


**S.S. N. 9 "VIA EMILIA"**  
**VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO ED ELIMINAZIONE**  
**PASSAGGIO A LIVELLO SULLA S.P. EX S.S. N.234**

**PROGETTO ESECUTIVO**

 Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4683 W)	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588	INTEGRAZIONE PRESTAZIONI Ing. Renato Del Prete	PROGETTISTA Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)
			PROGETTAZIONE STRADALE Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)	PROGETTAZIONE IDRAULICA Ing. Fabrizio Bajetti (I.T. S.r.l.)
 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	 Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	 ING Engineering & Grafica S.r.l. Ing. Gabriele Incechhi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI Ing. Renato Vaira (Studio Corona S.r.l.)	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI Ing. Nicola Ligas (I.T. S.r.l.)
			COMPUTI Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)	CANTIERISTICA Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)
 Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	 Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	 Ing. Giocchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	GEOLOGIA Dott. Danilo Gallo	GEOTECNICA Ing. Gianfranco Sodero (Studio Corona S.r.l.)
			AMBIENTE Dott. Emilio Macchi (ECOPLAN S.r.l.)	SICUREZZA Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  Dott. Ing. Fabrizio CARDONE	IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Renato DEL PRETE	PROGETTISTA  Ing. Valerio BAJETTI	GEOLOGO  Dott. Danilo GALLO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  Ing. Gaetano RANIERI
---	---	--	---	---

<b>HB05</b>	<b>H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI</b> <b>VI02 - VIADOTTO SU ROTATORIA SVINCOLO DI ZORLESCO</b> RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICA - PALI DI FONDAZIONE
-------------	--

CODICE PROGETTO PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG. COMI      E      1701	NOME FILE HB05-P00VI02STRRE05_B.dwg	REVISIONE B	SCALA: -----
CODICE ELAB. P00VI02STRRE05	B	B	-----

D					
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA	LUGLIO 2018	ARCH. MAURO SASSO	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI
A	EMISSIONE	DICEMBRE 2017	ING. NICOLA LIGAS	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	NORMATIVA.....	2
3	MATERIALI.....	3
3.1	Calcestruzzo pali.....	3
3.2	Armature ordinarie c.a. ....	3
3.3	Caratteristiche di durabilità e copriferri.....	3
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	3
5	GENERALITÀ SULLE VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI DEI PALI.....	5
5.1	Verifiche di resistenza assiale (verticale).....	5
5.2	Verifiche di resistenza ai carichi trasversali (orizzontali).....	8
5.3	Verifiche di deformazione.....	9
6	PALI SPALLE.....	9
6.1	Sollecitazioni di progetto alla testa dei pali.....	9
6.2	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo.....	10
6.3	Verifica dei pali soggetti a carico verticale.....	15
6.4	Pali soggetti a carico orizzontale - Verifica di resistenza del terreno.....	15
6.5	Verifiche di deformazione palo.....	17
6.6	Verifiche strutturali palo.....	17
6.6.1	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo.....	17
6.6.2	Verifiche tensionali allo stato limite di esercizio – Combinazioni rare.....	17
6.6.3	Verifiche di fessurazione – Combinazioni frequenti.....	18
6.6.4	Verifiche di fessurazione – Combinazioni quasi permanenti.....	18
6.6.5	Tabulato di calcolo.....	18
7	PALI PILE.....	27
7.1	Sollecitazioni di progetto alla testa dei pali.....	27
7.2	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo.....	29
7.3	Verifica dei pali soggetti a carico verticale.....	34
7.4	Pali soggetti a carico orizzontale - Verifica di resistenza del terreno.....	34
7.5	Verifiche di deformazione palo.....	37
7.6	Verifiche strutturali palo.....	37
7.6.1	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo.....	37
7.6.2	Verifiche tensionali allo stato limite di esercizio – Combinazioni rare.....	37
7.6.3	Verifiche di fessurazione.....	38
7.6.4	Tabulato di calcolo.....	38

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici e geotecnici necessari per la progettazione esecutiva dei pali di fondazione del Viadotto sulla rotatoria RO.01, svincolo Casalpusterlengo Nord Zorlesco, tra le Pk. 0+834.537 e Pk. 0+934.537 della Variante di Casalpusterlengo alla S.S. n. 9 "Via Emilia".

L'opera in oggetto presenta uno schema statico di trave continua su tre campate aventi luci tra gli assi di appoggio pari a 31+38+31 m.

I pali di fondazione sono trivellati in cls. armato, di diametro 1200 mm e hanno la seguente disposizione:

- Spalle (uniche per entrambe le carreggiate):

- numero pali: N = 7
- interasse trasv.: It = 3.60 m
- lunghezza: L = 21.00 m

- Pile (separate per ogni carreggiata):

- numero pali: N = 8
- interasse trasv.: It = 3.60 m
- interasse long.: Il = 3.60 m
- lunghezza: L = 21.00 m

I pali delle spalle attraversano il rilevato in progetto; per evitare fenomeni di attrito negativo si dispone un rivestimento di lamiera metallica fino a 2 m di profondità dal piano di campagna.

## 2 NORMATIVA

Nella redazione dei calcoli statici ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa vigente; in particolare:

• **Legge n°1086 del 05/11/1971**

"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

- **Legge n°64 del 02/02/1974:**

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

• **Decreto Ministeriale 14/01/2008**

"Norme tecniche per le costruzioni"

- **Circolare Min. 02/02/2009, n° 617**

"Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008"

### 3 MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO PALI

classe	C25/30	
resistenza caratteristica cubica		$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica cilindrica		$f_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
resistenza allo stato limite ultimo:		$f_{cd} = 25 \times 0.85 / 1.5 = 14.17 \text{ N/mm}^2$
tensione limite per combinazioni caratteristiche (rare):		$s_1 = 0.6 \times 25 = 15.00 \text{ N/mm}^2$
tensione limite per combinazioni quasi permanenti:		$s_2 = 0.45 \times 25 = 11.25 \text{ N/mm}^2$

#### 3.2 ARMATURE ORDINARIE C.A.

acciaio tipo:	B450C
tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
tensione limite per combinazioni caratteristiche (rare):	$s_3 = 0.8 \times 450 = 360 \text{ N/mm}^2$

#### 3.3 CARATTERISTICHE DI DURABILITÀ E COPRIFERRI

Le caratteristiche minime di resistenza dei calcestruzzi per la durabilità e i copriferri vengono definiti in accordo con la Circolare 02/02/2009 n.617 e con UNI EN 206-1 per una vita nominale di 50 anni.

- Classe di esposizione ambientale: XC2 (cond. amb. ordinarie)
- Copriferro nominale:  $C_{nom} = C_{min} + \Delta c$   $C_{nom} = 80 \text{ mm}$
- Valori limite di apertura fessure: comb. frequenti:  $w_3 = 0.4 \text{ mm}$   
comb. quasi perm.:  $w_2 = 0.3 \text{ mm}$

### 4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Si adottano le seguenti caratteristiche derivate dalla Relazione geotecnica:

a) Unità geotecnica U1: terreni prevalentemente incoerenti (sabbie)

- Peso specifico:  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico efficace:  $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno:  $\varphi = 32^\circ$
- Coesione drenata:  $c' = 0$
- Coefficiente di reazione laterale:  $K_h = \frac{\beta \cdot Z}{D}$  in cui:

Z: profondità

D: diametro del palo

$\beta$ : coefficiente come da tabella seguente

Coefficiente $\beta$ [MN/m <sup>3</sup> ]		
	Secco / umido	Saturo
Sabbia soffice ( $D_r < 30\%$ )	2.24	1.24
Sabbia media ( $30 < D_r < 70\%$ )	6.72	4.48
Sabbia e ghiaia ( $D_r > 70\%$ )	17.92	10.88

b) Unità geotecnica U2: terreni prevalentemente coesivi (limi)

- Peso specifico:  $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico efficace:  $\gamma' = 9.7 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno:  $\varphi = 27^\circ$
- Coesione drenata:  $c' = 17 \text{ kN/m}^2$
- Coefficiente di reazione laterale (Bowles):  $c_u$ : coesione non drenata

$K_h$ [MN/m <sup>3</sup> ]		
	minimo	massimo
$c_u \leq 100 \text{ kN/m}^2$	12.2	24.5
$c_u \leq 200 \text{ kN/m}^2$	24.5	48.9
$c_u > 200 \text{ kN/m}^2$	48.9	490

Nella tabella seguente sono riportati i valori  $c_u$  e  $K_h$  in funzione della profondità.

Terreno coesivo U2		
Profondità [m]	$c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$K_h$ [MN/m <sup>3</sup> ]
2.00	5.40	12.86
4.00	15.60	14.12
6.00	25.90	15.39
8.00	36.20	16.65
10.00	46.40	17.91
12.00	56.70	19.17
14.00	67.00	20.44
16.00	77.20	21.70
18.00	87.50	22.96
20.00	97.80	24.23
22.00	108.00	26.45
24.00	118.30	28.97
26.00	128.60	31.48
28.00	138.80	33.97
30.00	149.10	36.48

c) Rilevato stradale (spalle): si nota che l'attrito laterale viene trascurato in quanto il palo è rivestito di lamierino; il coefficiente di reazione laterale viene cautelativamente valutato come per le sabbie (a), ma ridotto al 10 %.

- Peso specifico:  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno:  $\varphi = 35^\circ$  (trascurato per portanza laterale)
- Coesione drenata:  $c' = 0$

- Coefficiente di reazione laterale:  $K_h = \frac{\beta \cdot Z}{D}$  in cui:

Z: profondità

D: diametro del palo

$\beta$ : coefficiente come da tabella seguente

Coefficiente $\beta$ [MN/m <sup>3</sup> ]		
	Secco / umido	Saturo
Rilevato stradale	0.672	0.448

Falda: il terreno in situ si considera saturo a partire da 1.9 m di profondità.

## 5 GENERALITÀ SULLE VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI DEI PALI

Le verifiche sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti programmi di calcolo:

- RC-Sec, realizzato da "GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC)", utilizzato per la verifica a pressoflessione e taglio delle sezioni in calcestruzzo armato agli stati limite.
- AllPile, realizzato da "CivilTech Software, Bellevue, WA U.S.A."; utilizzato per le verifiche geotecniche dei pali.

### 5.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ASSIALE (VERTICALE)

La verifica di resistenza assiale dei pali viene svolta allo stato limite ultimo; facendo riferimento alle NTC 2008 si segue:

- Approccio 2: Combinazione: (A1/M1/R3)

Coefficienti parziali delle resistenze  $\gamma_R$ : segue estratto Tabella 6.4.II, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

**Tabella 6.4.II** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

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

Fattore di correlazione (1 indagine):  $\xi_4$ : segue estratto Tabella 6.4.IV, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

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

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

La verifica viene eseguita tramite il programma di calcolo "AllPile", versione 7.12, prodotto da CivilTech Software, Bellevue, WA USA, il programma utilizza le procedure descritte in "Foundation & Earth Structures, Design Manual 7.02", pubblicato da "Department of Navy, Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC, USA)".

La resistenza ultima del palo per sforzo assiale è la somma delle resistenze di punta e laterale:

$$Q_{ult} = Q_{tip} + Q_{side}$$

Da cui deriva la resistenza di calcolo:

$$R_d = \frac{Q_{tip}}{\gamma_b \times \xi} + \frac{Q_{side}}{\gamma_s \times \xi} = \frac{Q_{tip}}{1.35 \times 1.70} + \frac{Q_{side}}{1.15 \times 1.70}$$

La resistenza ultima di base vale:

$$Q_{tip} = A_{tip} \times (N_q \times S_v + N_c \times C) \text{ in cui:}$$

$A_{tip}$  : area sezione del palo alla punta

$N_q$  : fattore di portanza per terreni sciolti, tabellato in funzione dell'angolo di attrito e del tipo di palo (infisso o trivellato) (ved. Tabella 4.1 seguente)

**Table 4-1. Bearing Capacity Factor,  $N_q$**

$\Phi$ (Internal friction)	$N_q$ (Displacement pile)	$N_q$ (Non-Displacement pile)
26	11.0	5.6
28	15.2	7.6
30	21.0	10.3
31	24.6	12.1
32	29.1	14.2
33	34.5	16.9
34	41.3	20.3
35	49.9	24.6
36	60.9	30.1
37	75.0	37.1
38	93.0	46.1
39	116.	57.7
40	145.	72.3

$S_v$  : tensione verticale (efficace) alla punta palo, salvo le limitazioni:

$$S_v < q_{\text{limit}} = 7.2 \text{ N/mm}^2$$

$N_c$  : fattore di portanza per terreni coesivi, tabellato in funzione della profondità relativa della punta palo  $Z/D$  (ved. Tabella 4.2 seguente)

**Table 4-2. Bearing Capacity Factor,  $N_c$**

$z/B$ (Depth/Width)	$N_c$
0	6.3
1	7.8
2	8.4
3	8.8
4	9
>4	9

$C$ : coesione terreno

In presenza di discontinuità stratigrafiche nel tratto inferiore alla punta, si tiene conto delle caratteristiche dei terreni sottostanti interpolando per una profondità di 4 volte il diametro del palo.

La resistenza ultima laterale vale:

$$Q_{\text{side}} = \sum S_f \times P \times \Delta L = \sum (f_0 + C_a) \times P \times \Delta L \text{ in cui:}$$

$$f_0 = K_{\text{down}} \times S_v \times \tan \delta \text{ (in compressione)}$$

$$f_0 = K_{\text{up}} \times S_v \times \tan \delta \text{ (in trazione)}$$

$$K_{\text{down}} = S_h / S_v = 0.7 \text{ : (in compressione)}$$

$$K_{\text{up}} = S_h / S_v = 0.4 \text{ : (in trazione)}$$

$S_h$  : tensione orizzontale (efficace) lungo il palo:

$S_v$  : tensione verticale (efficace) lungo il palo, salvo le limitazioni:

$$S_f < (f_0 + C_a)_{\text{limit}} = 0.20 \text{ N/mm}^2 \text{ : portanza laterale limite}$$

$\delta = 0.8 \times \varphi$  :angolo di attrito calcestruzzo/terreno

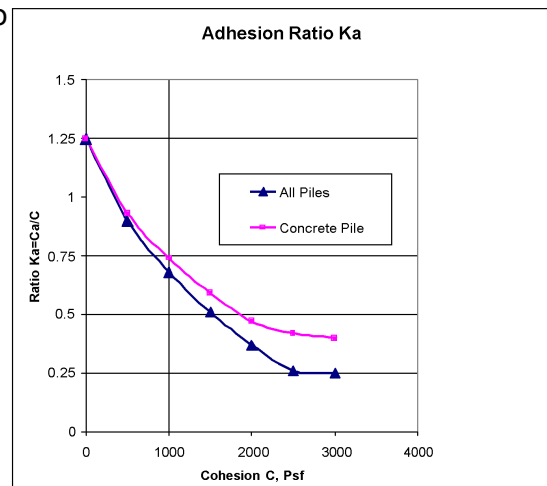
$$C_a = K_c \times K_a \times C$$

$K_c = 1$ : fattore di adesione

$K_a$ : rapporto di adesione (vedi figura a lato)

$P$ : perimetro palo

$\Delta L$ : lunghezza tratto di palo





Il cedimento del palo viene calcolato secondo Reese e O'Neel (1988).

## 5.2 VERIFICHE DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (ORIZZONTALI)

La verifica di resistenza laterale dei pali viene svolta allo stato limite ultimo; facendo riferimento alle NTC 2008 si segue:

- Approccio 2: Combinazione: (A1/M1/R3)

Coefficienti parziali delle resistenze  $\gamma_T$ : segue estratto Tabella 6.4.VI, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

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

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

La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo viene eseguita tramite il programma di calcolo "AllPile" applicando direttamente il codice COM624P (FHWA-SA-91-048, COM624P – Laterally Loaded Pile Program for the Microcomputer, Version 2.0, Wang and Reese, 1993).

Il codice risolve l'analisi laterale nell'ipotesi che il modulo di deformazione sia proporzionale alla profondità, con l'integrazione iterativa alle differenze finite delle seguenti equazioni differenziali non lineari:

- 1)  $EI \frac{d^4 Y}{dz^4} + Q \frac{d^2 Y}{dz^2} - R - P_q = 0$
- 2)  $EI \left( \frac{d^3 Y}{dz^3} \right) + Q \left( \frac{dY}{dz} \right) - T = 0$
- 3)  $EI \left( \frac{d^2 Y}{dz^2} \right) - M = 0$
- 4)  $\frac{dY}{dz} - S_t = 0$

In cui:

Q: carico assiale sul palo

Y: freccia laterale del palo alla profondità Z dalla testa palo

R: reazione del suolo per unità di lunghezza

E: modulo di elasticità del palo

I: momento d'inerzia del palo

$P_q$ : carico laterale distribuito lungo il palo

T: sforzo di taglio

M: momento flettente

S: rotazione del palo

### 5.3 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

Per i pali si assumono le seguenti deformazioni limite ammissibili, allo SLU:

- deformazione orizzontale massima: 50 mm
- deformazione verticale massima: 20 mm

## 6 PALI SPALLE

### 6.1 SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA TESTA DEI PALI

Seguono tabelle delle sollecitazioni alla testa dei pali ricavate dalla Relazione di calcolo delle sovrastrutture per le diverse combinazioni di carico.

