14.5	3596.303216	477.1293843	4073.432601	1.955	2.13	2.30	1692.378	27.6735	1720.051
15	-15	3737.674745	477.1293843	4214.804129	1.955	2.13	2.30	1758.906	28.62776	1787.534
15.5	-15.5	3879.046357	477.1293843	4356.175742	1.955	2.13	2.30	1825.434	29.58202	1855.016
16	-16	4020.417518	477.1293843	4497.546902	1.955	2.13	2.30	1891.961	30.53628	1922.497
16.5	-16.5	4161.789102	477.1293843	4638.918487	1.955	2.13	2.30	1958.489	31.49054	1989.98
17	-17	4303.160687	477.1293843	4780.290071	1.955	2.13	2.30	2025.017	32.4448	2057.462
17.5	-17.5	4444.5323	477.1293843	4921.661684	1.955	2.13	2.30	2091.545	33.39906	2124.944
18	-18	4585.903687	477.1293843	5063.033071	1.955	2.13	2.30	2158.072	34.35332	2192.426
18.5	-18.5	4727.275271	477.1293843	5204.404655	1.955	2.13	2.30	2224.6	35.30757	2259.908
19	-19	4868.646663	477.1293843	5345.776014	1.955	2.13	2.30	2291.128	36.26183	2327.39
19.5	-19.5	5010.01796	477.1293843	5487.147344	1.955	2.13	2.30	2357.656	37.21609	2394.872
20	-20	5151.389573	477.1293843	5628.518957	1.955	2.13	2.30	2424.183	38.17035	2462.354



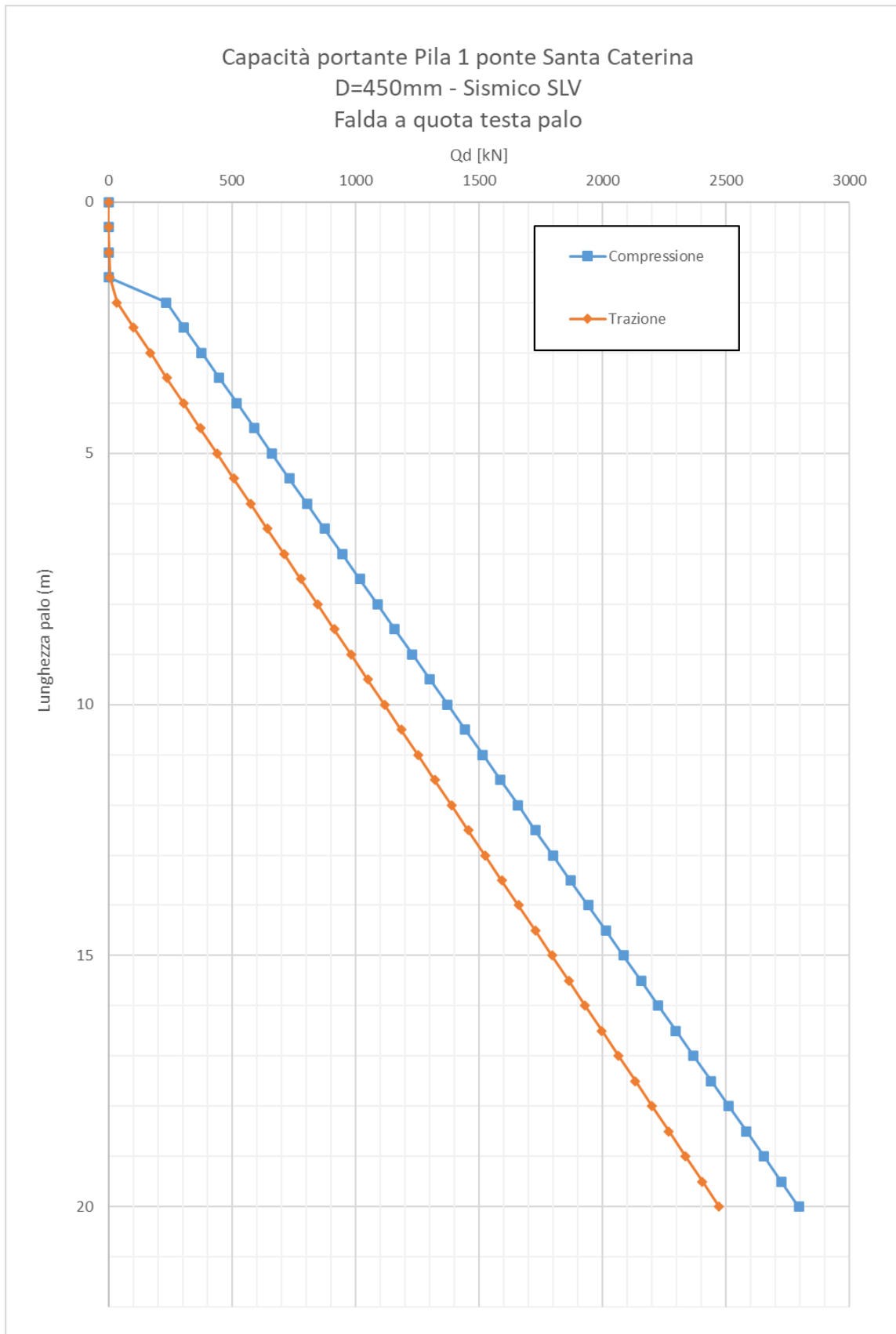
PROGETTAZIONE ATI:

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	COMPRESIONE			
								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	0.421795459	3.24129895	3.66309441	1.955	2.13	2.30	0.215752	1.4123307	1.19	0.44
1	-1	1.687179551	6.482597901	8.169777451	1.955	2.13	2.30	0.863007	2.8246614	2.39	1.302022
1.5	-1.5	3.796158206	9.723896851	13.52005506	1.955	2.13	2.30	1.941769	4.2369921	3.58	2.600291
2	-2	62.01563751	477.1293843	539.1450218	1.955	2.13	2.30	31.71255	207.89951	4.77	234.85
2.5	-2.5	203.3871656	477.1293843	680.5165498	1.955	2.13	2.30	104.0344	207.89951	5.96	305.9698
3	-3	344.7585239	477.1293843	821.8879082	1.955	2.13	2.30	176.3471	207.89951	7.16	377.0896
3.5	-3.5	486.1300803	477.1293843	963.2594645	1.955	2.13	2.30	248.6599	207.89951	8.35	448.2096
4	-4	627.5016648	477.1293843	1104.631049	1.955	2.13	2.30	320.9727	207.89951	9.54	519.3296
4.5	-4.5	768.8731081	477.1293843	1246.002492	1.955	2.13	2.30	393.2855	207.89951	10.74	590.4496
5	-5	910.2447492	477.1293843	1387.374133	1.955	2.13	2.30	465.5983	207.89951	11.93	661.5696
5.5	-5.5	1051.615966	477.1293843	1528.74535	1.955	2.13	2.30	537.911	207.89951	13.12	732.6894
6	-6	1192.987523	477.1293843	1670.116907	1.955	2.13	2.30	610.2238	207.89951	14.31	803.8094
6.5	-6.5	1334.359051	477.1293843	1811.488435	1.955	2.13	2.30	682.5366	207.89951	15.51	874.9294
7	-7	1475.730692	477.1293843	1952.860076	1.955	2.13	2.30	754.8495	207.89951	16.70	946.0494
7.5	-7.5	1617.102146	477.1293843	2094.231531	1.955	2.13	2.30	827.1622	207.89951	17.89	1017.169
8	-8	1758.473691	477.1293843	2235.603076	1.955	2.13	2.30	899.475	207.89951	19.09	1088.289
8.5	-8.5	1899.845276	477.1293843	2376.97466	1.955	2.13	2.30	971.7879	207.89951	20.28	1159.409
9	-9	2041.216634	477.1293843	2518.346018	1.955	2.13	2.30	1044.101	207.89951	21.47	1230.529
9.5	-9.5	2182.588024	477.1293843	2659.717408	1.955	2.13	2.30	1116.413	207.89951	22.66	1301.649
10	-10	2323.959577	477.1293843	2801.088961	1.955	2.13	2.30	1188.726	207.89951	23.86	1372.769