COMBINAZIONI DI CARICO		CONDIZIONE	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALI	
			N <sub>Sd,1</sub> [kN]	N <sub>Sd,2</sub> [kN]	N <sub>Sd,3</sub> [kN]	N <sub>Sd,4</sub> [kN]	N <sub>Sd,5</sub> [kN]	N <sub>Sd,6</sub> [kN]	N <sub>Sd,7</sub> [kN]	M <sub>Sd</sub> [kNm]	V <sub>Sd</sub> [kN]
SLE - QUASI PERMANENTI	GEN Q.P.(max)	1	1 168.86	1 166.64	1 164.43	1 162.21	1 159.99	1 157.78	1 155.56	-349.95	254.01
	GEN Q.P.(min)	1	1 154.59	1 152.38	1 150.16	1 147.94	1 145.73	1 143.51	1 141.29	-382.40	240.03
	GEN Q.P.(max)	2	1 257.90	1 146.97	1 036.04	925.11	814.18	703.25	592.32	-352.87	252.08
	GEN Q.P.(min)	2	1 240.86	1 133.23	1 025.60	917.98	810.35	702.72	595.10	-354.44	245.09
SLE - FREQUENTI	GEN FREQ Mobili(max)	1	1 338.32	1 389.01	1 439.71	1 490.40	1 541.10	1 591.79	1 642.49	-79.99	388.11
	GEN FREQ Vento(max)	1	1 165.24	1 164.23	1 163.23	1 162.22	1 161.21	1 160.20	1 159.19	-83.14	386.76
	GEN FREQ Termico(max)	1	1 173.81	1 170.42	1 167.03	1 163.64	1 160.25	1 156.86	1 153.47	-79.89	388.23
	GEN FREQ Mobili(min)	1	1 261.94	1 223.94	1 185.94	1 147.94	1 109.94	1 071.95	1 033.95	-124.24	369.04
	GEN FREQ Vento(min)	1	1 152.83	1 151.21	1 149.58	1 147.95	1 146.32	1 144.70	1 143.07	-115.59	372.77
	GEN FREQ Termico(min)	1	1 156.69	1 153.30	1 149.91	1 146.52	1 143.13	1 139.74	1 136.35	-118.83	371.44
	GEN FREQ Mobili(max)	2	455.67	666.85	878.03	1 089.21	1 300.39	1 511.57	1 722.74	-86.05	385.50
	GEN FREQ Vento(max)	2	1 256.10	1 145.77	1 035.44	925.12	814.79	704.46	594.13	-87.63	384.83
	GEN FREQ Termico(max)	2	1 261.37	1 149.52	1 037.67	925.82	813.98	702.13	590.28	-86.00	385.54
	GEN FREQ Mobili(min)	2	1 294.53	1 169.01	1 043.50	917.98	792.46	666.94	541.42	-108.18	375.97
	GEN FREQ Vento(min)	2	1 239.98	1 132.65	1 025.32	917.98	810.65	703.31	595.98	-103.85	377.83
	GEN FREQ Termico(min)	2	1 240.91	1 133.03	1 025.15	917.26	809.38	701.50	593.62	-105.48	377.15
SLE - RARE	GEN RARA Mobili(max)	1	1 437.62	1 519.02	1 600.43	1 681.84	1 763.24	1 844.65	1 926.05	11.03	433.63
	GEN RARA Vento(max)	1	1 343.44	1 392.92	1 442.39	1 491.87	1 541.35	1 590.82	1 640.30	12.21	435.12
	GEN RARA Frenam(max)	1	1 341.85	1 392.90	1 443.94	1 494.98	1 546.03	1 597.07	1 648.12	-54.27	405.12
	GEN RARA Termico(max)	1	1 347.25	1 397.35	1 447.46	1 497.56	1 547.66	1 597.77	1 647.87	25.18	439.80
	GEN RARA Mobili(min)	1	1 339.33	1 275.06	1 210.80	1 146.54	1 082.28	1 018.02	953.76	-44.14	410.25
	GEN RARA Vento(min)	1	1 266.07	1 226.23	1 186.40	1 146.56	1 106.72	1 066.88	1 027.05	-38.54	413.66
	GEN RARA Frenam(min)	1	1 264.48	1 226.21	1 187.94	1 149.67	1 111.40	1 073.13	1 034.86	-105.02	383.24
	GEN RARA Termico(min)	1	1 258.47	1 219.26	1 180.05	1 140.84	1 101.63	1 062.41	1 023.20	-51.52	406.98
	GEN RARA Mobili(max)	2	372.32	643.19	914.06	1 184.92	1 455.79	1 726.66	1 997.53	3.93	430.29
	GEN RARA Vento(max)	2	457.21	668.12	879.03	1 089.94	1 300.85	1 511.76	1 722.67	4.52	430.80
	GEN RARA Frenam(max)	2	454.26	666.67	879.08	1 091.50	1 303.91	1 516.33	1 728.74	-28.72	416.13
	GEN RARA Termico(max)	2	455.16	667.71	880.25	1 092.79	1 305.33	1 517.87	1 730.41	11.00	433.36
	GEN RARA Mobili(min)	2	1 332.25	1 193.93	1 055.60	917.28	778.95	640.63	502.30	-23.66	418.50
	GEN RARA Vento(min)	2	1 295.64	1 169.52	1 043.40	917.29	791.17	665.05	538.94	-20.86	419.95
	GEN RARA Frenam(min)	2	1 297.00	1 170.95	1 044.90	918.84	792.79	666.74	540.68	-54.10	405.19
	GEN RARA Termico(min)	2	1 287.86	1 163.38	1 038.90	914.42	789.95	665.47	540.99	-27.35	416.89
SLU - STR	GEN SLU Mobili(max)	1	1 969.63	2 079.05	2 188.46	2 297.88	2 407.29	2 516.71	2 626.13	13.39	585.16
	GEN SLU Vento(max)	1	1 842.78	1 908.99	1 975.21	2 041.43	2 107.64	2 173.86	2 240.08	14.98	587.49
	GEN SLU Frenamento(max)	1	1 839.92	1 908.48	1 977.05	2 045.62	2 114.19	2 182.76	2 251.33	-74.77	546.52
	GEN SLU Termico(max)	1	1 846.78	1 913.93	1 981.09	2 048.25	2 115.41	2 182.57	2 249.72	30.55	592.67
	GEN SLU Mobili(min)	1	1 839.50	1 752.27	1 665.03	1 577.80	1 490.56	1 403.33	1 316.09	-55.26	556.17
	GEN SLU Vento(min)	1	1 740.89	1 686.54	1 632.18	1 577.82	1 523.47	1 469.11	1 414.75	-47.69	561.09
	GEN SLU Frenamento(min)	1	1 738.03	1 686.03	1 634.02	1 582.02	1 530.02	1 478.01	1 426.01	-137.43	519.51
	GEN SLU Termico(min)	1	1 731.20	1 677.78	1 624.37	1 570.95	1 517.54	1 464.12	1 410.70	-63.27	552.59
	GEN SLU Mobili(max)	2	498.01	869.79	1 241.57	1 613.35	1 985.13	2 356.91	2 728.68	6.51	581.71
	GEN SLU Vento(max)	2	612.77	903.55	1 194.34	1 485.12	1 775.91	2 066.69	2 357.48	7.30	582.47
	GEN SLU Frenamento(max)	2	608.42	901.35	1 194.29	1 487.22	1 780.15	2 073.09	2 366.02	-37.57	562.55
	GEN SLU Termico(max)	2	610.03	902.86	1 195.70	1 488.53	1 781.37	2 074.21	2 367.04	15.09	585.44
	GEN SLU Mobili(min)	2	1 835.07	1 641.15	1 447.23	1 253.31	1 059.39	865.47	671.55	-27.82	567.06
	GEN SLU Vento(min)	2	1 785.78	1 608.29	1 430.81	1 253.32	1 075.83	898.35	720.86	-24.03	569.10
	GEN SLU Frenamento(min)	2	1 787.26	1 609.98	1 432.70	1 255.42	1 078.14	900.86	723.57	-68.91	549.05
	GEN SLU Termico(min)	2	1 776.16	1 600.73	1 425.31	1 249.88	1 074.46	899.04	723.61	-31.82	565.30

SLV	GEN SLV Long(max)	1-1	1 175.26	1 181.93	1 188.60	1 195.27	1 201.93	1 208.60	1 215.27	308.90	614.87
		1-2	1 144.19	1 150.86	1 157.53	1 164.20	1 170.87	1 177.54	1 184.21	340.63	614.87
		1-3	1 192.62	1 193.50	1 194.38	1 195.27	1 196.15	1 197.03	1 197.91	308.90	612.53
		1-4	1 161.56	1 162.44	1 163.32	1 164.20	1 165.08	1 165.97	1 166.85	340.63	612.53
	GEN SLV Trasv(max)	1-1	1 113.11	1 139.16	1 165.22	1 191.27	1 217.33	1 243.39	1 269.44	-163.18	402.84
		1-2	1 082.04	1 108.10	1 134.16	1 160.21	1 186.27	1 212.32	1 238.38	-131.45	402.84
		1-3	1 113.11	1 139.16	1 165.22	1 191.27	1 217.33	1 243.39	1 269.44	-354.63	303.11
		1-4	1 082.04	1 108.10	1 134.16	1 160.21	1 186.27	1 212.32	1 238.38	-322.90	303.11
	GEN SLV Vert(max)	1-1	1 222.78	1 229.62	1 236.45	1 243.29	1 250.13	1 256.96	1 263.80	-199.48	365.89
		1-2	1 240.14	1 241.19	1 242.24	1 243.29	1 244.34	1 245.39	1 246.44	-199.48	362.06
		1-3	1 222.78	1 229.62	1 236.45	1 243.29	1 250.13	1 256.96	1 263.80	-391.65	251.79
		1-4	1 240.14	1 241.19	1 242.24	1 243.29	1 244.34	1 245.39	1 246.44	-391.65	246.20
	GEN SLV Long(min)	1-1	1 161.90	1 156.58	1 151.27	1 145.95	1 140.63	1 135.32	1 130.00	-712.63	61.34
		1-2	1 130.83	1 125.52	1 120.20	1 114.89	1 109.57	1 104.25	1 098.94	-680.90	61.34
		1-3	1 179.26	1 168.16	1 157.05	1 145.95	1 134.85	1 123.74	1 112.64	-712.63	81.59
		1-4	1 148.20	1 137.09	1 125.99	1 114.89	1 103.78	1 092.68	1 081.58	-680.90	81.59
	GEN SLV Trasv(min)	1-1	1 241.41	1 210.92	1 180.43	1 149.94	1 119.45	1 088.96	1 058.47	-301.36	350.45
		1-2	1 210.35	1 179.86	1 149.37	1 118.88	1 088.39	1 057.90	1 027.41	-269.62	350.45
		1-3	1 241.41	1 210.92	1 180.43	1 149.94	1 119.45	1 088.96	1 058.47	-492.80	257.33
		1-4	1 210.35	1 179.86	1 149.37	1 118.88	1 088.39	1 057.90	1 027.41	-461.07	257.33
	GEN SLV Vert(min)	1-1	1 083.31	1 077.83	1 072.35	1 066.86	1 061.38	1 055.90	1 050.41	-233.32	301.90
		1-2	1 100.67	1 089.40	1 078.13	1 066.86	1 055.59	1 044.32	1 033.05	-233.32	306.51
		1-3	1 083.31	1 077.83	1 072.35	1 066.86	1 061.38	1 055.90	1 050.41	-424.77	186.06
		1-4	1 100.67	1 089.40	1 078.13	1 066.86	1 055.59	1 044.32	1 033.05	-424.77	193.46
	GEN SLV Long(max)	2-1	593.42	712.08	830.74	949.41	1 068.07	1 186.73	1 305.39	216.68	574.31
		2-2	562.35	681.02	799.68	918.34	1 037.00	1 155.67	1 274.33	248.41	574.31
		2-3	610.78	723.65	836.53	949.41	1 062.28	1 175.16	1 288.03	216.68	573.06
		2-4	579.72	692.59	805.47	918.34	1 031.22	1 144.09	1 256.97	248.41	573.06
	GEN SLV Trasv(max)	2-1	554.99	685.79	816.60	947.41	1 078.22	1 209.03	1 339.83	-194.10	375.59
		2-2	523.92	654.73	785.54	916.35	1 047.15	1 177.96	1 308.77	-162.37	375.59
		2-3	554.99	685.79	816.60	947.41	1 078.22	1 209.03	1 339.83	-385.55	271.58
		2-4	523.92	654.73	785.54	916.35	1 047.15	1 177.96	1 308.77	-353.81	271.58
	GEN SLV Vert(max)	2-1	627.11	748.59	870.06	991.54	1 113.01	1 234.49	1 355.96	-230.76	351.03
		2-2	644.47	760.16	875.85	991.54	1 107.22	1 222.91	1 338.60	-230.76	349.04
		2-3	627.11	748.59	870.06	991.54	1 113.01	1 234.49	1 355.96	-422.21	236.38
		2-4	644.47	760.16	875.85	991.54	1 107.22	1 222.91	1 338.60	-422.21	233.41
	GEN SLV Long(min)	2-1	1 235.76	1 132.09	1 028.42	924.75	821.08	717.41	613.73	-613.16	105.53
		2-2	1 204.70	1 101.03	997.35	893.68	790.01	686.34	582.67	-581.43	105.53
		2-3	1 253.12	1 143.66	1 034.21	924.75	815.29	705.83	596.37	-613.16	112.18
		2-4	1 222.06	1 112.60	1 003.14	893.68	784.23	674.77	565.31	-581.43	112.18
	GEN SLV Trasv(min)	2-1	1 297.10	1 173.65	1 050.19	926.74	803.29	679.84	556.39	-263.19	348.19
		2-2	1 266.03	1 142.58	1 019.13	895.68	772.23	648.78	525.32	-231.46	348.19
		2-3	1 297.10	1 173.65	1 050.19	926.74	803.29	679.84	556.39	-454.63	246.63
		2-4	1 266.03	1 142.58	1 019.13	895.68	772.23	648.78	525.32	-422.90	246.63
	GEN SLV Vert(min)	2-1	1 154.63	1 053.60	952.58	851.55	750.53	649.50	548.47	-194.79	319.16
		2-2	1 171.99	1 065.18	958.36	851.55	744.74	637.93	531.11	-194.79	321.35
		2-3	1 154.63	1 053.60	952.58	851.55	750.53	649.50	548.47	-386.24	203.59
		2-4	1 171.99	1 065.18	958.36	851.55	744.74	637.93	531.11	-386.24	207.01

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori massimi e minimi delle azioni agenti sui pali di fondazione:

MASSIMI / MINIMI	N <sub>s</sub> d,max [kN]	N <sub>s</sub> d,min [kN]	M <sub>S</sub> d [kNm]	V <sub>s</sub> d [kN]
SLE - QUASI PERMANENTE	1 257.90	592.32	-349.95	254.01
SLE - FREQUENTI	1 722.74	455.67	-79.89	388.23
SLE - CARATTERISTICHE	1 997.53	372.32	25.18	439.80
SLU - STR	2 728.68	498.01	30.55	592.67
SLV	1 355.96	523.92	340.63	614.87

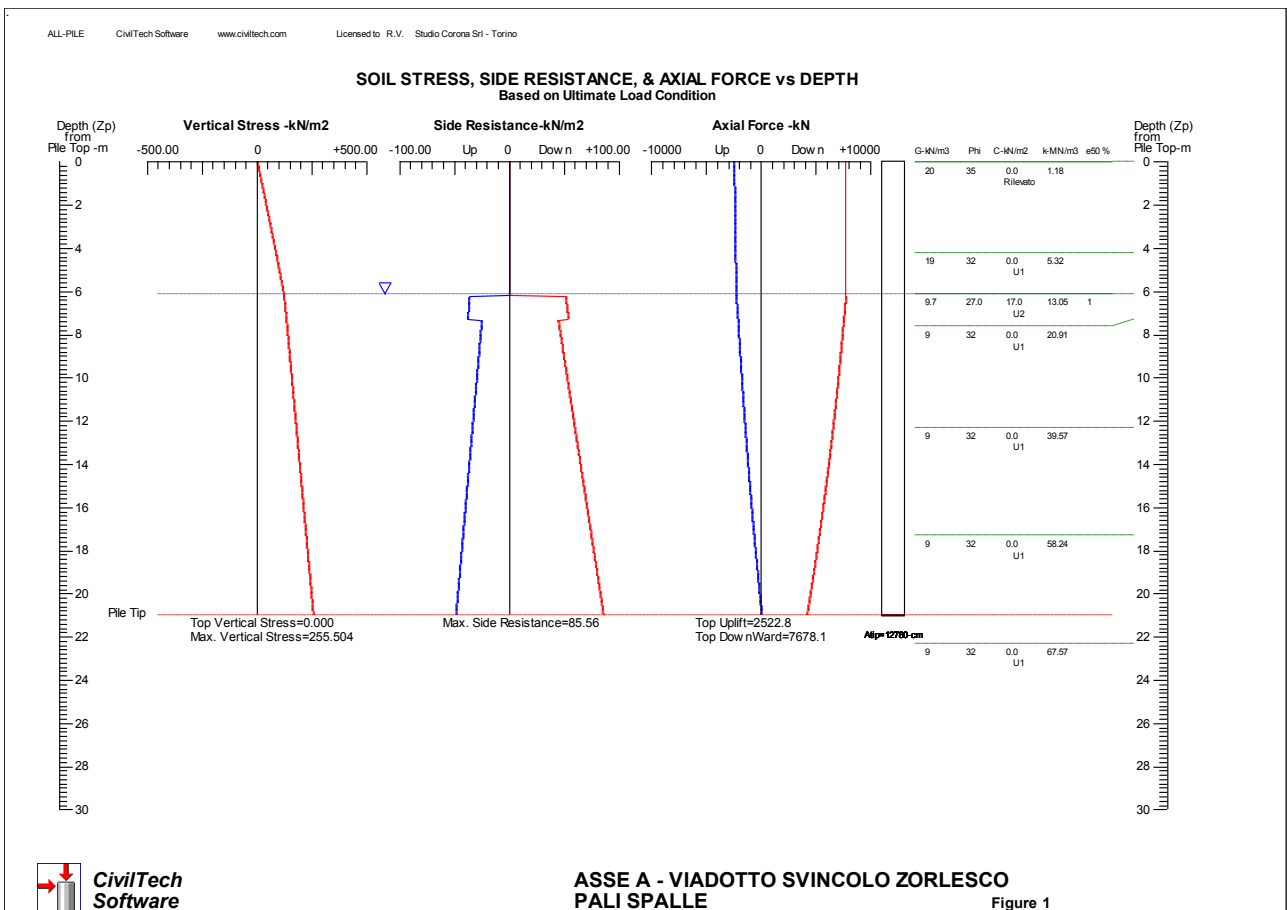
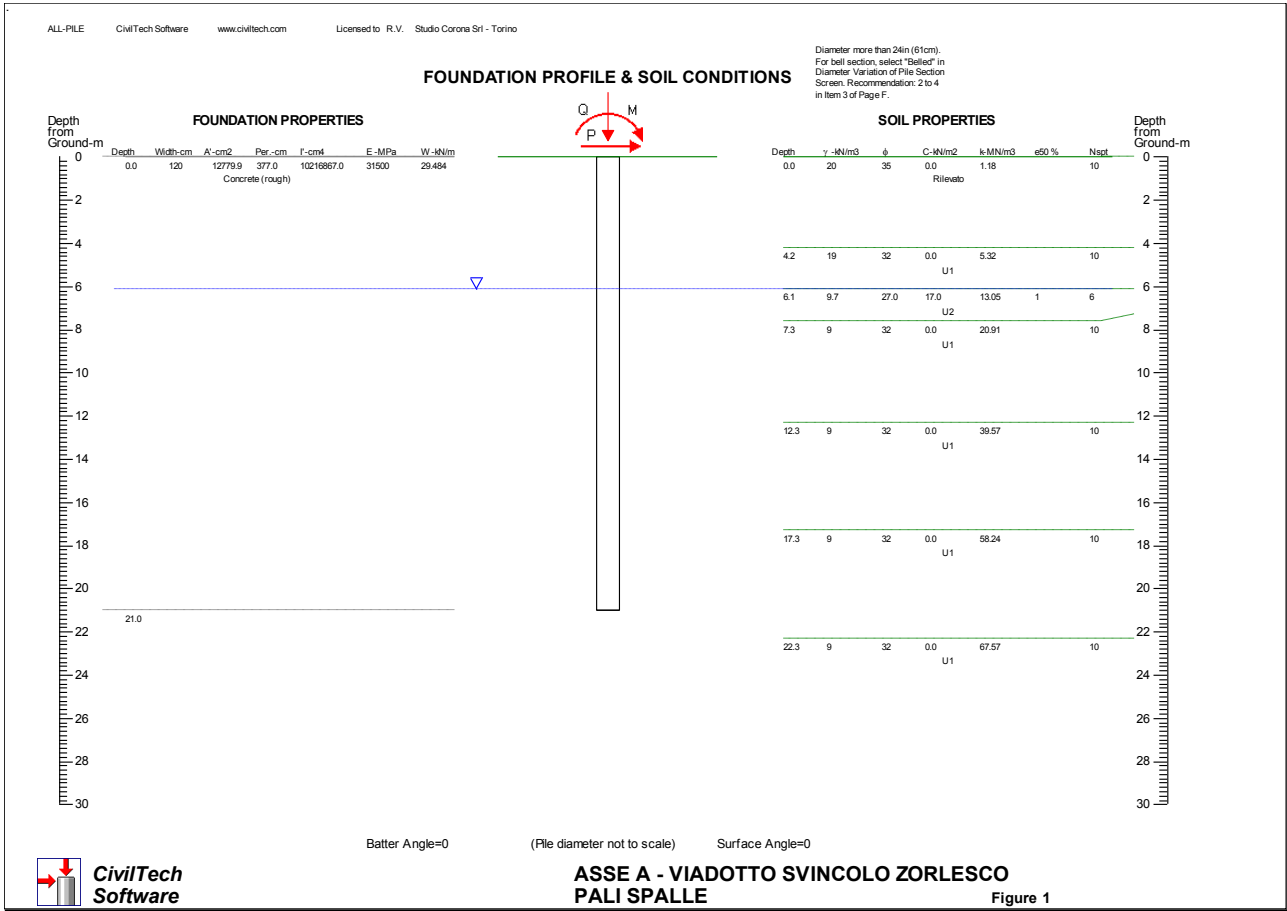
## 6.2 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PALO

Il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo viene effettuato mediante il programma di calcolo "Allpile", vers. 7.12, CivilTech Software, Bellevue, WA USA.

La testa del palo risulta a 4.2 m di altezza sul rilevato; si trascura la portanza per attrito laterale per il tratto incamiciato con lamierino, pari a 6.2 m.

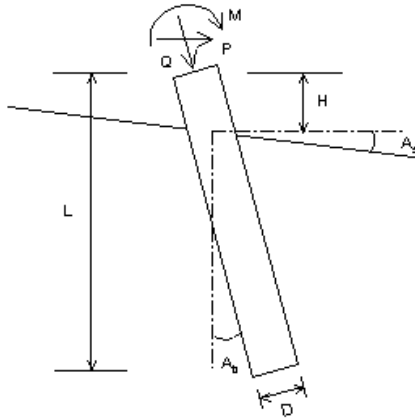
Seguono i diagrammi risultanti dalle analisi verticale e laterale del palo.

Si omettono i tabulati in quanto i risultati grafici del programma AllPile sono completamente esaustivi.



## VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



**Loads:**

Load Factor for Vertical Loads= 1.0  
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0  
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %  
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 2728.7 -kN  
 Shear Load, P= 614.9 -kN  
 Moment, M= 340.6 -kN-m

**Profile:**

Pile Length, L= 21.0 -m  
 Top Height, H= 0 -m  
 Slope Angle, As= 0  
 Batter Angle, Ab= 0

\* Zero Friction \*

Zero Friction Start: 0 -m End: 6.2 -m

Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

**Soil Data:**

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	20	35	0.0	1.18	30	10
4.2	19	32	0.0	5.32	60	10
6.1	9.7	27.0	17.0	13.05	1	6
7.3	9	32	0.0	20.91	60	10
12.3	9	32	0.0	39.57	60	10
17.3	9	32	0.0	58.24	60	10
22.3	9	32	0.0	67.57	60	10

**Pile Data:**

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MPa	Weight -kN/m
0.0	120	12779.9	377.0	10216867.0	1500	29.484
21.0						

**Vertical capacity:**

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 454.04-kN \*Soil Weight is not included  
 Side Resistance (Down)= 3567.100-kN Side Resistance (Up)= 2068.793-kN  
 Tip Resistance (Down)= 4110.980-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN  
 Total Ultimate Capacity (Down)= 7678.080-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 2522.838-kN  
 Total Allowable Capacity (Down)= 3570.933-kN Total Allowable Capacity (Up)= 1439.185-kN  
 OK! Qallow > Q

**Settlement Calculation:**

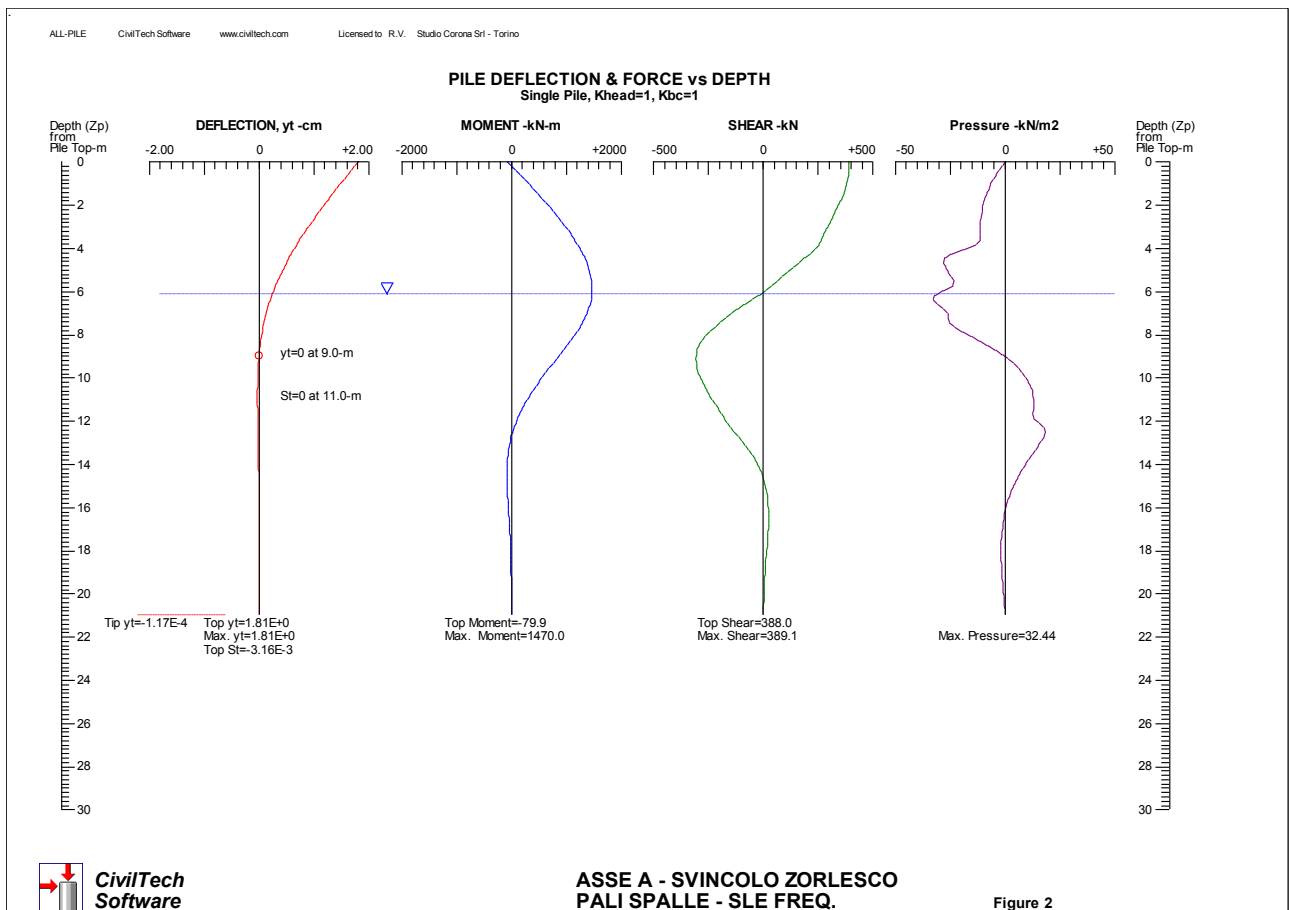
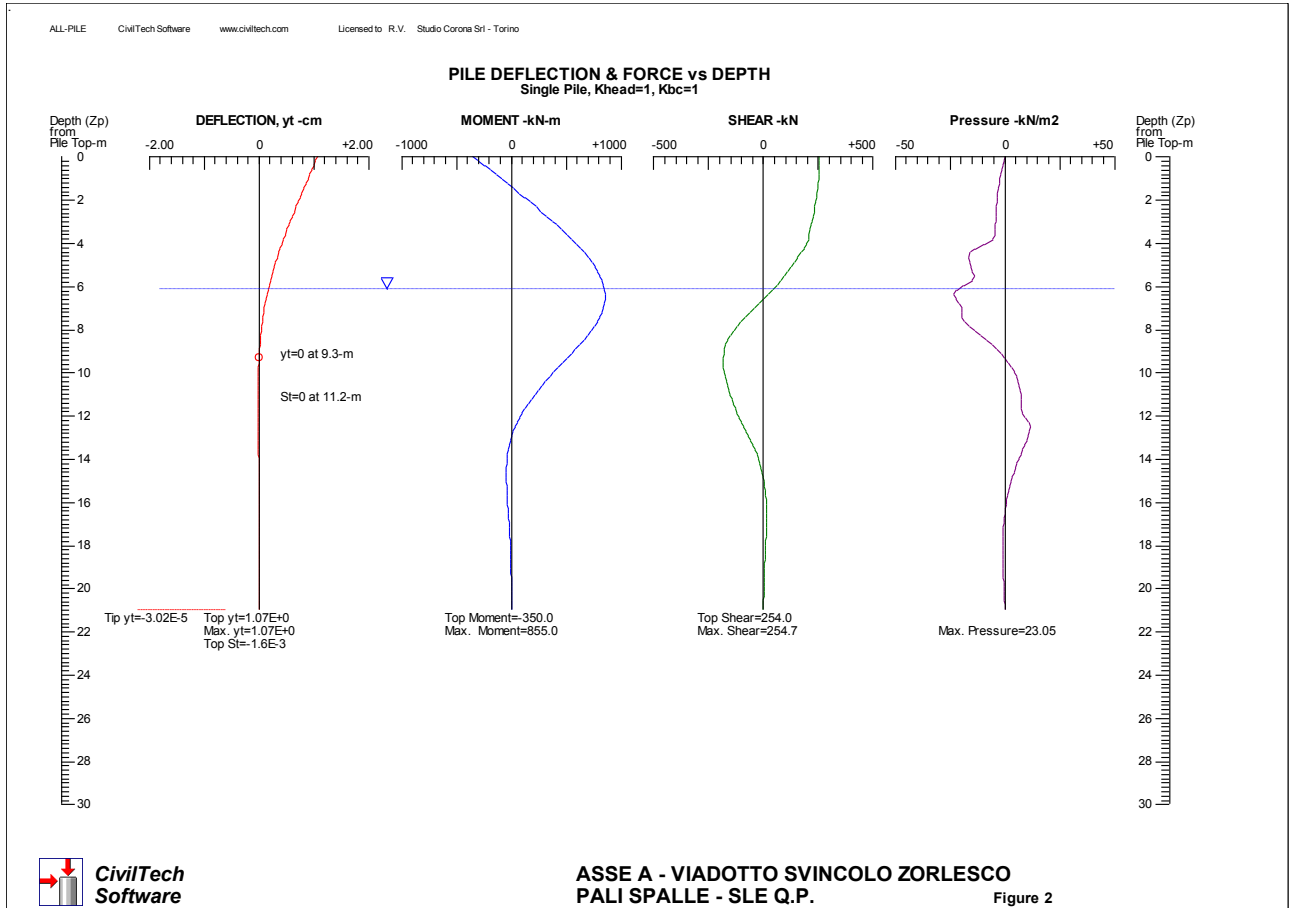
At Q= 2728.70-kN Settlement= 0.52207-cm  
 At Xallow= 2.00-cm Qallow= 4736.39990-kN

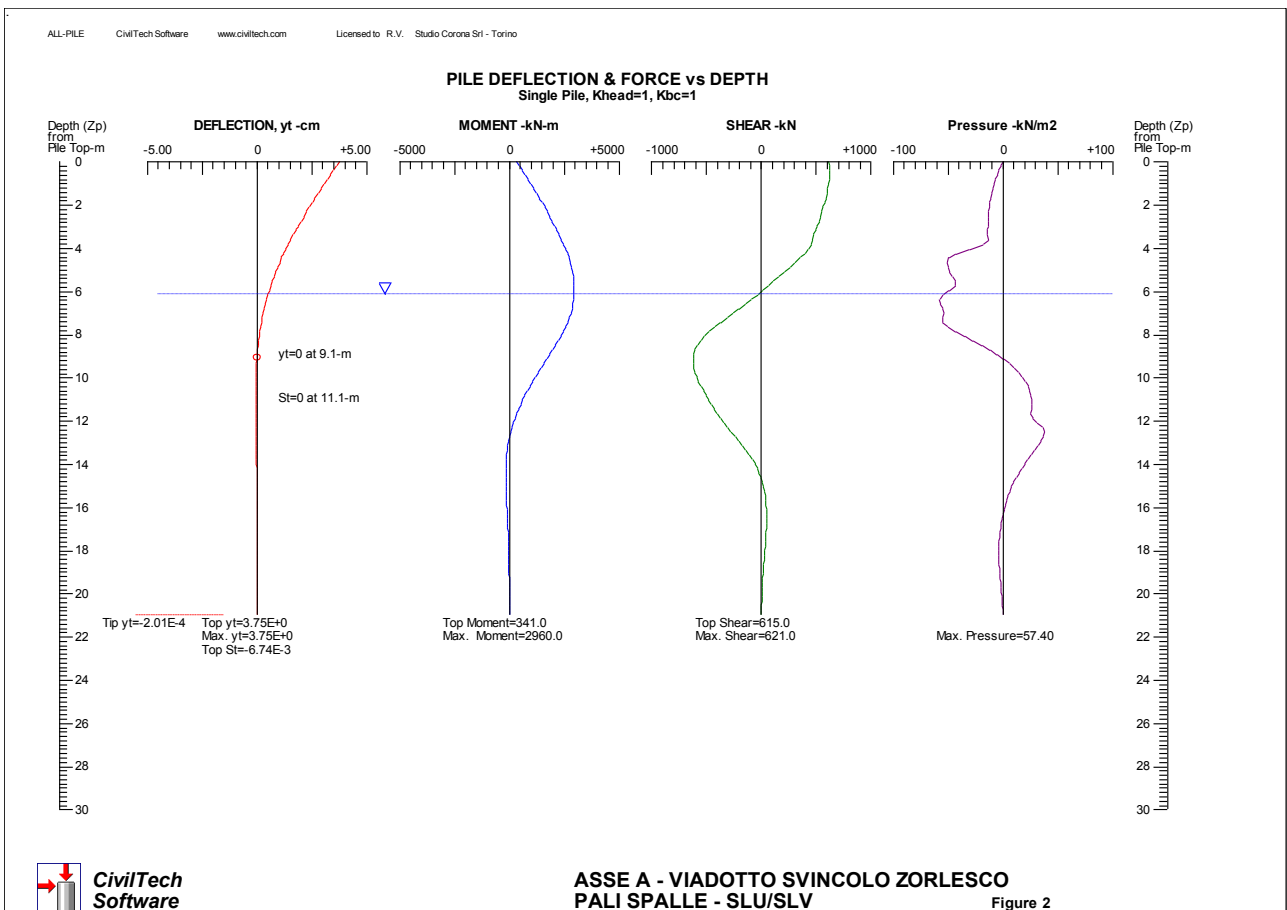
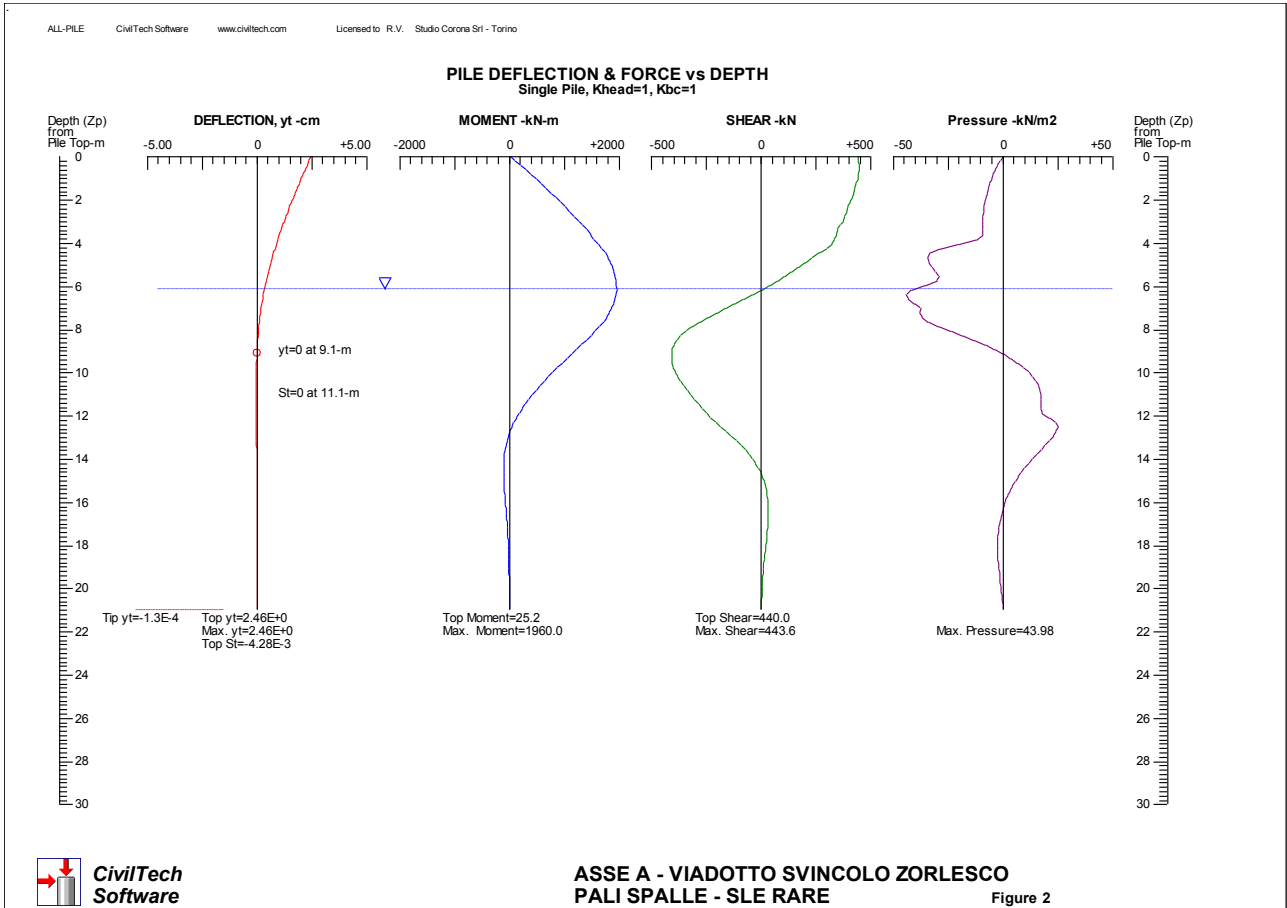
Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 99999.



**CivilTech  
 Software**

**ASSE A - VIADOTTO SVINCOLO ZORLESCO  
 PALI SPALLE**





### 6.3 VERIFICA DEI PALI SOGGETTI A CARICO VERTICALE

La verifica viene svolta allo stato limite ultimo; in riferimento alle NTC 2008, si sceglie l'approccio 2, con le combinazioni A1/M1/R3 in cui si applicano i coefficienti parziali alle caratteristiche resistenti del palo:

- resistenza laterale in compressione:  $\gamma_s = 1.15$
- resistenza alla base:  $\gamma_b = 1.35$
- fattore di correlazione:  $\xi_4 = 1.70$

Si ottiene:

- Sforzo verticale di progetto:  $N_{sd} = 2728.7 \text{ kN}$
- Resistenza di progetto:  $R_{sd} = 3570.9 \text{ kN}$  ( $R_{sd} > N_{sd}$ )
- Cedimento verticale:  $DZ = 5.22 \text{ mm}$  ( $< 20 \text{ mm}$ : ammissibile)

### 6.4 PALI SOGGETTI A CARICO ORIZZONTALE - VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO

I coefficienti parziali (A1/M1/R3) risultano:

- resistenza laterale terreno:  $\gamma_t = 1.30$
- fattore di correlazione:  $\xi_4 = 1.70$

La resistenza di progetto del terreno si ottiene dalla formula:

$$R_{sd} = \alpha \frac{\lambda_p \times \sigma_v + 2 \times c' \times \sqrt{\lambda_p}}{\gamma_t \times \xi_3} \quad \text{in cui:}$$

$\alpha = 3$ : coefficiente correttivo per tener conto dell'effetto arco

$\lambda_p$ : coefficiente di spinta passiva

$\sigma_v$ : pressione geostatica efficace

$c'$ : coesione drenata

Segue il tabulato del calcolo svolto; si nota che per il rilevato si è tenuto conto dell'inclinazione 2:3 ( $\varepsilon = -33.69^\circ$ ) del terreno nel calcolo della spinta passiva.