10.5	-10.5	2465.331218	477.1293843	2942.460603	1.955	2.13	2.30	1261.039	207.89951	25.05	1443.889
11	-11	2606.702859	477.1293843	3083.832244	1.955	2.13	2.30	1333.352	207.89951	26.24	1515.009
11.5	-11.5	2748.074218	477.1293843	3225.203602	1.955	2.13	2.30	1405.665	207.89951	27.43	1586.129
12	-12	2889.445746	477.1293843	3366.57513	1.955	2.13	2.30	1477.977	207.89951	28.63	1657.249
12.5	-12.5	3030.817048	477.1293843	3507.946432	1.955	2.13	2.30	1550.29	207.89951	29.82	1728.369
13	-13	3172.188519	477.1293843	3649.317904	1.955	2.13	2.30	1622.603	207.89951	31.01	1799.489
13.5	-13.5	3313.56016	477.1293843	3790.689545	1.955	2.13	2.30	1694.916	207.89951	32.21	1870.609
14	-14	3454.931632	477.1293843	3932.061016	1.955	2.13	2.30	1767.228	207.89951	33.40	1941.729
14.5	-14.5	3596.303216	477.1293843	4073.432601	1.955	2.13	2.30	1839.541	207.89951	34.59	2012.849
15	-15	3737.674745	477.1293843	4214.804129	1.955	2.13	2.30	1911.854	207.89951	35.78	2083.969
15.5	-15.5	3879.046357	477.1293843	4356.175742	1.955	2.13	2.30	1984.167	207.89951	36.98	2155.089
16	-16	4020.417518	477.1293843	4497.546902	1.955	2.13	2.30	2056.48	207.89951	38.17	2226.209
16.5	-16.5	4161.789102	477.1293843	4638.918487	1.955	2.13	2.30	2128.792	207.89951	39.36	2297.329
17	-17	4303.160687	477.1293843	4780.290071	1.955	2.13	2.30	2201.105	207.89951	40.56	2368.449
17.5	-17.5	4444.5323	477.1293843	4921.661684	1.955	2.13	2.30	2273.418	207.89951	41.75	2439.569
18	-18	4585.903687	477.1293843	5063.033071	1.955	2.13	2.30	2345.731	207.89951	42.94	2510.689
18.5	-18.5	4727.275271	477.1293843	5204.404655	1.955	2.13	2.30	2418.044	207.89951	44.13	2581.809
19	-19	4868.64663	477.1293843	5345.776014	1.955	2.13	2.30	2490.356	207.89951	45.33	2652.929
19.5	-19.5	5010.01796	477.1293843	5487.147344	1.955	2.13	2.30	2562.669	207.89951	46.52	2724.049
20	-20	5151.389573	477.1293843	5628.518957	1.955	2.13	2.30	2634.982	207.89951	47.71	2795.168