Il minimo coefficiente di sicurezza (resistenza / pressione) si ottiene a  $Z_p = 0.20 \text{ m}$  e vale:

$$R_{sd} / P_d = 4.765 / 1.8 = 2.647 \quad (>1: \text{verificato})$$



Zp - Depth from pile Top  
yt - Pile top deflection  
Moment - Internal moment in pile shaft  
Shear - Internal shear force in pile shaft  
Pressure - Soil-Pile interactive pressure (Arching is considered)  
Slope - Deflection slope at pile top

Zp (m)	yt (cm)	Moment (kNm)	Shear (kN)	Pressure (kN/m <sup>2</sup> )	Slope	Terreno	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	C' (kN/m <sup>2</sup> )	lp	σv (kN/m <sup>2</sup> )	R_Sd (kN/m <sup>2</sup> )	Verifica? R/P > 1
0	3.75	341	615	0	-0.00674	Rilevato	20	0	0.8775	0	0	0
0.2	3.61	475	618.6	-1.8	-0.00667	Rilevato	20	0	0.8775	4	4.765	2.647
0.4	3.47	609	619.2	-3.5	-0.00667	Rilevato	20	0	0.8775	8	9.529	2.723
0.6	3.33	742	617.9	-5.1	-0.00636	Rilevato	20	0	0.8775	12	14.294	2.803
0.9	3.19	874	615.7	-6.5	-0.00667	Rilevato	20	0	0.8775	18	21.441	3.299
1.1	3.05	1000	611.5	-7.8	-0.00667	Rilevato	20	0	0.8775	22	26.206	3.360
1.3	2.91	1130	605	-9	-0.00667	Rilevato	20	0	0.8775	26	30.971	3.441
1.5	2.78	1260	597.7	-10	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	30	35.735	3.574
1.7	2.64	1380	588.8	-10.9	-0.00636	Rilevato	20	0	0.8775	34	40.500	3.716
1.9	2.51	1510	576.8	-11.6	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	38	45.265	3.902
2.1	2.38	1630	563.2	-12.3	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	42	50.029	4.067
2.3	2.25	1740	550.3	-12.8	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	46	54.794	4.281
2.5	2.13	1860	537.2	-13.2	-0.00545	Rilevato	20	0	0.8775	50	59.559	4.512
2.8	2	1970	522.4	-13.5	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	56	66.706	4.941
3	1.88	2080	506.6	-13.6	-0.00571	Rilevato	20	0	0.8775	60	71.471	5.255
3.2	1.77	2180	491.9	-13.7	-0.00524	Rilevato	20	0	0.8775	64	76.235	5.565
3.4	1.65	2280	478.9	-13.7	-0.00571	Rilevato	20	0	0.8775	68	81.000	5.912
3.6	1.54	2380	466	-13.6	-0.005	Rilevato	20	0	0.8775	72	85.765	6.306
3.8	1.43	2480	449.6	-18.4	-0.00524	Rilevato	20	0	0.8775	76	90.529	4.920
4	1.33	2570	424.8	-31.2	-0.00476	Rilevato	20	0	0.8775	80	95.294	3.054
4.2	1.23	2660	388.8	-43.6	-0.00476	Rilevato	20	0	0.8775	84	100.059	2.295
4.4	1.13	2740	345.3	-49.4	-0.00476	U1	19	0	3.2546	87.8	387.901	7.852
4.7	1.04	2800	299.6	-50.9	-0.00409	U1	19	0	3.2546	93.5	413.084	8.116
4.9	0.95	2850	252	-50.1	-0.00433	U1	19	0	3.2546	97.3	429.872	8.580
5.1	0.86	2900	201.6	-48.2	-0.00405	U1	19	0	3.2546	101.1	446.661	9.267
5.3	0.78	2930	150.8	-45.7	-0.00386	U1	19	0	3.2546	104.9	463.449	10.141
5.5	0.71	2950	102.5	-43	-0.0035	U1	19	0	3.2546	108.7	480.238	11.168
5.7	0.63	2960	57.2	-43.3	-0.00348	U1	19	0	3.2546	112.5	497.026	11.479
5.9	0.56	2960	11	-49.2	-0.00329	U1	19	0	3.2546	116.3	513.814	10.443
6.2	0.5	2960	-39.6	-55.2	-0.00305	U2	9.7	17	2.6629	119.21	506.236	9.171
6.4	0.44	2940	-94.4	-57.4	-0.0029	U2	9.7	17	2.6629	121.15	513.248	8.942
6.6	0.38	2910	-150.7	-57	-0.00255	U2	9.7	17	2.6629	123.09	173.420	3.042
6.8	0.33	2860	-207.3	-54.8	-0.00248	U2	9.7	17	2.6629	125.03	175.758	3.207
7	0.28	2810	-263.7	-53.6	-0.00229	U2	9.7	17	2.6629	126.97	178.095	3.323
7.2	0.24	2740	-320.1	-55	-0.00214	U2	9.7	17	2.6629	128.91	180.433	3.281
7.4	0.2	2660	-376.5	-54.6	-0.0019	U1	9	0	3.2546	130.71	192.493	3.526
7.6	0.16	2570	-430.7	-49.8	-0.00168	U1	9	0	3.2546	132.51	195.143	3.919
7.8	0.13	2460	-479.9	-42.5	-0.00157	U1	9	0	3.2546	134.31	197.794	4.654
8.1	0.1	2350	-522.6	-34.3	-0.00142	U1	9	0	3.2546	137.01	201.770	5.883
8.3	0.07	2230	-557.9	-26.2	-0.00126	U1	9	0	3.2546	138.81	204.421	7.802
8.5	0.05	2100	-585.7	-18.4	-0.00111	U1	9	0	3.2546	140.61	207.072	11.254
8.7	0.03	1970	-605	-11.2	-0.00093	U1	9	0	3.2546	142.41	209.723	18.725
8.9	0.01	1830	-616.1	-4.6	-0.00084	U1	9	0	3.2546	144.21	212.374	46.168
9.1	0	1700	-621	1.2	-0.00072	U1	9	0	3.2546	146.01	215.025	179.187
9.3	-0.02	1570	-620.5	6.5	-0.00061	U1	9	0	3.2546	147.81	217.675	33.489
9.6	-0.03	1430	-615.2	11	-0.00048	U1	9	0	3.2546	150.51	221.652	20.150
9.8	-0.04	1300	-606.1	14.9	-0.0004	U1	9	0	3.2546	152.31	224.302	15.054
10	-0.04	1180	-592.1	18.2	-0.00032	U1	9	0	3.2546	154.11	226.953	12.470
10.2	-0.05	1050	-572.8	20.9	-0.00024	U1	9	0	3.2546	155.91	229.604	10.986
10.4	-0.05	935	-551	23	-0.00017	U1	9	0	3.2546	157.71	232.255	10.098
10.6	-0.05	822	-528.7	24.5	-0.0001	U1	9	0	3.2546	159.51	234.906	9.588
10.8	-0.06	715	-505.7	25.6	-0.00005	U1	9	0	3.2546	161.31	237.556	9.280
11	-0.06	612	-480.6	26.2	-0.00001	U1	9	0	3.2546	163.11	240.207	9.168
11.2	-0.05	516	-453.7	26.5	0.00004	U1	9	0	3.2546	164.91	242.858	9.164
11.4	-0.05	425	-426.5	26.3	0.00007	U1	9	0	3.2546	166.71	245.509	9.335
11.7	-0.05	341	-400	25.8	0.0001	U1	9	0	3.2546	169.41	249.485	9.670
11.9	-0.05	261	-372.7	27.2	0.00012	U1	9	0	3.2546	171.21	252.136	9.270
12.1	-0.05	188	-342.7	32.1	0.00014	U1	9	0	3.2546	173.01	254.787	7.937
12.3	-0.04	119	-309.5	36.5	0.00015	U1	9	0	3.2546	174.81	257.437	7.053
12.5	-0.04	59.8	-274.3	37.6	0.00015	U1	9	0	3.2546	176.61	260.088	6.917
12.7	-0.04	9.4	-238.5	36.5	0.00016	U1	9	0	3.2546	178.41	262.739	7.198
12.9	-0.03	-32.8	-203	34.3	0.00016	U1	9	0	3.2546	180.21	265.390	7.737
13.1	-0.03	-67.5	-168.8	31.6	0.00016	U1	9	0	3.2546	182.01	268.041	8.482
13.4	-0.03	-95.3	-136.8	28.7	0.00015	U1	9	0	3.2546	184.71	272.017	9.478
13.6	-0.02	-117	-107.7	25.7	0.00015	U1	9	0	3.2546	186.51	274.668	10.687
13.8	-0.02	-133	-81.6	22.8	0.00014	U1	9	0	3.2546	188.31	277.318	12.163
14	-0.02	-144	-58.4	19.9	0.00013	U1	9	0	3.2546	190.11	279.969	14.069
14.2	-0.01	-151	-38.1	17.2	0.00012	U1	9	0	3.2546	191.91	282.620	16.431
14.4	-0.01	-154	-20.5	14.7	0.00011	U1	9	0	3.2546	193.71	285.271	19.406
14.6	-0.01	-154	-5.3	12.3	0.0001	U1	9	0	3.2546	195.51	287.922	23.408
14.9	-0.01	-152	7.6	10.1	0.00009	U1	9	0	3.2546	198.21	291.898	28.901
15.1	-0.01	-147	18.1	8.1	0.00008	U1	9	0	3.2546	200.01	294.549	36.364
15.3	0	-140	26.5	6.3	0.00007	U1	9	0	3.2546	201.81	297.199	47.175
15.5	0	-133	33.2	4.7	0.00006	U1	9	0	3.2546	203.61	299.850	63.798
15.7	0	-124	38.2	3.3	0.00005	U1	9	0	3.2546	205.41	302.501	91.667
15.9	0	-114	41.8	2.1	0.00005	U1	9	0	3.2546	207.21	305.152	145.310
16.1	0	-105	44	1	0.00004	U1	9	0	3.2546	209.01	307.803	307.803
16.3	0	-94.5	45.3	0.1	0.00003	U1	9	0	3.2546	210.81	310.453	3104.535
16.5	0	-84.5	45.6	-0.6	0.00002	U1	9	0	3.2546	212.61	313.104	521.841
16.8	0	-74.6	45.2	-1.2	0.00002	U1	9	0	3.2546	215.31	317.081	264.234
17	0	-65.1	44	-1.8	0.00001	U1	9	0	3.2546	217.11	319.731	177.629
17.2	0	-55.9	42.1	-2.5	0.00001	U1	9	0	3.2546	218.91	322.382	128.953
17.4	0	-47.2	39.6	-3.1	0.00001	U1	9	0	3.2546	220.71	325.033	104.849
17.6	0	-39.2	36.6	-3.5	0	U1	9	0	3.2546	222.51	327.684	93.624
17.8	0	-32	33.3	-3.6	0	U1	9	0	3.2546	224.31	330.335	91.760
18	0	-25.7	29.8	-3.7	0	U1	9	0	3.2546	226.11	332.985	89.996
18.2	0	-20.2	26.2	-3.6	0	U1	9	0	3.2546	227.91	335.636	93.232
18.5	0	-15.4	22.6	-3.4	0	U1	9	0	3.2546	230.61	339.612	99.886
18.7	0	-11.4	19.1	-3.2	-0.00001	U1	9	0	3.2546	232.41	342.263	106.957
18.9	0	-8.2	15.9	-3	-0.00001	U1	9	0	3.2546	234.21	344.914	114.971
19.1	0	-5.5	12.8	-2.7	-0.00001	U1	9	0	3.2546	236.01	347.565	128.728
19.3	0	-3.5	10.1	-2.4	-0.00001	U1	9	0	3.2546	237.81	350.216	145.923
19.5	0	-2	7.7	-2.1	-0.00001	U1	9	0	3.2546	239.61	352.866	168.032
19.7	0	-1	5.6	-1.7	-0.00001	U1	9	0	3.2546	241.41	355.517	209.128
19.9	0	-0.3	3.8	-1.4	-0.00001	U1	9	0	3.2546	243.21	358.168	255.834
20.1	0	0	2.4	-1	-0.00001	U1	9	0	3.2546	245.01	360.819	360.819
20.4	0	0.1	1.4	-0.7	-0.00001	U1	9	0	3.2546	247.71	364.795	521.13

## 6.5 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE PALO

- Cedimento verticale:  $DZ = 5.22 \text{ mm}$  ( $< 20 \text{ mm}$ : ammissibile)
- Deformazione orizzontale massima:  $DZ = 37.5 \text{ mm}$  ( $< 50 \text{ mm}$ : ammissibile)

## 6.6 VERIFICHE STRUTTURALI PALO

Si effettuano le verifiche a pressoflessione e taglio allo stato limite ultimo (verifiche di resistenza) e agli stati limite di esercizio (limitazione tensioni e fessurazione).

La sezione ha le seguenti caratteristiche:

- raggio:  $r = 60 \text{ cm}$
- armature long.:  $16 \text{ } \varnothing 30, r = 60 - 8 - 1.2 - 3/2 = 49.3 \text{ cm}$   
 $16 \text{ } \varnothing 30, r = 49.3 - 2 \times 3 = 43.3 \text{ cm}$
- spirale:  $\varnothing 12, \text{ passo } 20 \text{ cm.}$

### 6.6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

#### 6.6.1.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 2728.7 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 2960.0 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 4064.2 \text{ kN.m}$	$\rightarrow$	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 621.0 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2787.5 \text{ kN}$	$\rightarrow$	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

#### 6.6.1.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 498.0 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 2960.0 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 3648.7 \text{ kN.m}$	$\rightarrow$	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 621.0 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2412.8 \text{ kN}$	$\rightarrow$	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

### 6.6.2 VERIFICHE TENSIONALI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI RARE

#### 6.6.2.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni			
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1997.5 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1960.0 \text{ kN.m}$			
Tensione massima cls.:	$s_c = 12.96 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 214.97 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$	

#### 6.6.2.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni			
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 372.3 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1960.0 \text{ kN.m}$			
Tensione massima cls.:	$s_c = 12.69 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 292.39 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$	

### 6.6.3 VERIFICHE DI FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTI

#### 6.6.3.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1722.7 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1470.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 9.74 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 151.21 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.251 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_3 = 0.4 \text{ mm}$

#### 6.6.3.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 455.7 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1470.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 9.56 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 210.57 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.395 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_3 = 0.4 \text{ mm}$

### 6.6.4 VERIFICHE DI FESSURAZIONE – COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

#### 6.6.4.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1257.9 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 855.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 5.68 \text{ N/mm}^2$	→ Verificato: $s_c < s_2 = 11.25 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 77.00 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.082 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_2 = 0.3 \text{ mm}$

#### 6.6.4.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 592.3 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 855.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 5.62 \text{ N/mm}^2$	→ Verificato: $s_c < s_2 = 11.25 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 106.68 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.147 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_2 = 0.3 \text{ mm}$

### 6.6.5 TABULATO DI CALCOLO

Segue tabulato di calcolo eseguito con il programma "RC-Sec", realizzato da GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC).

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: ZORLESCO SPALLE

Descrizione Sezione: VIADOTTO SVINCOLO ZORLESCO - PALI SPALLE  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertzia  
 Riferimento alla sismicit : Zona non sismica  
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C25/30  
 Resis. compr. di calcolo fcd : 141.60 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd' : 70.80 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec : 314750 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm : 25.60 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 150.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista  
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 150.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 112.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2100000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1  
 Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circonferenza: 60.00 cm  
 Ascissa X centro circ.: 0.00 cm  
 Ordinata Y centro circ.: 0.00 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre

Xcentro                    Ascissa del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le  
barre gen.  
Ycentro                    Ordinata del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le  
barre gen.  
Raggio                    Raggio in cm della circonferenza lungo cui sono disposte le  
barre gen.  
N.Barre                    Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonfer.  
Diam.                    Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	Xcentro,cm	Ycentro,cm	Raggio,cm	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	0.00	0.00	49.30	16	30
2	0.00	0.00	43.30	16	30

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                    Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di  
compressione)  
Mx                    Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ.  
d'inerzia  
                         con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della  
sez.  
My                    Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ.  
d'inerzia  
                         con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro  
della sez.  
Vy                    Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia  
y  
Vx                    Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia  
x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	272870	296000	0	62100	0
2	49801	296000	0	62100	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                    Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di  
compressione)  
Mx                    Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ.  
d'inerzia  
                         con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore  
della sez.  
My                    Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ.  
d'inerzia  
                         con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro  
della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	199753	196000	0
2	37232	196000	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                    Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di  
compressione)  
Mx                    Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ.  
d'inerzia

della sez. con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ.  
 d'inerzia  
 della sez. con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro

N.Comb.	N	Mx	My
1	172274	147000	0
2	45567	147000	0

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ.  
 d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore  
 della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ.  
 d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro  
 della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	125790	85500	0
2	59232	85500	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult
Mis.Sic.							

1.373	1	S	272870	296000	0	272862	406424	0
1.233	2	S	49801	296000	0	49775	364870	0

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione							
ec 3/7 efficace	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza							
Xc max X,Y,O sez.)	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif.)							
Yc max X,Y,O sez.)	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif.)							
ef min X,Y,O sez.)	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)							
Xf min X,Y,O sez.)	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif.)							
Yf min X,Y,O sez.)	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif.)							
ef max X,Y,O sez.)	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)							
Xf max X,Y,O sez.)	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif.)							
Yf max X,Y,O sez.)	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif.)							

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max
1	0.00350	-0.00034	0.0	60.0	0.00283	0.0	49.3	-0.00479
2	0.00350	-0.00118	0.0	60.0	0.00268	0.0	49.3	-0.00659

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.							
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.							
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.							
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)							
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue							

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000074685	-0.000981088		
2	0.000000000	0.000090916	-0.001954979		

ARMATURE A TAGLIO

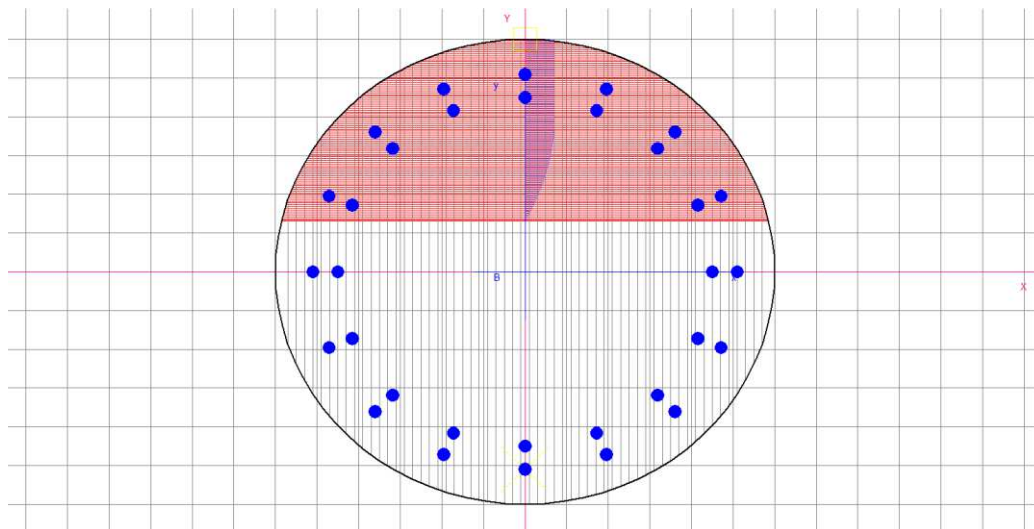
Diametro staffe:	12 mm	
Passo staffe:	20.0 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

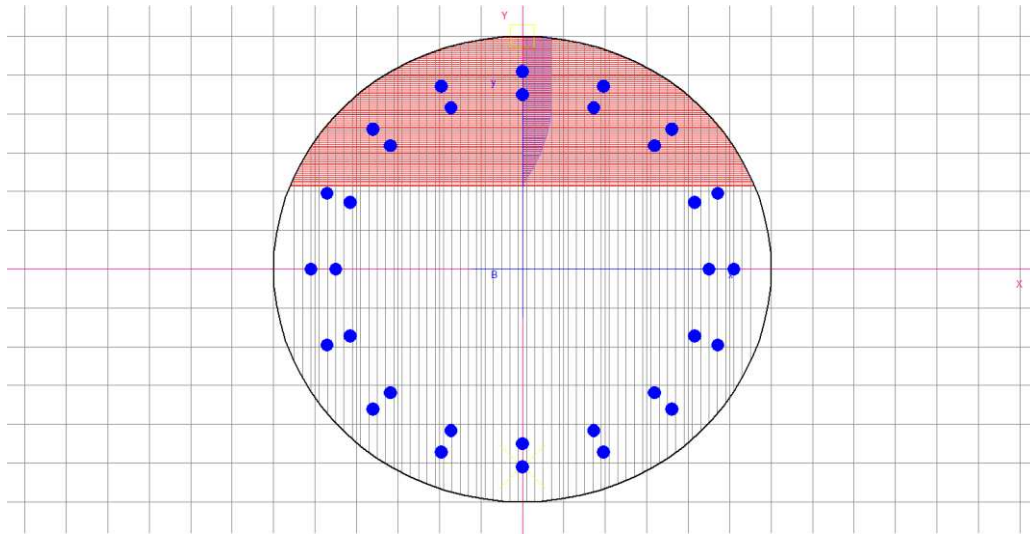
Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata	
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro	

Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso  
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe  
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog.  
 all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo  
 compresso.  
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze  
 delle strisce.  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel.  
 all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce  
 resistenti e Dmed.  
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di  
 conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per  
 compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro  
 di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A\_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di  
 combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle  
 sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con  
 L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile  
 nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast
1	S	62100	278749	97657	98.1	110.5	21.80°	1.170	7.2
11.3(0.0)									
2	S	62100	241280	98884	99.3	107.2	21.80°	1.031	7.1
11.3(0.0)									



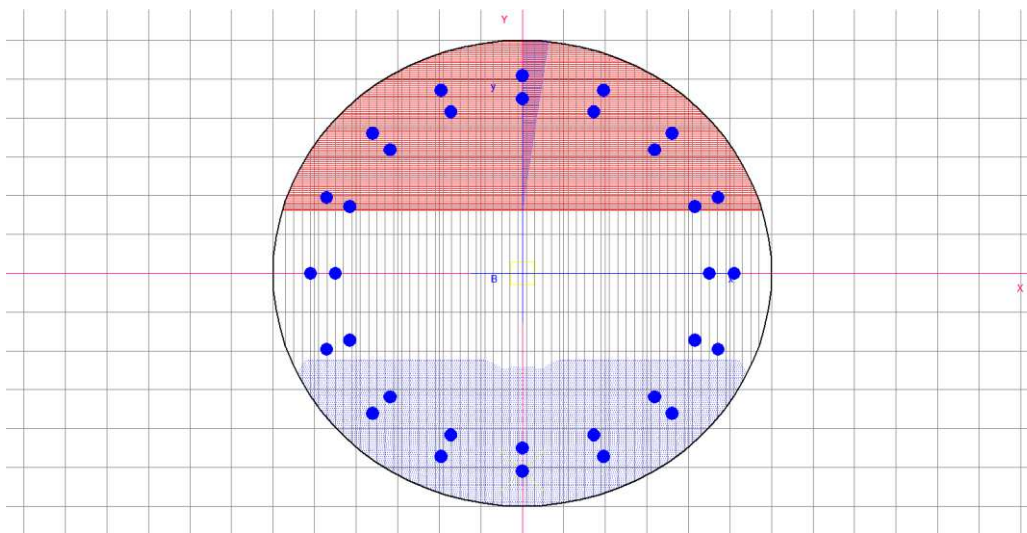
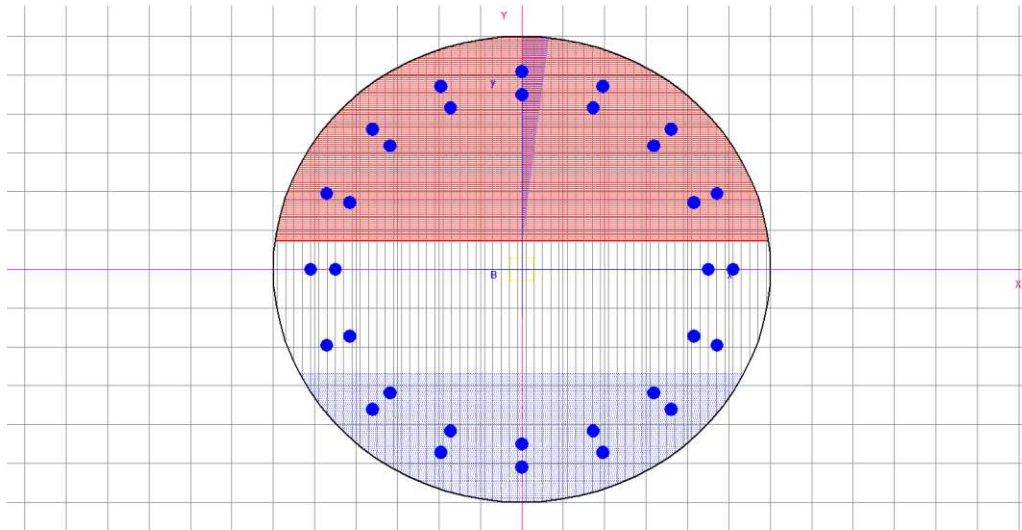




COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

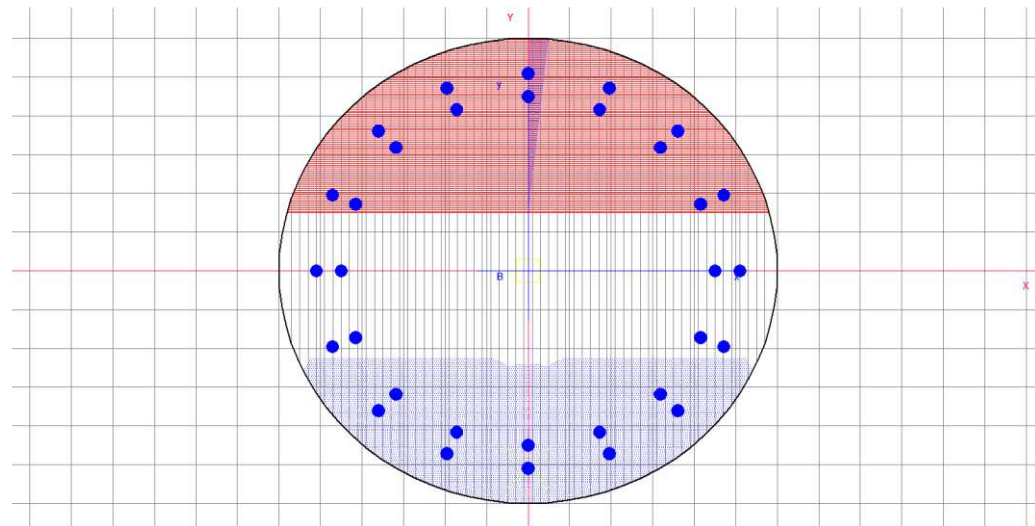
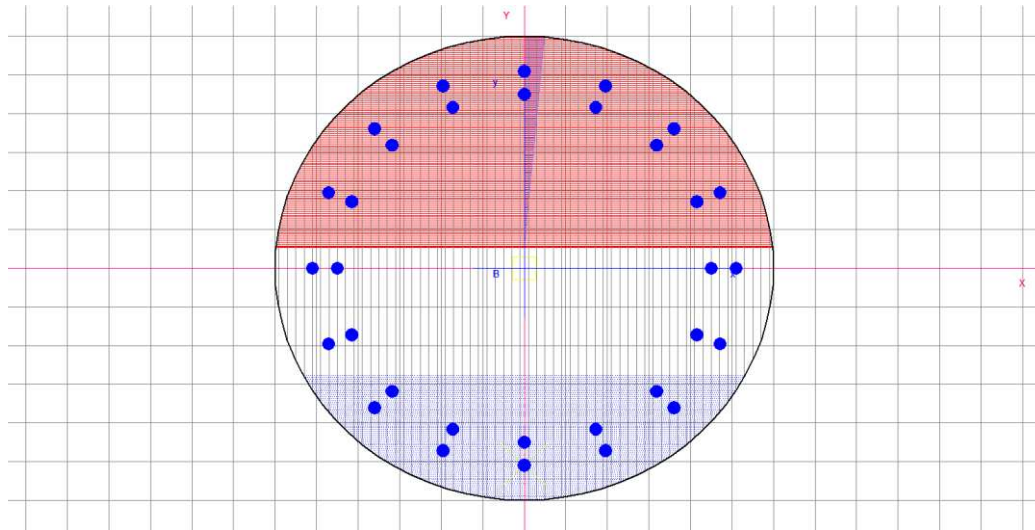
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato
[daN/cm <sup>2</sup> ]	
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.
X,Y,O)	
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.
X,Y,O)	
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif.
X,Y,O)	
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif.
X,Y,O)	
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente
alle barre	
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma
delle tensioni	
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min
1	S	129.6	0.0	0.0	-2150	0.0	-49.3
2	S	126.9	0.0	0.0	-2924	0.0	-49.3



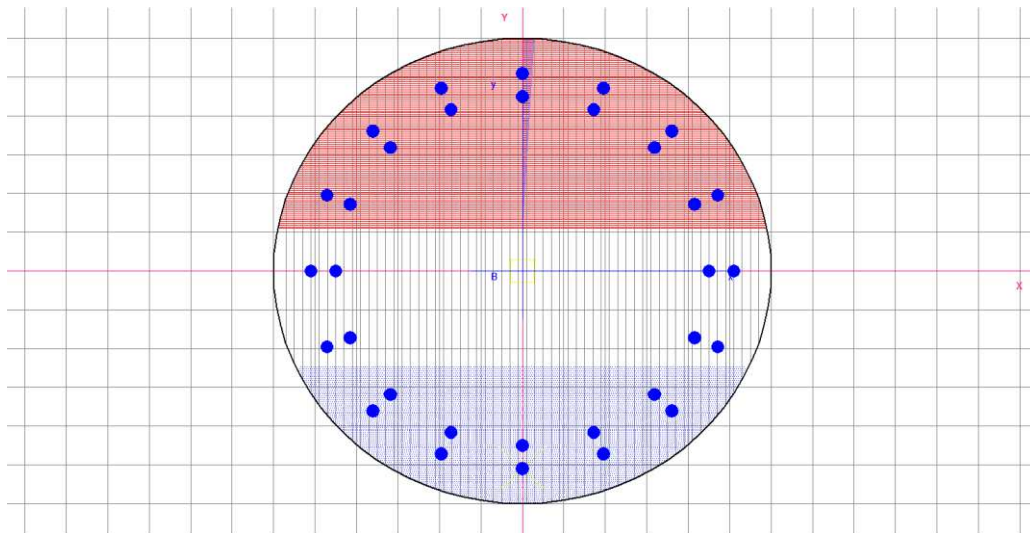
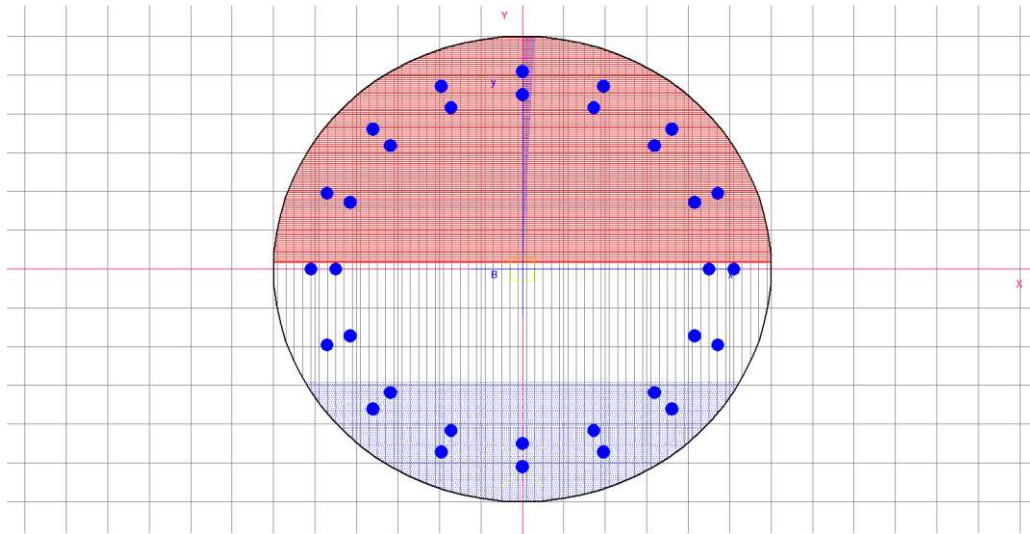
COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.
K3	Ap.Fess.								
1	S	97.4	0.0	0.0	-1512	0.0	-49.3	2475	235
0.173	0.251								
2	S	95.6	0.0	0.0	-2106	0.0	-49.3	2987	255
0.184	0.395								



COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.
K3	Ap.Fess.								
1	S	56.8	0.0	0.0	-770	0.0	-49.3	2316	228
0.168	0.082								
2	S	56.2	0.0	0.0	-1067	0.0	-49.3	2798	247
0.180	0.147								



## 7 PALI PILE

### 7.1 SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA TESTA DEI PALI

Seguono tabelle delle sollecitazioni alla testa dei pali ricavate dalla Relazione di calcolo delle sovrastrutture per le diverse combinazioni di carico.

PILA 1 - COMBINAZIONI DI CARICO			PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALI	
			N <sub>Sd,1</sub> [kN]	N <sub>Sd,2</sub> [kN]	N <sub>Sd,3</sub> [kN]	N <sub>Sd,4</sub> [kN]	N <sub>Sd,5</sub> [kN]	N <sub>Sd,6</sub> [kN]	N <sub>Sd,7</sub> [kN]	N <sub>Sd,8</sub> [kN]	V <sub>Sd</sub> [kN]	
SLE - QUASI PERMANENTI	GEN Q.P.(max)	-	1 617.51	1 608.16	1 598.81	1 589.46	1 590.25	1 580.90	1 571.54	1 562.19	3.27	
	GEN Q.P.(min)	-	1 632.85	1 623.50	1 614.15	1 604.80	1 562.42	1 553.07	1 543.72	1 534.37	8.45	
SLE - FREQUENTI	GEN FREQ Mobili(max)	-	1 656.50	1 752.08	1 847.67	1 943.25	1 653.97	1 749.56	1 845.15	1 940.73	0.86	
	GEN FREQ Vento(max)	-	1 596.57	1 601.18	1 605.79	1 610.40	1 569.30	1 573.91	1 578.52	1 583.13	8.01	
	GEN FREQ Termico(max)	-	1 615.98	1 606.63	1 597.28	1 587.93	1 593.03	1 583.68	1 574.33	1 564.98	2.75	
	GEN FREQ Mobili(min)	-	1 764.25	1 673.17	1 582.08	1 491.00	1 676.23	1 585.14	1 494.06	1 402.97	10.60	
	GEN FREQ Vento(min)	-	1 611.90	1 616.52	1 621.13	1 625.74	1 541.47	1 546.09	1 550.70	1 555.31	11.18	
	GEN FREQ Termico(min)	-	1 634.39	1 625.04	1 615.69	1 606.33	1 559.64	1 550.29	1 540.94	1 531.59	8.97	
SLE - RARE	GEN RARA Mobili(max)	-	1 632.67	1 861.45	2 090.22	2 319.00	1 643.78	1 872.56	2 101.33	2 330.11	20.62	
	GEN RARA Vento(max)	-	1 550.22	1 715.62	1 881.02	2 046.43	1 552.01	1 717.42	1 882.82	2 048.22	35.97	
	GEN RARA Frenam(max)	-	1 767.62	1 863.20	1 958.79	2 054.38	1 543.46	1 639.04	1 734.63	1 830.22	26.91	
	GEN RARA Termico(max)	-	1 585.98	1 723.46	1 860.93	1 998.41	1 605.04	1 742.52	1 879.99	2 017.47	21.38	
	GEN RARA Mobili(min)	-	1 826.91	1 696.72	1 566.53	1 436.35	1 729.61	1 599.42	1 469.23	1 339.05	26.48	
	GEN RARA Vento(min)	-	1 661.04	1 639.77	1 618.50	1 597.24	1 568.70	1 547.43	1 526.17	1 504.90	39.29	
	GEN RARA Frenam(min)	-	1 878.44	1 787.35	1 696.27	1 605.19	1 560.15	1 469.06	1 377.98	1 286.89	38.21	
	GEN RARA Termico(min)	-	1 709.07	1 659.88	1 610.68	1 561.49	1 599.47	1 550.28	1 501.08	1 451.89	26.48	
SLU - STR	GEN SLU Mobili(max)	-	2 241.83	2 555.55	2 869.26	3 182.98	2 258.54	2 572.26	2 885.97	3 199.69	31.14	
	GEN SLU Vento(max)	-	2 124.24	2 356.59	2 588.94	2 821.29	2 128.37	2 360.72	2 593.07	2 825.42	54.06	
	GEN SLU Frenamento(max)	-	2 433.44	2 561.07	2 688.69	2 816.31	2 132.54	2 260.16	2 387.78	2 515.41	36.13	
	GEN SLU Termico(max)	-	2 179.73	2 370.18	2 560.64	2 751.10	2 204.57	2 395.03	2 585.49	2 775.95	32.13	
	GEN SLU Mobili(min)	-	2 501.29	2 330.41	2 159.52	1 988.63	2 379.42	2 208.53	2 037.64	1 866.76	38.28	
	GEN SLU Vento(min)	-	2 271.09	2 251.43	2 231.77	2 212.12	2 155.91	2 136.25	2 116.60	2 096.94	58.06	
	GEN SLU Frenamento(min)	-	2 580.29	2 455.91	2 331.52	2 207.14	2 160.07	2 035.69	1 911.31	1 786.93	50.44	
	GEN SLU Termico(min)	-	2 341.30	2 279.75	2 218.20	2 156.66	2 205.40	2 143.85	2 082.31	2 020.76	38.00	
	SLV	GEN SLV Long(max)	1	660.04	714.76	769.49	824.22	1 471.39	1 526.12	1 580.84	1 635.57	186.14
		GEN SLV Long(max)	2	638.75	693.48	748.21	802.93	1 450.10	1 504.83	1 559.56	1 614.29	186.14
GEN SLV Long(max)		3	675.77	720.01	764.25	808.48	1 487.12	1 531.36	1 575.60	1 619.83	176.51	
GEN SLV Long(max)		4	654.49	698.73	742.96	787.20	1 465.84	1 510.08	1 554.31	1 598.55	176.51	
GEN SLV Trasv(max)		1	738.93	935.80	1 132.66	1 329.53	969.37	1 166.24	1 363.10	1 559.97	206.28	
GEN SLV Trasv(max)		2	717.65	914.51	1 111.38	1 308.25	948.09	1 144.95	1 341.82	1 538.68	206.28	
GEN SLV Trasv(max)		3	765.16	962.03	1 158.89	1 355.76	943.14	1 140.01	1 336.87	1 533.74	199.49	
GEN SLV Trasv(max)		4	743.88	940.74	1 137.61	1 334.47	921.86	1 118.72	1 315.59	1 512.45	199.49	
GEN SLV Vert(max)		1	996.22	1 054.43	1 112.65	1 170.87	1 234.23	1 292.44	1 350.66	1 408.88	88.90	
GEN SLV Vert(max)		2	1 011.96	1 059.68	1 107.41	1 155.13	1 249.97	1 297.69	1 345.41	1 393.14	62.91	
GEN SLV Vert(max)		3	1 022.45	1 080.66	1 138.88	1 197.09	1 208.00	1 266.22	1 324.43	1 382.65	69.30	
GEN SLV Vert(max)		4	1 038.18	1 085.91	1 133.63	1 181.36	1 223.74	1 271.46	1 319.19	1 366.91	29.28	
GEN SLV Long(min)		1	1 653.06	1 590.13	1 527.19	1 464.25	744.01	681.08	618.14	555.20	188.15	
GEN SLV Long(min)		2	1 631.78	1 568.84	1 505.90	1 442.97	722.73	659.79	596.85	533.92	188.15	
GEN SLV Long(min)		3	1 668.80	1 595.37	1 521.94	1 448.51	759.75	686.32	612.89	539.46	197.20	
GEN SLV Long(min)		4	1 647.52	1 574.09	1 500.66	1 427.23	738.47	665.04	591.61	518.18	197.20	
GEN SLV Trasv(min)		1	1 563.68	1 348.11	1 132.54	916.97	1 288.00	1 072.43	856.86	641.30	200.40	
GEN SLV Trasv(min)		2	1 542.39	1 326.82	1 111.26	895.69	1 266.71	1 051.15	835.58	620.01	200.40	
GEN SLV Trasv(min)		3	1 589.90	1 374.34	1 158.77	943.20	1 261.77	1 046.20	830.63	615.07	209.57	
GEN SLV Trasv(min)		4	1 568.62	1 353.05	1 137.49	921.92	1 240.48	1 024.92	809.35	593.78	209.57	
GEN SLV Vert(min)		1	1 269.37	1 202.94	1 136.52	1 070.09	986.12	919.69	853.26	786.84	36.68	
GEN SLV Vert(min)		2	1 285.11	1 208.19	1 131.27	1 054.35	1 001.85	924.94	848.02	771.10	72.69	
GEN SLV Vert(min)		3	1 295.60	1 229.17	1 162.74	1 096.32	959.89	893.46	827.04	760.61	73.79	
GEN SLV Vert(min)		4	1 311.33	1 234.42	1 157.50	1 080.58	975.63	898.71	821.79	744.87	96.87	