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	0.421795459	3.24129895	3.66309441	1.955	2.13	2.30	0.198492	1.192823	1.391315
1	-1	1.687179551	6.482597901	8.169777451	1.955	2.13	2.30	0.793967	2.385647	3.179614
1.5	-1.5	3.796158206	9.723896851	13.52005506	1.955	2.13	2.30	1.786427	3.57847	5.364898
2	-2	62.01563751	477.1293843	539.1450218	1.955	2.13	2.30	29.18383	4.771294	33.95512
2.5	-2.5	203.3871656	477.1293843	680.5165498	1.955	2.13	2.30	95.71161	5.964117	101.6757
3	-3	344.7585239	477.1293843	821.8879082	1.955	2.13	2.30	162.2393	7.156941	169.3962
3.5	-3.5	486.1300803	477.1293843	963.2594645	1.955	2.13	2.30	228.7671	8.349764	237.1169
4	-4	627.5016648	477.1293843	1104.631049	1.955	2.13	2.30	295.2949	9.542588	304.8375
4.5	-4.5	768.8731081	477.1293843	1246.002492	1.955	2.13	2.30	361.8226	10.73541	372.5581
5	-5	910.2447492	477.1293843	1387.374133	1.955	2.13	2.30	428.3505	11.92823	440.2787
5.5	-5.5	1051.615966	477.1293843	1528.74535	1.955	2.13	2.30	494.8781	13.12106	507.9992
6	-6	1192.987523	477.1293843	1670.116907	1.955	2.13	2.30	561.4059	14.31388	575.7198
6.5	-6.5	1334.359051	477.1293843	1811.488435	1.955	2.13	2.30	627.9337	15.5067	643.4404
7	-7	1475.730692	477.1293843	1952.860076	1.955	2.13	2.30	694.4615	16.69953	711.161
7.5	-7.5	1617.102146	477.1293843	2094.231531	1.955	2.13	2.30	760.9892	17.89235	778.8816
8	-8	1758.473691	477.1293843	2235.603076	1.955	2.13	2.30	827.517	19.08518	846.6022
8.5	-8.5	1899.845276	477.1293843	2376.97466	1.955	2.13	2.30	894.0448	20.278	914.3228
9	-9	2041.216634	477.1293843	2518.346018	1.955	2.13	2.30	960.5725	21.47082	982.0434
9.5	-9.5	2182.588024	477.1293843	2659.717408	1.955	2.13	2.30	1027.1	22.66365	1049.764
10	-10	2323.959577	477.1293843	2801.088961	1.955	2.13	2.30	1093.628	23.85647	1117.485
10.5	-10.5	2465.331218	477.1293843	2942.460603	1.955	2.13	2.30	1160.156	25.04929	1185.205
11	-11	2606.702859	477.1293843	3083.832244	1.955	2.13	2.30	1226.684	26.24212	1252.926
11.5	-11.5	2748.074218	477.1293843	3225.203602	1.955	2.13	2.30	1293.211	27.43494	1320.646
12	-12	2889.445746	477.1293843	3366.57513	1.955	2.13	2.30	1359.739	28.62776	1388.367
12.5	-12.5	3030.817048	477.1293843	3507.946432	1.955	2.13	2.30	1426.267	29.82059	1456.087
13	-13	3172.188519	477.1293843	3649.317904	1.955	2.13	2.30	1492.795	31.01341	1523.808
13.5	-13.5	3313.56016	477.1293843	3790.689545	1.955	2.13	2.30	1559.322	32.20623	1591.529
14	-14	3454.931632	477.1293843	3932.061016	1.955	2.13	2.30	1625.85	33.39906	1659.249
14.5	-14.5	3596.303216	477.1293843	4073.432601	1.955	2.13	2.30	1692.378	34.59188	1726.97
15	-15	3737.674745	477.1293843	4214.804129	1.955	2.13	2.30	1758.906	35.7847	1794.69
15.5	-15.5	3879.046357	477.1293843	4356.175742	1.955	2.13	2.30	1825.434	36.97753	1862.411
16	-16	4020.417518	477.1293843	4497.546902	1.955	2.13	2.30	1891.961	38.17035	1930.132
16.5	-16.5	4161.789102	477.1293843	4638.918487	1.955	2.13	2.30	1958.489	39.36317	1997.852
17	-17	4303.160687	477.1293843	4780.290071	1.955	2.13	2.30	2025.017	40.556	2065.573
17.5	-17.5	4444.5323	477.1293843	4921.661684	1.955	2.13	2.30	2091.545	41.74882	2133.293
18	-18	4585.903687	477.1293843	5063.033071	1.955	2.13	2.30	2158.072	42.94164	2201.014
18.5	-18.5	4727.275271	477.1293843	5204.404655	1.955	2.13	2.30	2224.6	44.13447	2268.735
19	-19	4868.64663	477.1293843	5345.776014	1.955	2.13	2.30	2291.128	45.32729	2336.455
19.5	-19.5	5010.01796	477.1293843	5487.147344	1.955	2.13	2.30	2357.656	46.52011	2404.176
20	-20	5151.389573	477.1293843	5628.518957	1.955	2.13	2.30	2424.183	47.71294	2471.896