PILA 2 - COMBINAZIONI DI CARICO			PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALI
			N <sub>Sd,1</sub> [kN]	N <sub>Sd,2</sub> [kN]	N <sub>Sd,3</sub> [kN]	N <sub>Sd,4</sub> [kN]	N <sub>Sd,5</sub> [kN]	N <sub>Sd,6</sub> [kN]	N <sub>Sd,7</sub> [kN]	N <sub>Sd,8</sub> [kN]	V <sub>Sd</sub> [kN]
SLE - QUASI PERMANENTI	GEN Q.P.(max)	-	1 554.90	1 545.56	1 536.21	1 526.86	1 622.54	1 613.19	1 603.85	1 594.50	8.45
	GEN Q.P.(min)	-	1 569.39	1 560.04	1 550.69	1 541.34	1 595.58	1 586.23	1 576.88	1 567.53	3.27
SLE - FREQUENTI	GEN FREQ Mobil(max)	-	1 597.85	1 693.41	1 788.98	1 884.54	1 682.39	1 777.95	1 873.52	1 969.08	10.60
	GEN FREQ Vento(max)	-	1 534.69	1 538.81	1 542.94	1 547.07	1 602.33	1 606.45	1 610.58	1 614.71	11.17
	GEN FREQ Termico(max)	-	1 553.46	1 544.11	1 534.76	1 525.41	1 625.24	1 615.89	1 606.54	1 597.19	8.97
	GEN FREQ Mobil(min)	-	1 703.84	1 612.78	1 521.72	1 430.65	1 706.27	1 615.20	1 524.14	1 433.07	0.97
	GEN FREQ Vento(min)	-	1 549.17	1 553.30	1 557.43	1 561.55	1 575.36	1 579.48	1 583.61	1 587.74	8.00
	GEN FREQ Termico(min)	-	1 570.84	1 561.49	1 552.14	1 542.79	1 592.88	1 583.53	1 574.18	1 564.83	2.76
SLE - RARE	GEN RARA Mobil(max)	-	1 602.40	1 829.66	2 056.92	2 284.18	1 678.60	1 905.86	2 133.12	2 360.38	20.62
	GEN RARA Vento(max)	-	1 519.52	1 682.47	1 845.41	2 008.35	1 590.09	1 753.03	1 915.98	2 078.92	35.97
	GEN RARA Frenam(max)	-	1 728.85	1 824.42	1 919.98	2 015.54	1 582.29	1 677.86	1 773.42	1 868.98	26.91
	GEN RARA Termico(max)	-	1 554.16	1 690.16	1 826.15	1 962.14	1 641.31	1 777.30	1 913.29	2 049.28	21.38
	GEN RARA Mobil(min)	-	1 794.33	1 662.73	1 531.13	1 399.53	1 766.43	1 634.82	1 503.22	1 371.62	26.48
	GEN RARA Vento(min)	-	1 628.41	1 604.73	1 581.04	1 557.36	1 608.58	1 584.90	1 561.21	1 537.53	39.29
	GEN RARA Frenam(min)	-	1 837.74	1 746.68	1 655.62	1 564.55	1 600.78	1 509.72	1 418.65	1 327.59	38.21
	GEN RARA Termico(min)	-	1 674.64	1 624.00	1 573.37	1 522.73	1 638.23	1 587.59	1 536.96	1 486.32	26.48
SLU - STR	GEN SLU Mobil(max)	-	2 195.06	2 506.51	2 817.95	3 129.40	2 312.12	2 623.56	2 935.01	3 246.46	34.30
	GEN SLU Vento(max)	-	2 076.52	2 305.19	2 533.85	2 762.51	2 187.14	2 415.81	2 644.47	2 873.14	55.72
	GEN SLU Frenam(max)	-	2 374.32	2 501.92	2 629.51	2 757.10	2 191.74	2 319.34	2 446.93	2 574.53	22.85
	GEN SLU Termico(max)	-	2 130.22	2 318.46	2 506.70	2 694.93	2 260.74	2 448.98	2 637.21	2 825.45	35.87
	GEN SLU Mobil(min)	-	2 451.57	2 278.56	2 105.54	1 932.53	2 435.52	2 262.51	2 089.49	1 916.48	35.39
	GEN SLU Vento(min)	-	2 220.92	2 197.64	2 174.36	2 151.07	2 216.95	2 193.67	2 170.39	2 147.11	56.31
	GEN SLU Frenam(min)	-	2 518.72	2 394.37	2 270.02	2 145.66	2 221.55	2 097.20	2 172.85	1 848.50	37.17
	GEN SLU Termico(min)	-	2 288.53	2 224.82	2 161.11	2 097.40	2 264.66	2 200.95	2 137.24	2 073.53	34.41
SLV	GEN SLV Long(max)	1	626.13	678.41	730.69	782.97	1 481.21	1 533.49	1 585.77	1 638.05	188.95
	GEN SLV Long(max)	2	604.84	657.12	709.40	761.68	1 459.93	1 512.21	1 564.49	1 616.77	188.95
	GEN SLV Long(max)	3	641.86	683.65	725.44	767.23	1 496.95	1 538.74	1 580.53	1 622.32	179.87
	GEN SLV Long(max)	4	620.58	662.37	704.16	745.95	1 475.66	1 517.45	1 559.24	1 601.03	179.87
	GEN SLV Trasv(max)	1	693.28	883.41	1 073.54	1 263.67	1 003.77	1 193.89	1 384.02	1 574.15	204.86
	GEN SLV Trasv(max)	2	672.00	862.13	1 052.26	1 242.38	982.48	1 172.61	1 362.74	1 552.87	204.86
	GEN SLV Trasv(max)	3	719.51	909.64	1 099.77	1 289.89	977.54	1 167.67	1 357.79	1 547.92	196.06
	GEN SLV Trasv(max)	4	698.23	888.36	1 078.48	1 268.61	956.26	1 146.38	1 336.51	1 526.64	196.06
	GEN SLV Vert(max)	1	945.16	999.92	1 054.67	1 109.43	1 263.77	1 318.53	1 373.29	1 428.05	93.08
	GEN SLV Vert(max)	2	960.89	1 005.16	1 049.43	1 093.70	1 279.51	1 323.78	1 368.04	1 412.31	70.20
	GEN SLV Vert(max)	3	971.38	1 026.14	1 080.90	1 135.66	1 237.54	1 292.30	1 347.06	1 401.82	69.41
	GEN SLV Vert(max)	4	987.12	1 031.39	1 075.66	1 119.92	1 253.28	1 297.55	1 341.82	1 386.08	32.89
	GEN SLV Long(min)	1	1 560.90	1 500.41	1 439.93	1 379.44	799.64	739.15	678.67	618.18	168.20
	GEN SLV Long(min)	2	1 539.62	1 479.13	1 418.64	1 358.16	778.36	717.87	657.38	596.90	168.20
	GEN SLV Long(min)	3	1 576.64	1 505.66	1 434.68	1 363.71	815.38	744.40	673.42	602.44	177.86
	GEN SLV Long(min)	4	1 555.35	1 484.38	1 413.40	1 342.42	794.09	723.12	652.14	581.16	177.86
	GEN SLV Trasv(min)	1	1 483.25	1 274.43	1 065.60	856.78	1 319.05	1 110.22	901.40	692.57	195.13
	GEN SLV Trasv(min)	2	1 461.97	1 253.14	1 044.32	835.49	1 297.76	1 088.94	880.12	671.29	195.13
	GEN SLV Trasv(min)	3	1 509.48	1 300.65	1 091.83	883.01	1 292.82	1 084.00	875.17	666.35	201.50
	GEN SLV Trasv(min)	4	1 488.20	1 279.37	1 070.55	861.72	1 271.54	1 062.71	853.89	645.06	201.50
	GEN SLV Vert(min)	1	1 194.36	1 131.39	1 068.43	1 005.46	1 022.02	959.06	896.09	833.13	25.60
	GEN SLV Vert(min)	2	1 210.10	1 136.64	1 063.18	989.73	1 037.76	964.30	890.85	817.39	66.22
	GEN SLV Vert(min)	3	1 220.59	1 157.62	1 094.66	1 031.69	995.80	932.83	869.87	806.90	59.18
	GEN SLV Vert(min)	4	1 236.32	1 162.87	1 089.41	1 015.96	1 011.53	938.08	864.62	791.16	85.04

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori massimi e minimi delle azioni agenti sui pali di fondazione (inviluppati per le due pile):

MASSIMI / MINIMI	N <sub>Sd,max</sub> [kN]	N <sub>Sd,min</sub> [kN]	V <sub>Sd</sub> [kN]
SLE - QUASI PERMANENTE	1 632.85	1 526.86	8.45
SLE - FREQUENTI	1 969.08	1 402.97	11.18
SLE - CARATTERISTICHE	2 360.38	1 286.89	39.29
SLU - STR	3 246.46	1 786.93	58.06
SLV	1 668.80	518.18	209.57

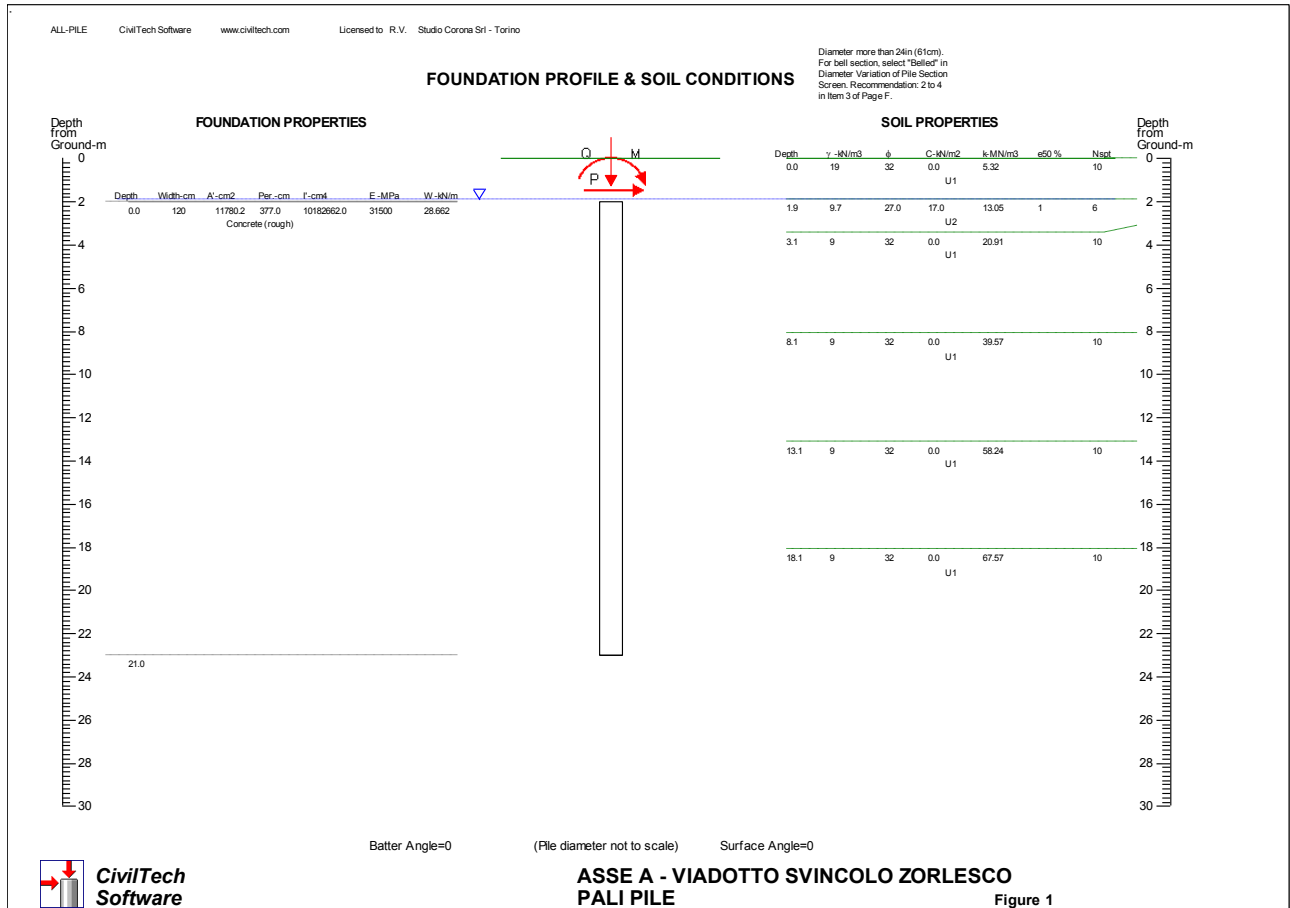
## 7.2 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PALO

Il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo viene effettuato mediante il programma di calcolo "Allpile", vers. 7.12, CivilTech Software, Bellevue, WA USA.

La testa del palo risulta a circa 2 m di profondità dal p.c.

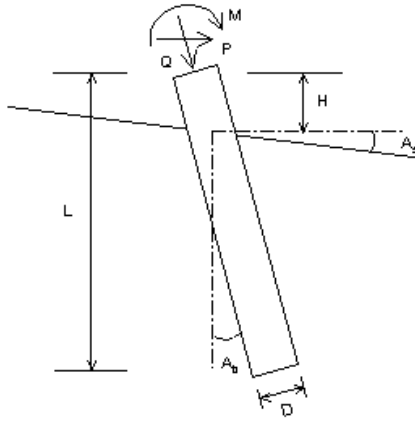
Seguono i diagrammi risultanti dalle analisi verticale e laterale del palo.

Si omettono i tabulati in quanto i risultati grafici del programma AllPile sono completamente esaustivi.



## VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



**Loads:**

Load Factor for Vertical Loads= 1.0  
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0  
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %  
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 3246.5 -kN  
 Shear Load, P= 209.6 -kN  
 Slope Restrain St= 0.00 -cm/-cm

**Profile:**

Pile Length, L= 21.0 -m  
 Top Height, H= -2 -m  
 Slope Angle, As= 0  
 Batter Angle, Ab= 0  
 Fixed Head Condition

Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

Soil Data:							Pile Data:						
Depth	Gamma	Phi	C	K	e50 or Dr	Nspt	Depth	Width	Area	Per.	I	E	Weight
-m	-kN/m3		-kN/m2	-MN/m3	%		-m	-cm	-cm2	-cm	-cm4	-MPa	-kN/m
0	19	32	0.0	5.32	60	10	0.0	120	11780.2	377.0	10182662.0	1500	28.662
1.9	9.7	27.0	17.0	13.05	1	6	21.0						
3.1	9	32	0.0	20.91	60	10							
8.1	9	32	0.0	39.57	60	10							
13.1	9	32	0.0	58.24	60	10							
18.1	9	32	0.0	67.57	60	10							

**Vertical capacity:**

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 368.66-kN \*Soil Weight is not included  
 Side Resistance (Down)= 3588.979-kN Side Resistance (Up)= 2081.644-kN  
 Tip Resistance (Down)= 3662.571-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN  
 Total Ultimate Capacity (Down)= 7251.550-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 2450.300-kN  
 Total Allowable Capacity (Down)= 3386.912-kN Total Allowable Capacity (Up)= 1359.915-kN  
 OK! Qallow > Q

**Settlement Calculation:**

At Q= 3246.50-kN Settlement= 0.71169-cm  
 At Xallow= 2.00-cm Qallow= 4619.42969-kN

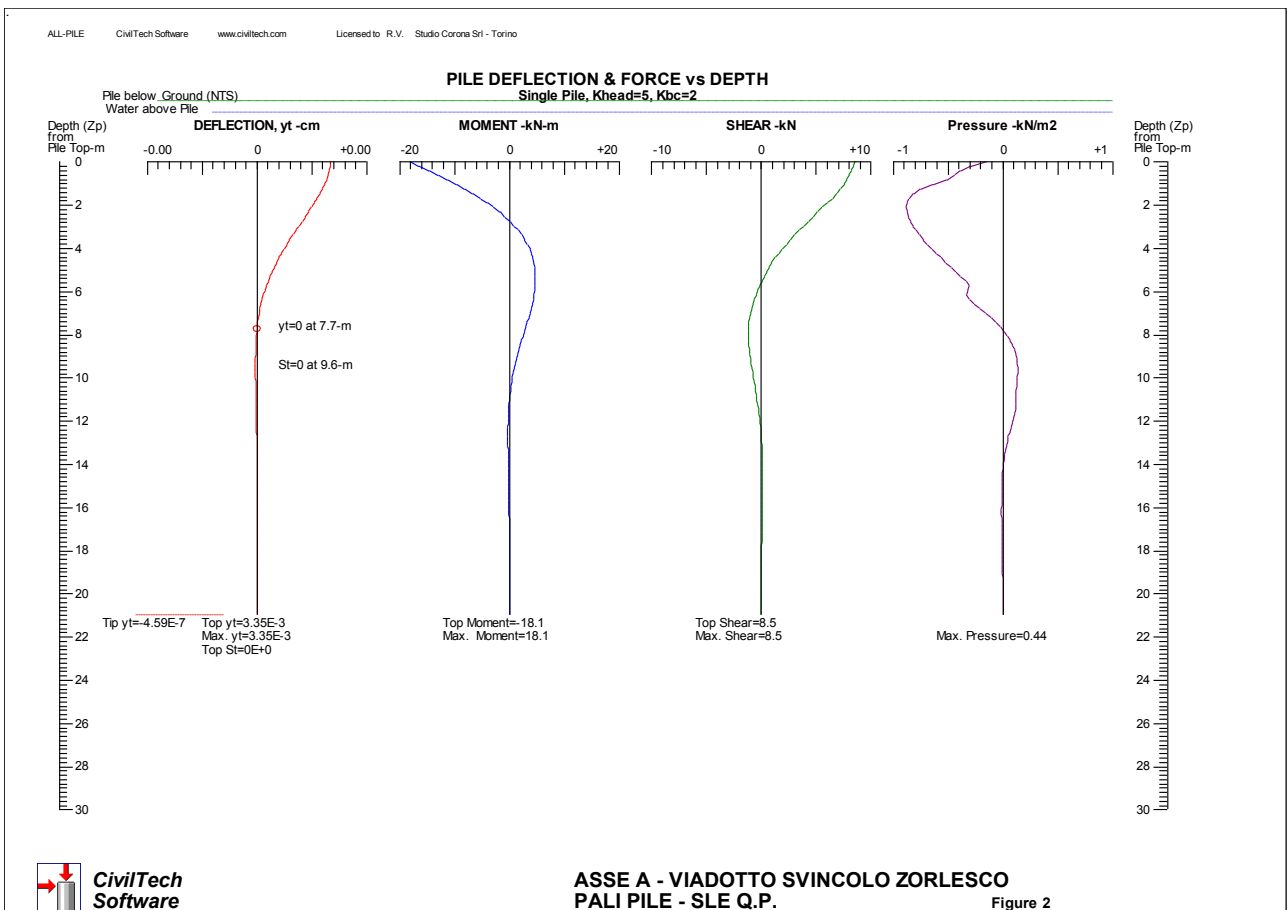
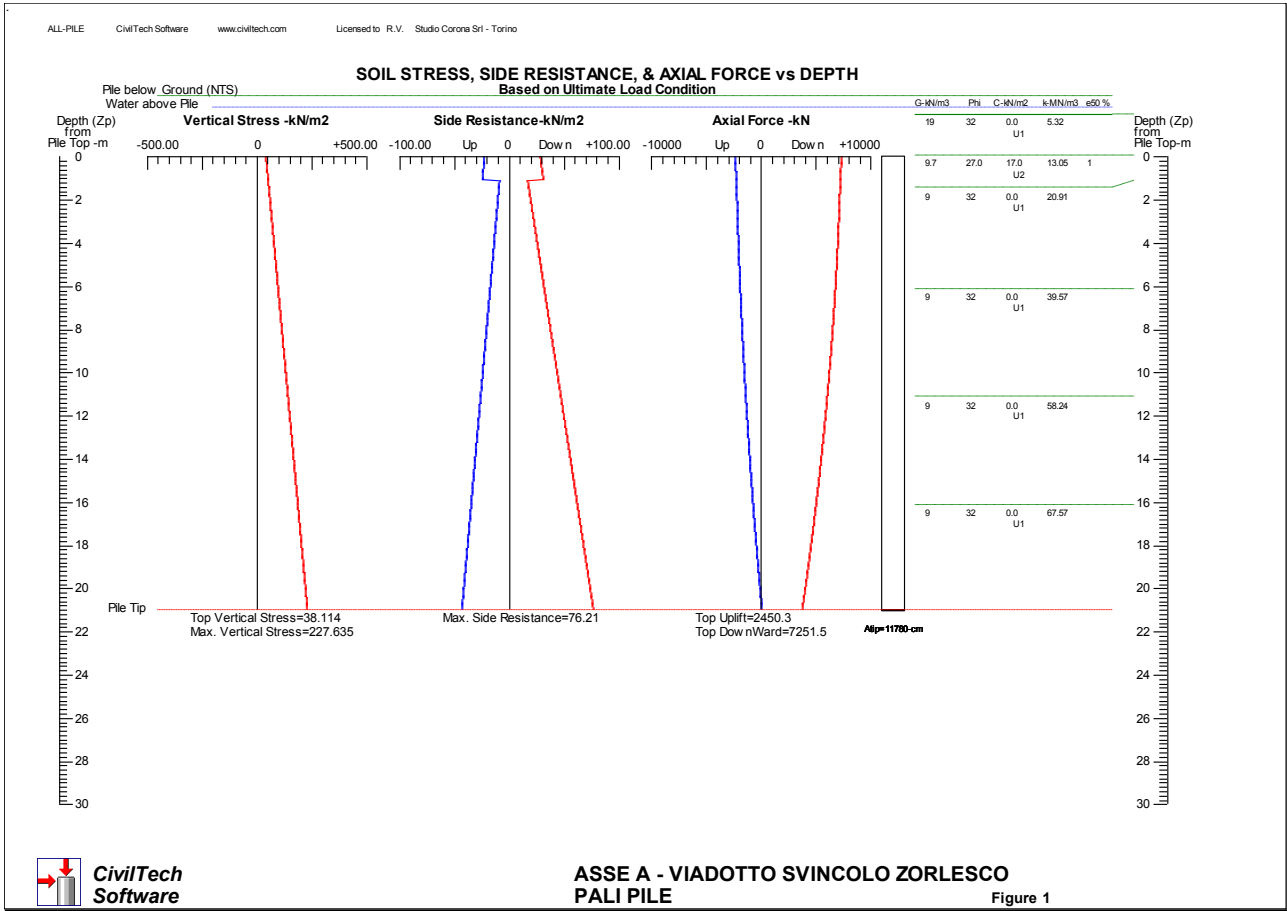
Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 99999.

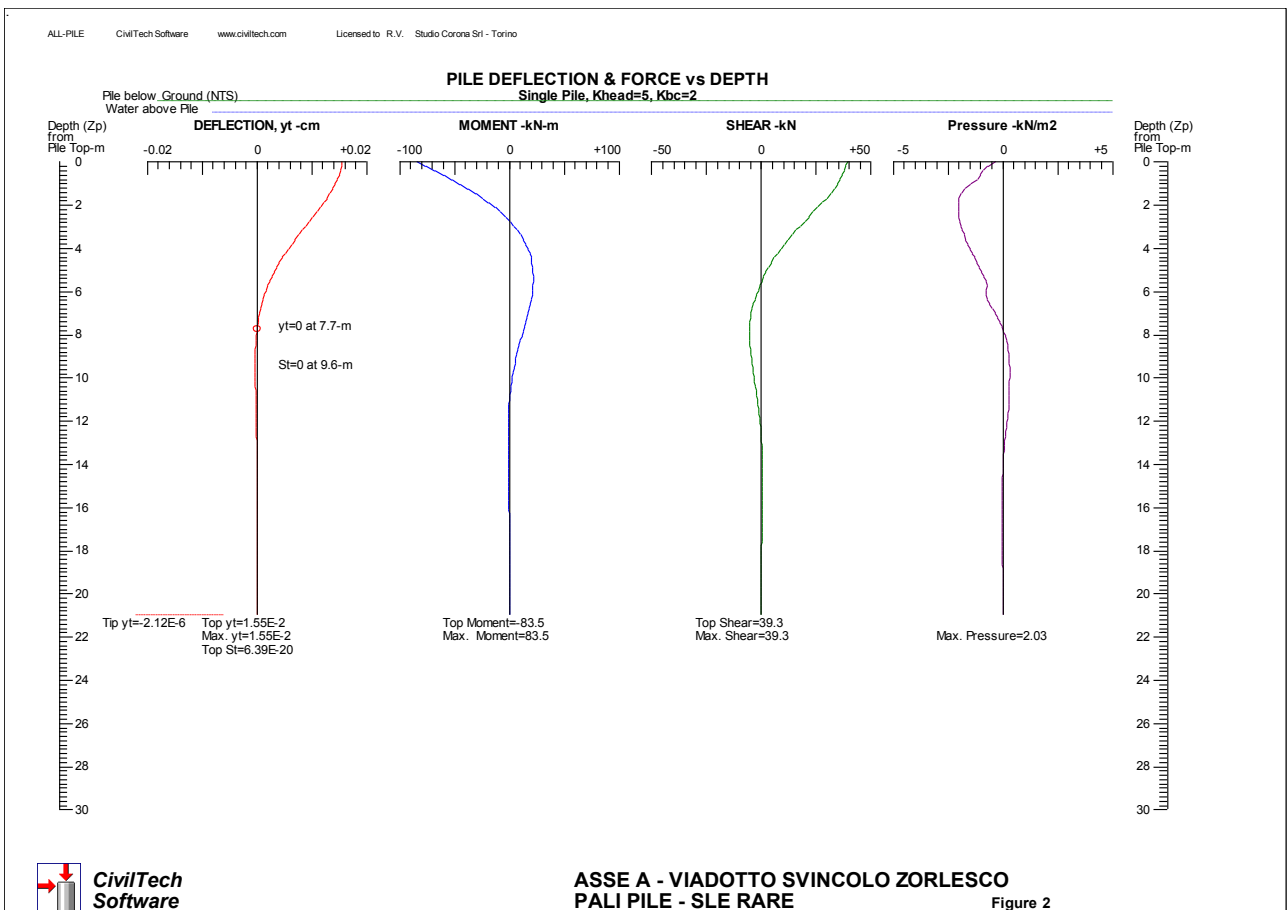
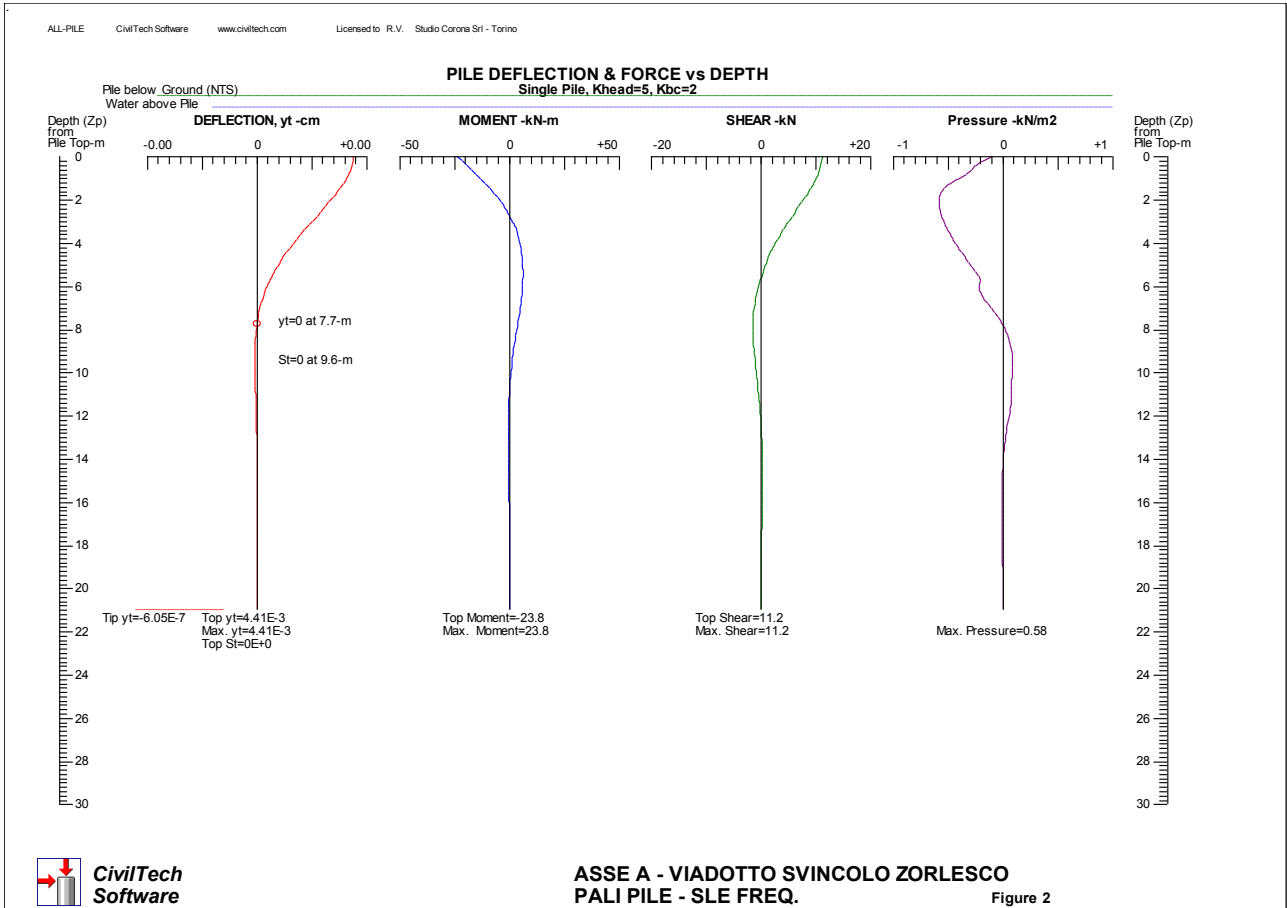


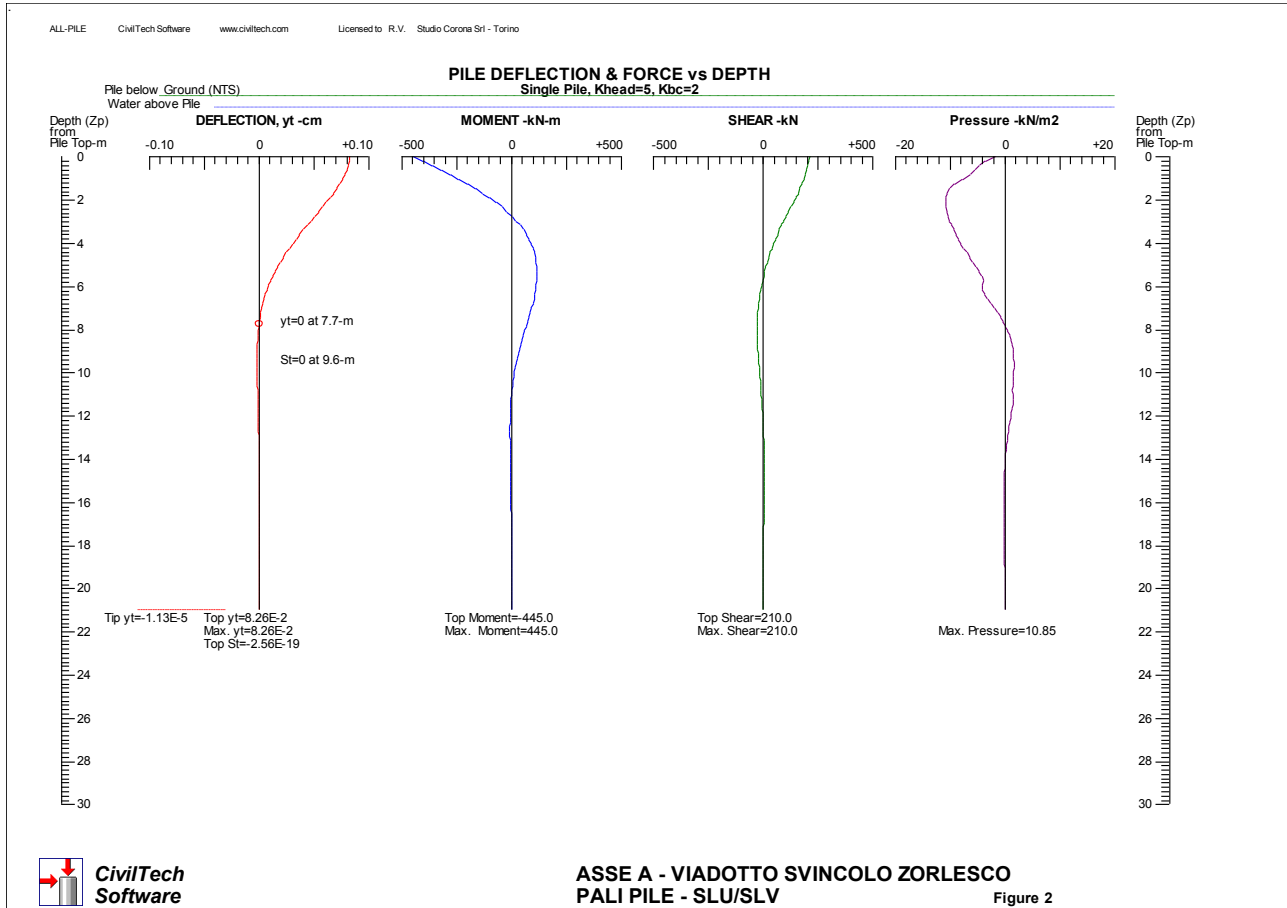
**CivilTech  
Software**

**ASSE A - VIADOTTO SVINCOLO ZORLESCO  
PALI PILE**









### 7.3 VERIFICA DEI PALI SOGGETTI A CARICO VERTICALE

La verifica viene svolta allo stato limite ultimo; in riferimento alle NTC 2008, si sceglie l'approccio 2, con le combinazioni A1/M1/R3 in cui si applicano i coefficienti parziali alle caratteristiche resistenti del palo:

- resistenza laterale in compressione:  $\gamma_s = 1.15$
- resistenza alla base:  $\gamma_b = 1.35$
- fattore di correlazione:  $\xi_4 = 1.70$

Si ottiene:

- Sforzo verticale di progetto:  $N_{sd} = 3247 \text{ kN}$
- Resistenza di progetto:  $R_{sd} = 3387 \text{ kN}$  ( $R_{sd} > N_{sd}$ )
- Cedimento verticale:  $DZ = 7.12 \text{ mm}$  (ammissibile)

### 7.4 PALI SOGGETTI A CARICO ORIZZONTALE - VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO

I coefficienti parziali (A1/M1/R3) risultano:

- resistenza laterale terreno:  $\gamma_t = 1.30$
- fattore di correlazione:  $\xi_4 = 1.70$

La resistenza di progetto del terreno si ottiene dalla formula:

$$R_{sd} = \alpha \frac{\lambda_p \times \sigma_v + 2 \times c' \times \sqrt{\lambda_p}}{\gamma_t \times \xi_3} \quad \text{in cui:}$$

$\alpha = 3$ : coefficiente correttivo per tener conto dell'effetto arco

$\lambda_p$ : coefficiente di spinta passiva

$\sigma_v$ : pressione geostatica efficace

$c'$ : coesione drenata

Segue il tabulato del calcolo svolto.

Il minimo coefficiente di sicurezza (resistenza / pressione) si ottiene a  $Z_p = 1.50$  m e vale:

$$R_{sd} / P_d = 293.8 / 10.1 = 29.1 \quad (>1: \text{verificato})$$

Zp - Depth from pile Top  
 yt - Pile top deflection  
 Moment - Internal moment in pile shaft  
 Shear - Internal shear force in pile shaft  
 Pressure - Soil-Pile interactive pressure (Arching is considered)  
 Slope - Deflection slope at pile top

Zp (m)	yt (cm)	Moment (kNm)	Shear (kN)	Pressure (kN/m <sup>2</sup> )	Slope	Terreno	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	C' (kN/m <sup>2</sup> )	Ap	ov (kN/m <sup>2</sup> )	R_Sd (kN/m <sup>2</sup> )	Verifica ? R/P > 1
0	0.08	-445	210	-1.8	0	U1	19	0	3.2546	38	167.884	93.27
0.2	0.08	-401	205.7	-3.6	-0.00001	U1	19	0	3.2546	41.8	184.673	51.30
0.4	0.08	-358	201.4	-4.8	-0.00004	U1	19	0	3.2546	45.6	201.461	41.97
0.6	0.08	-316	197	-5.5	-0.00006	U1	19	0	3.2546	49.4	218.250	39.68
0.9	0.08	-275	191.8	-6.3	-0.00009	U1	19	0	3.2546	55.1	243.432	38.64
1.1	0.08	-235	185	-7.8	-0.0001	U1	19	0	3.2546	58.9	260.221	33.36
1.3	0.07	-197	176.4	-9.3	-0.00012	U1	19	0	3.2546	62.7	277.009	29.79
1.5	0.07	-161	167	-10.1	-0.00013	U1	19	0	3.2546	66.5	293.798	29.09
1.7	0.07	-128	157.2	-10.6	-0.00014	U1	19	0	3.2546	70.3	310.586	29.30
1.9	0.06	-96.3	146.8	-10.8	-0.00015	U1	19	0	3.2546	74.1	327.374	30.31
2.1	0.06	-67.4	136	-10.8	-0.00016	U2	9.7	17	2.6629	77.9	356.908	33.05
2.3	0.06	-40.8	125	-10.8	-0.00016	U2	9.7	17	2.6629	79.84	363.921	33.70
2.5	0.05	-16.6	114.3	-10.6	-0.00016	U2	9.7	17	2.6629	81.78	370.934	34.99
2.8	0.05	5.3	103.8	-10.4	-0.00017	U2	9.7	17	2.6629	84.69	381.453	36.68
3	0.05	25	93.3	-10.1	-0.00017	U2	9.7	17	3.2546	86.63	465.996	46.14
3.2	0.04	42.4	83	-9.8	-0.00017	U1	9	0	3.2546	88.57	391.303	39.93
3.4	0.04	57.7	73	-9.4	-0.00016	U1	9	0	3.2546	90.37	399.255	42.47
3.6	0.04	71	63.5	-8.9	-0.00015	U1	9	0	3.2546	92.17	407.208	45.75
3.8	0.03	82.4	54.6	-8.5	-0.00016	U1	9	0	3.2546	93.97	415.160	48.84
4	0.03	91.9	46.1	-8	-0.00015	U1	9	0	3.2546	95.77	423.113	52.89
4.2	0.03	99.7	38.1	-7.4	-0.00014	U1	9	0	3.2546	97.57	431.065	58.25
4.4	0.02	106	30.4	-6.9	-0.00014	U1	9	0	3.2546	99.37	439.018	63.63
4.7	0.02	111	23.2	-6.3	-0.00012	U1	9	0	3.2546	102.07	450.946	71.58
4.9	0.02	114	16.7	-5.8	-0.00012	U1	9	0	3.2546	103.87	458.899	79.12
5.1	0.02	116	10.8	-5.2	-0.00011	U1	9	0	3.2546	105.67	466.851	89.78
5.3	0.01	117	5.5	-4.7	-0.0001	U1	9	0	3.2546	107.47	474.803	101.02
5.5	0.01	117	0.6	-4.1	-0.0001	U1	9	0	3.2546	109.27	482.756	117.75
5.7	0.01	116	-3.8	-3.9	-0.00009	U1	9	0	3.2546	111.07	490.708	125.82
5.9	0.01	114	-8	-4	-0.00008	U1	9	0	3.2546	112.87	498.661	124.67
6.2	0.01	112	-12.1	-4	-0.00008	U1	9	0	3.2546	115.57	510.589	127.65
6.4	0.01	108	-16.1	-3.7	-0.00007	U1	9	0	3.2546	117.37	518.542	140.15
6.6	0	104	-19.8	-3.1	-0.00006	U1	9	0	3.2546	119.17	526.494	169.84
6.8	0	98.7	-22.9	-2.5	-0.00005	U1	9	0	3.2546	120.97	534.447	213.78
7	0	93	-25.4	-1.9	-0.00005	U1	9	0	3.2546	122.77	542.399	285.47
7.2	0	87	-27.2	-1.3	-0.00004	U1	9	0	3.2546	124.57	550.351	423.35
7.4	0	80.7	-28.5	-0.7	-0.00004	U1	9	0	3.2546	126.37	558.304	797.58
7.6	0	74.3	-29.3	-0.2	-0.00003	U1	9	0	3.2546	128.17	566.256	2831.27
7.8	0	67.8	-29.7	0.2	-0.00002	U1	9	0	3.2546	129.97	574.209	2871.03
8.1	0	61.4	-29.6	0.5	-0.00002	U1	9	0	3.2546	132.67	586.137	1172.27
8.3	0	55.1	-29	0.8	-0.00002	U1	9	0	3.2546	134.47	594.090	742.61
8.5	0	49	-28.2	1.1	-0.00001	U1	9	0	3.2546	136.27	602.042	547.31
8.7	0	43.1	-27.1	1.3	-0.00001	U1	9	0	3.2546	138.07	609.995	469.23
8.9	0	37.6	-25.9	1.4	-0.00001	U1	9	0	3.2546	139.87	617.947	441.39
9.1	0	32.3	-24.5	1.6	0	U1	9	0	3.2546	141.67	625.899	391.19
9.3	0	27.4	-22.9	1.6	0	U1	9	0	3.2546	143.47	633.852	396.16
9.6	0	22.8	-21.3	1.7	0	U1	9	0	3.2546	146.17	645.780	379.87
9.8	0	18.7	-19.7	1.7	0	U1	9	0	3.2546	147.97	653.733	384.55
10	0	14.8	-18.1	1.6	0	U1	9	0	3.2546	149.77	661.685	413.55
10.2	0	11.4	-16.4	1.6	0	U1	9	0	3.2546	151.57	669.638	418.52
10.4	0	8.3	-14.8	1.5	0	U1	9	0	3.2546	153.37	677.590	451.73
10.6	0	5.5	-13.2	1.5	0.00001	U1	9	0	3.2546	155.17	685.542	457.03
10.8	0	3	-11.7	1.4	0.00001	U1	9	0	3.2546	156.97	693.495	495.35
11	0	0.9	-10.2	1.5	0.00001	U1	9	0	3.2546	158.77	701.447	467.63
11.2	0	-1	-8.7	1.5	0.00001	U1	9	0	3.2546	160.57	709.400	472.93
11.4	0	-2.5	-7.2	1.4	0.00001	U1	9	0	3.2546	162.37	717.352	512.39
11.7	0	-3.7	-5.8	1.3	0.00001	U1	9	0	3.2546	165.07	729.281	560.98
11.9	0	-4.6	-4.5	1.2	0.00001	U1	9	0	3.2546	166.87	737.233	614.36
12.1	0	-5.3	-3.3	1	0	U1	9	0	3.2546	168.67	745.186	745.18
12.3	0	-5.7	-2.2	0.9	0	U1	9	0	3.2546	170.47	753.138	836.82
12.5	0	-5.9	-1.3	0.8	0	U1	9	0	3.2546	172.27	761.090	951.36
12.7	0	-6	-0.5	0.6	0	U1	9	0	3.2546	174.07	769.043	1281.74
12.9	0	-5.9	0.1	0.5	0	U1	9	0	3.2546	175.87	776.995	1553.99
13.1	0	-5.7	0.6	0.4	0	U1	9	0	3.2546	177.67	784.948	1962.36
13.4	0	-5.4	1.1	0.3	0	U1	9	0	3.2546	180.37	796.876	2656.25
13.6	0	-5.1	1.4	0.2	0	U1	9	0	3.2546	182.17	804.829	4024.12
13.8	0	-4.7	1.6	0.1	0	U1	9	0	3.2546	183.97	812.781	8127.73
14	0	-4.3	1.8	0.1	0	U1	9	0	3.2546	185.77	820.734	8207.25
14.2	0	-3.9	1.9	0	0	U1	9	0	3.2546	187.57	828.686	9999.00
14.4	0	-3.5	1.9	0	0	U1	9	0	3.2546	189.37	836.638	9999.00
14.6	0	-3.1	1.9	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	191.17	844.591	8445.82
14.9	0	-2.7	1.8	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	193.87	856.519	8565.11
15.1	0	-2.3	1.8	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	195.67	864.472	8644.63
15.3	0	-1.9	1.7	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	197.47	872.424	8724.16
15.5	0	-1.6	1.6	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	199.27	880.377	8803.68
15.7	0	-1.3	1.4	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	201.07	888.329	8883.20
15.9	0	-1	1.3	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	202.87	896.281	8962.73
16.1	0	-0.7	1.2	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	204.67	904.234	9042.25
16.3	0	-0.5	1	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	206.47	912.186	9121.77
16.5	0	-0.4	0.9	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	208.27	920.139	9201.30
16.8	0	-0.2	0.7	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	210.97	932.067	9320.58
17	0	-0.1	0.6	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	212.77	940.020	9400.10
17.2	0	0	0.5	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	214.57	947.972	9479.63
17.4	0	0.1	0.4	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	216.37	955.925	9559.15
17.6	0	0.2	0.3	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	218.17	963.877	9638.67
17.8	0	0.2	0.2	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	219.97	971.829	9718.20
18	0	0.2	0.1	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	221.77	979.782	9797.72
18.2	0	0.2	0.1	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	223.57	987.734	9877.24
18.5	0	0.2	0	0	0	U1	9	0	3.2546	226.27	999.663	9999.00
18.7	0	0.2	0	0	0	U1	9	0	3.2546	228.07	1007.615	9999.00
18.9	0	0.2	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	229.87	1015.568	9999.00
19.1	0	0.2	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	231.67	1023.520	9999.00
19.3	0	0.2	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	233.47	1031.473	9999.00
19.5	0	0.1	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	235.27	1039.425	9999.00
19.7	0	0.1	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	237.07	1047.377	9999.00
19.9	0	0.1	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	238.87	1055.330	9999.00
20.1	0	0.1	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	240.67	1063.282	9999.00
20.4	0	0	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	243.37	1075.211	9999.00
20.6	0	0	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	245.17	1083.163	9999.00
20.8	0	0	0	0	0	U1	9	0	3.2546	246.97	1091.116	9999.00
21	0	0	0	0	0	U1	9	0	3.2546	248.77	1099.068	9999.00

## 7.5 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE PALO

- Cedimento verticale:  $DZ = 7.10 \text{ mm}$  ( $< 20 \text{ mm}$ : ammissibile)
- Deformazione orizzontale massima:  $DZ = 0.83 \text{ mm}$  ( $< 50 \text{ mm}$ : ammissibile)

## 7.6 VERIFICHE STRUTTURALI PALO

Si effettuano le verifiche a pressoflessione e taglio allo stato limite ultimo (verifiche di resistenza) e agli stati limite di esercizio (limitazione tensioni e fessurazione).

La sezione ha le seguenti caratteristiche:

- raggio:  $r = 60 \text{ cm}$
- armature long.:  $16 \text{ } \varnothing 24, r = 60 - 8 - 1.2 - 2.4/2 = 49.6 \text{ cm}$
- spirale:  $\varnothing 12, \text{ passo } 20 \text{ cm.}$

### 7.6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

#### 7.6.1.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 3247 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 445 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 2306 \text{ kN.m}$	→	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 210.0 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2851 \text{ kN}$	→	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

#### 7.6.1.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 518.2 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 445 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 1527 \text{ kN.m}$	→	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 210.0 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2272 \text{ kN}$	→	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

### 7.6.2 VERIFICHE TENSIONALI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI RARE

#### 7.6.2.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 2360 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 83.5 \text{ kN.m}$		
Tensione massima cls.:	$s_c = 2.34 \text{ N/mm}^2$	→	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = -23.17 \text{ N/mm}^2$	→	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

Nota: sezione interamente reagente

#### 7.6.2.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1287 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 83.5 \text{ kN.m}$		
Tensione massima cls.:	$s_c = 1.47 \text{ N/mm}^2$	→	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = -10.18 \text{ N/mm}^2$	→	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

Nota: sezione interamente reagente

### 7.6.3 VERIFICHE DI FESSURAZIONE

La sezione risulta interamente reagente per ogni combinazione di esercizio.

Si omettono le verifiche di fessurazione.

### 7.6.4 TABULATO DI CALCOLO

Segue tabulato di calcolo eseguito con il programma "RC-Sec", realizzato da GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC).

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: ZORLESCO PILE

Descrizione Sezione: VIADOTTO SVINCOLO ZORLESCO - PALI PILE  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertza  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica  
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C25/30  
 Resis. compr. di calcolo  $f_{cd}$  : 141.60 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta  $f_{cd}'$  : 70.80 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza  $ec_2$  : 0.0020  
 Def.unit. ultima  $ecu$  : 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale  $E_c$  : 314750 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione  $f_{ctm}$  : 25.60 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
     Sc Limite : 150.00 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : Non prevista

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam.  $f_{yk}$  : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura  $f_{tk}$  : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo  $f_{yd}$  : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo  $f_{td}$  : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo  $E_{pu}$  : 0.068  
 Modulo Elastico  $E_f$  : 2100000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1  
 Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30  
 Raggio circonferenza: 60.00 cm

Ascissa X centro circ.: 0.00 cm  
Ordinata Y centro circ.: 0.00 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre gen.  
Ycentro Ordinata del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre gen.  
Raggio Raggio in cm della circonferenza lungo cui sono disposte le barre gen.  
N.Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonfer.  
Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	Xcentro,cm	Ycentro,cm	Raggio,cm	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	0.00	0.00	49.60	16	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	324646	44500	0	21000	0
2	51818	44500	0	21000	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	236038	8350	0
2	128689	8350	0

RISULTATI DEL CALCOLO



Copriferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	
5.183	1	S	324646	44500	0	324649	230654	0
3.431	2	S	51818	44500	0	51800	152678	0

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)  
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X, Y, O sez.)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X, Y, O sez.)  
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X, Y, O sez.)  
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	
0.0 -49.6	1	0.00350	-0.00067	0.0	60.0	0.00266	0.0	49.6	-0.00539

2 0.00350 -0.00332 0.0 60.0 0.00212 0.0 49.6 -0.01104  
0.0 -49.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000081095	-0.001365684		
2	0.000000000	0.000132702	-0.004462112		

ARMATURE A TAGLIO

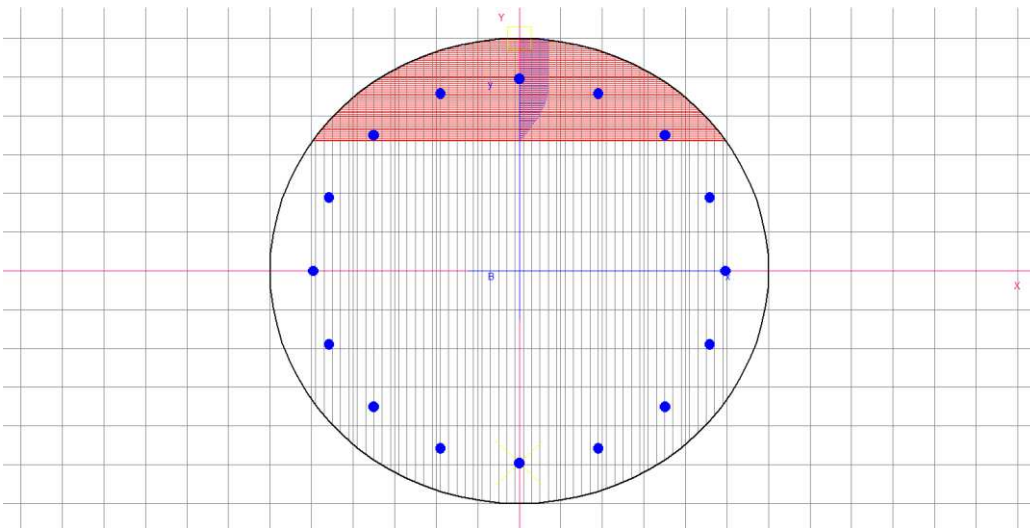
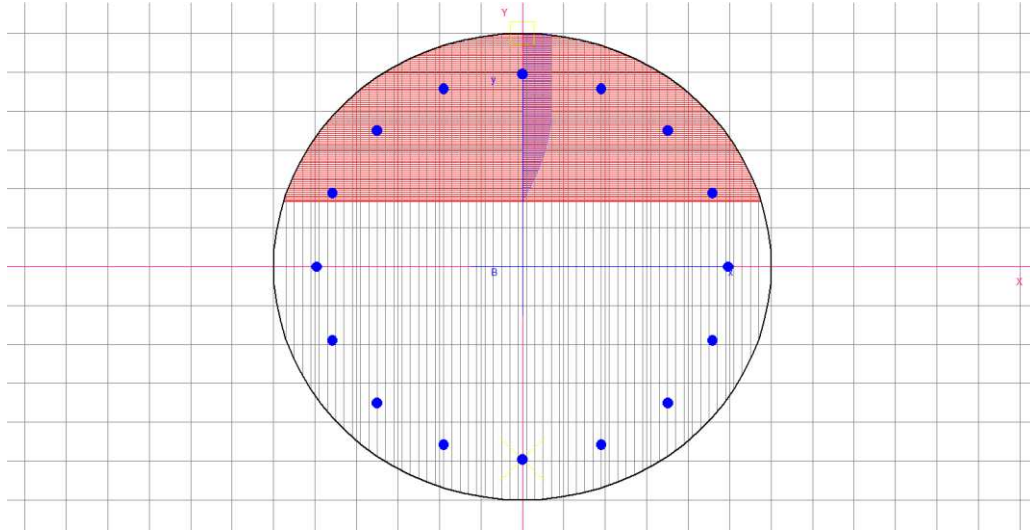
Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]  
N.Bracci staffe: 2

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso  
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe  
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A\_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
(Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A_Eff
---------	-----	------	-----	-----	------	----	------	-----	-----	-------

1	S	21000	285135	98014	98.4	109.6	21.80°	1.203	2.4
11.3(0.0)									
2	S	21000	227242	101878	102.3	97.9	21.80°	1.032	2.3
11.3(0.0)									



COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato
[daN/cm <sup>2</sup> ]	
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.
X, Y, O)	
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.
X, Y, O)	
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif.
X, Y, O)	
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif.
X, Y, O)	
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente
alle barre	
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm

K3                                      Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma  
 delle tensioni  
 Ap.fess.                                  Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.
K3	Ap.Fess.								
1	S	23.4	0.0	0.0	232	0.0	-49.6	2582	0
0.175	0.000								
2	S	14.7	0.0	0.0	102	0.0	-49.6	3029	0
0.186	0.000								