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 25 mm.

$M_{plas} = 600$ 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 $\sigma_{lim} = K_c \cdot \sigma_{v0}' + K_c \cdot c$. 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_{ef}	γ_{cu}	γ_r	
S.U.	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	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]
<input type="checkbox"/>	strato 1	E/C	100.00	20	25	20	20
<input checked="" type="checkbox"/>	strato 2	SUb	98.20	23.5	28.5	40	28.5
<input type="checkbox"/>	strato 3						
<input type="checkbox"/>	strato 4						
<input type="checkbox"/>	strato 5						
<input type="checkbox"/>	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	600	[kNm]	Momento ultimo della sezione
D	0.45	[m]	Diametro del palo
L	15	[m]	Lunghezza del palo

Risultati:

	H medio		H minimo	
Palo lungo	702 (kN)		702 (kN)	
Palo intermedio	6425 (kN)		6425 (kN)	
Palo corto	16920 (kN)		16920 (kN)	
H_{med}	702 (kN)	Palo lungo	H_{min}	702.0 (kN) Palo lungo
$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$			412.92 (kN)	
$H_d = H_k/\gamma_r$			317.63 (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)	
$FS = H_d / F_d =$			317.63	

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Si riportano le sollecitazioni sul palo per carico unitario:

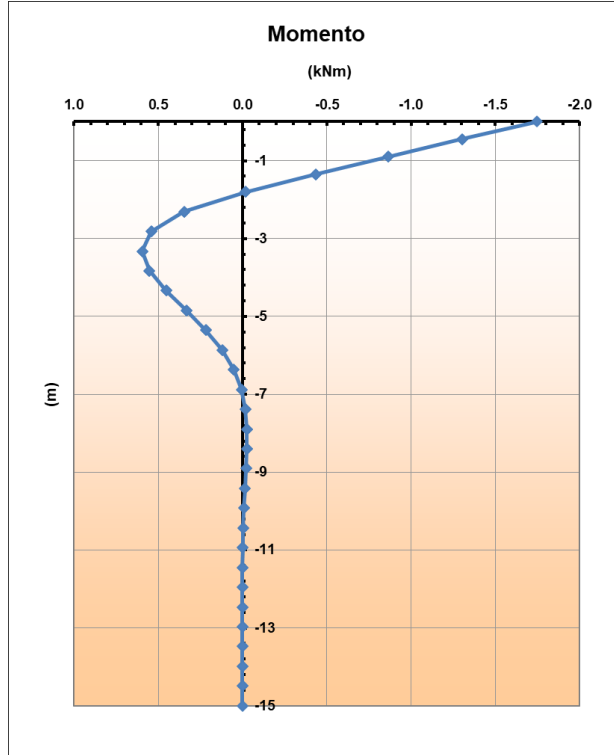


Figura 9-3 – Momento flettente agente per carico unitario

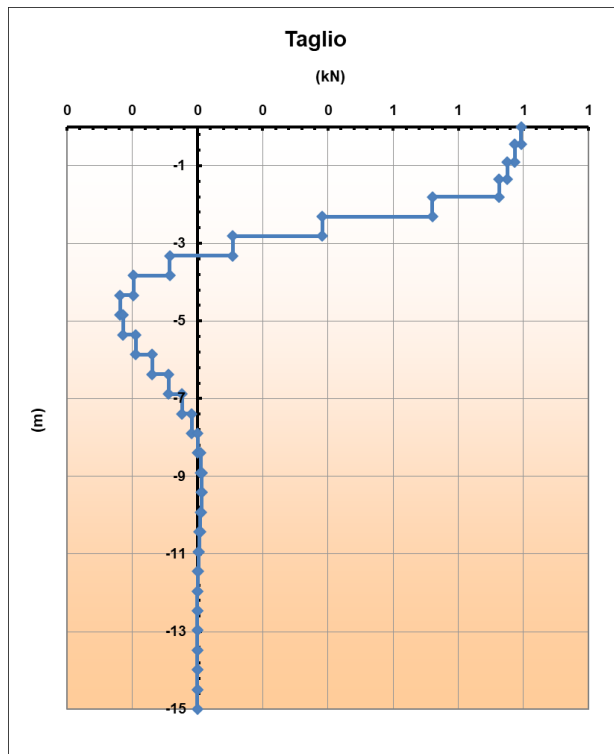


Figura 9-4 –Taglio agente per carico unitario

PROGETTAZIONE ATI:

Curva carico-cedimenti

Si riporta la curva carico-cedimenti.

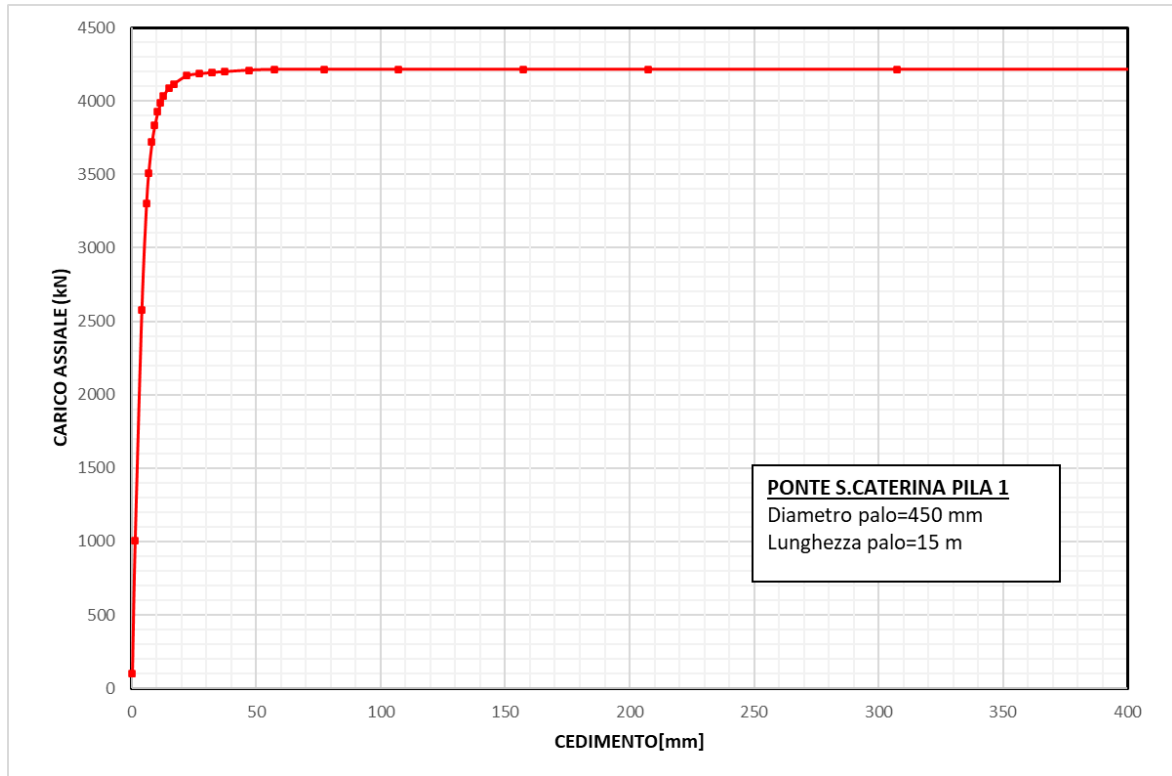


Figura 9-5 – Curva carico-cedimento

PROGETTAZIONE ATI: