



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI FOGGIA

AGROVOLTAICO "TORRETTA DI ZEZZA"

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse, della potenza elettrica di 76,73292 MW DC - 64,565 MW AC, con contestuale utilizzo del terreno ad attività agricole di qualità, apicoltura e attività sociali, da realizzare nel Comune di Foggia (FG) in località "Torretta di Zezza"

PROGETTO DEFINITIVO

Proponente dell'impianto FV:

SOLAR CENTURY FVGC 5 S.r.l.

Via Caradosso, 9 - 20123- Milano (MI)

PEC: sc-fvgc5@pec.it

del gruppo



Gruppo di progettazione:

Ing. Angela Cuonzo - studio di impatto ambientale

Ing. Salvatore Di Croce - progettazione generale, studi e indagini idrologiche e idrauliche

Dott.ssa Archeologa Paola Guacci - studi e indagini archeologiche

Dott. Geologo Baldassarre Franco La Tessa - studi e indagini geologiche, geotecniche e sismiche

Geom. Donato Lensi - progettazione generale e rilievi topografici

Ing. Giovanni Montanarella - progettazione generale e progettazione elettrica

Ing. Angelo Nicoletti - studi d'impatto acustico

Arch. Giuseppe Pulizzi - progettazione generale, coordinamento gruppo di lavoro

Ing. Giuseppe Sarcuno - studi d'impatto acustico

Dott. Arturo Urso - studi e progettazione agronomica

Proponente del progetto agronomico e Coordinatore generale e progettazione:



M2 ENERGIA S.r.l.

Via C. D'Ambrosio n. 6, 71016, San Severo (FG)

m2energia@gmail.com - m2energia@pec.it

+39 0882.600963 - 340.8533113

Elaborato redatto da:

Dr.geol. Baldassarre Franco LA TESSA

Ordine dei Geologi della Regione Puglia - n. 499

Spazio riservato agli uffici:

PD	Titolo elaborato: Relazione geotecnica				Codice elaborato PD02_02	
	N. progetto: FG0Fo01	N. commessa:	Codice pratica: US3DJQ7	Protocollo:	Scala: -	Formato di stampa: A4
Redatto il: 22/02/2021	Revis. 01 del: 04/04/2022	Revis. 02 del:	Verificato il:	Approvato il:	Nome_file o Identificatore: FG0Fo01_PD02_02_Relazione geotecnica	

Carico Limite e Cedimenti

OGGETTO: **Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse, della potenza elettrica di 76,73292 MW DC e 64,565 MW AC, sito nel Comune di Foggia (FG) in località "Torretta di Zezza".**

Proponete

**SOLAR CENTURY FVGC 5 S.r.l.,
Milano (MI)**

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare 7 del 21/01/2019 Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Richiami teorici

Determinazione della capacità portante

Il carico verticale che grava sul palo va confrontato con il valore di calcolo della resistenza verticale del palo stesso. Il problema che si pone, quindi, è quello di determinare la capacità portante del palo. Determinata la capacità portante, la resistenza di calcolo verticale del palo si ottiene applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portanza di base (o di punta) e portanza per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

Q_T	Portanza totale del palo;
Q_P	Portanza di base del palo;
Q_L	Portanza per attrito laterale del palo;
W_P	Peso proprio del palo.

Le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro. Risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico viene assorbita per attrito laterale e quanta per resistenza alla base.

Nel caso di pali soggetti a trazione la resistenza allo sfilamento vale:

$$Q_T = Q_L + W_P$$

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza rispettivamente γ_b e γ_s .

I coefficienti γ_b e γ_s rappresentano rispettivamente i valori del coefficiente di sicurezza per la portanza di punta e quello per la portanza laterale.

Quindi nel caso di pali compressi abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_P/\gamma_b + Q_L/\gamma_s - W_P$$

Nel caso invece di pali soggetti a sforzi di trazione abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_L/\gamma_s + W_P$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P (c N_c + q_b N_q)$$

dove A_P è l'area portante efficace della punta del palo, c è la coesione, q_b è la pressione del terreno alla quota della punta del palo ed i coefficienti N_c e N_q sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di profondità.

N_c ed N_q dipendono sia dalla geometria del palo che dalle caratteristiche del terreno angolo di attrito e coesione (ϕ e c).

In letteratura è possibile trovare diverse formule per il calcolo dei valori di N_c ed N_q .

Per pali in argilla in condizioni non drenate ($\phi=0$, $c=c_u$) si assume in genere per N_c il valore proposto da Skempton pari a 9 (valore in corrispondenza della punta del palo) mentre $N_q=1$. Diversi autori hanno proposto altri valori per il fattore N_c ma in generale le variazioni sono abbastanza contenute.

Diverso è il caso del fattore N_q per il quale diversi autori propongono dei valori spesso molto discordanti fra di loro.

In particolare da prove effettuati su pali realizzati in terreni non coesivi, si vede che la variazione della resistenza alla punta non cresce in modo lineare con la profondità, ma raggiunto un certo valore essa si mantiene pressochè costante. Questo fenomeno è stato spiegato da Vesic mettendo in conto un <<effetto arco>> che si manifesta nei dintorni del palo.

Un modo semplice per tener conto del fatto che la resistenza alla punta non può crescere indefinitamente è quello di considerare il diagramma delle pressioni verticali in corrispondenza del palo opportunamente modificato.

In particolare si assume che la pressione verticale σ_v cresca linearmente (pressione geostatica) fino ad una certa profondità z_c ($\sigma_v=\sigma_c$); superata tale profondità il valore della pressione verticale si mantiene costante e pari a σ_c : in pratica si assume un diagramma bilatero per l'andamento della pressione verticale in corrispondenza del palo.

Il valore di z_c (detta anche profondità critica) dipende dal diametro del palo, D , dalla tecnologia di realizzazione (palo infisso o trivellato) dall'angolo di attrito del terreno ϕ .

Nella determinazione di z_c il valore di ϕ da considerare è funzione del valore dell'angolo di attrito prima dell'installazione del palo, ϕ' , secondo le seguenti relazioni:

Per pali infissi $\phi = 3/4 \phi' + 10$

Per pali trivellati $\phi = \phi' - 3$

A parità di diametro influisce il grado di addensamento del terreno (densità relativa D_r) e la resistenza alla punta cresce con il crescere della densità.

Nella sezione successiva descriveremo le relazioni per la determinazione di N_c ed N_q .

Capacità portante per attrito laterale

La portanza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limiti:

$$Q_L = \text{Int}(\tau_a) dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb:

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \text{tg } \delta$$

dove c_a è l'adesione palo-terreno, δ è l'angolo di attrito palo-terreno, e σ_h è la tensione orizzontale alla generica profondità z . La tensione orizzontale σ_h è legata alla pressione verticale σ_v tramite il coefficiente di spinta K_s

$$\sigma_h = K_s \sigma_v$$

Indicando con C il perimetro e con L la lunghezza del palo abbiamo:

$$\text{Int}^L (C(c_a + K_s \sigma_v \text{tg } \delta) dz)$$

Analisi del palo soggetto a forze orizzontali (Portanza trasversale)

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto) mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidezze non eccessive rispetto al terreno di infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante di rigidezza elastica, K_h , espressa in $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$ che rappresenta la pressione (in Kg/cm^2) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm. La determinazione di questa costante può essere fatta o tramite prove di carico su piastra o mediante metodi analitici (convenzionali). La variazione della costante di Winkler con la profondità dipende dal tipo di terreno in cui il palo è immerso. Ad esempio nel caso di terreni coesivi in condizioni non drenate K_h assume un valore costante con la profondità mentre nel caso di terreni incoerenti la variazione di K_h è di tipo lineare (crescente con la profondità). In generale l'espressione di K_h assume una forma binomia del tipo:

$$K_h(z) = A + B z^n$$

Per l'analisi di pali caricati trasversalmente si utilizza il modello di Winkler. Il palo viene suddiviso in un determinato numero (100) di elementi tipo trave aventi area ed inerzia pari a quella della sezione trasversale del palo. In corrispondenza di ogni nodo di separazione fra i vari elementi viene inserita una molla orizzontale di opportuna rigidezza che schematizza il terreno. Il comportamento delle molle che schematizzano il terreno non è infinitamente elastico ma è di tipo elastoplastico. La singola molla reagisce fino ad un valore limite di spostamento o di reazione; una volta che è stato superato tale limite la molla non offre ulteriori incrementi di resistenza (diagramma tipo elastoplastico perfetto). Indicando con d_{ye} la lunghezza del tratto di influenza della molla, con D il diametro del palo la molla avrà una rigidezza pari a:

$$K_m = d_{ye} D K_k$$

La resistenza limite del terreno rappresenta il valore limite di resistenza che il terreno può esplicitare quando il palo è soggetto ad un carico orizzontale. La resistenza limite $p_u = p_u(z)$ dipende dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria del palo. In terreni puramente coesivi ($c=c_u$, $\phi=0$) la resistenza cresce dal valore 0 in sommità fino ad un valore limite in corrispondenza di una profondità pari a circa 3 diametri. Il valore limite in tal caso è variabile fra 8 e 12 c_u . Nel caso di terreni dotati di attrito e coesione la resistenza limite ad una generica profondità z è rappresentata dalla relazione (Brinch Hansen):

$$P_u = q K_{pq} + c K_{pc}$$

dove:

D diametro del palo

q pressione geostatica alla profondità z

c coesione alla profondità z

K_{pq} , K_{pc} coefficienti funzione dell'angolo di attrito del terreno ϕ e del rapporto z/D .

Broms ha eseguito l'analisi considerando il caso sia di palo vincolato in testa che di palo libero immerso in un mezzo omogeneo. Nel caso di terreni coesivi Broms assume in questo caso un diagramma di resistenza nullo fino ad una profondità pari a $1,5D$ e poi valore costante pari a $9c_u D$.

Nel caso di terreni incoerenti Broms assume che la resistenza laterale sia variabile con la profondità dal valore 0 (in testa) fino al valore $3\sigma_v K_p D$ (alla base) essendo K_p il coefficiente di resistenza passiva espresso da $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$.

Dati

Geometria della fondazione

Simbologia adottata

<i>Descr</i>	Descrizione del palo
<i>Frm</i>	Forma del palo ((C)=Costante, (R)=Rastremato)
<i>X</i>	Ascissa del baricentro del palo espressa in [m]
<i>Y</i>	Ordinata del baricentro del palo espressa in [m]
<i>D</i>	Diametro del palo espresso in [cm]
<i>L</i>	Lunghezza del palo espressa in [m]

Descr	Frm	X	Y	D	L
		[m]	[m]	[cm]	[m]
PALO A SEZIONE IPE	(C)	0,00	0,00	20,00	3,50

Materiali palo

Acciaio

Tipo	B450A	
Tensione caratteristica di snervamento	4588,65	[kg/cm ²]
Modulo elastico	2100000,00	[kg/cm ²]

Coefficienti di sicurezza sui materiali

Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza sezione	1.00

Caratteristiche pali

Pali in acciaio
 Armatura con ferri longitudinali e staffe
 Vincolo in testa di tipo CERNIERA
 Tipo di palo INFISSO
 Contributo sia della portanza laterale sia della portanza di punta

Descrizione terreni e falda

Simbologia adottata

<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
<i>c</i>	Coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
<i>ca</i>	Adesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
ϕ_{min}, ϕ_{med}	Angolo di attrito interno del terreno minimo e medio espresso in gradi
$\delta_{min}, \delta_{med}$	Angolo di attrito palo-terreno minimo e medio espresso in gradi
<i>c_{min}, c_{med}</i>	Coesione del terreno minima e media espressa in [kg/cm ²]
<i>ca_{min}, ca_{med}</i>	Adesione del terreno minima e media espressa in [kg/cm ²]

Parametri caratteristici

Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>ca</i>
	[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
Argille e sabbie	1800,0	1900,0	26,00	20,00	0,040	0,000
argilla	1900,0	2000,0	24,00	20,00	0,200	0,004

Parametri minimi

Descrizione	ϕ_{\min} [°]	δ_{\min} [°]	C_{\min} [kg/cm ²]	C_{\min} [kg/cm ²]
Argille e sabbie	20,00	18,00	0,008	0,000
argilla	30,00	20,00	0,100	0,005

Parametri medi

Descrizione	ϕ_{med} [°]	δ_{med} [°]	C_{med} [kg/cm ²]	C_{med} [kg/cm ²]
Argille e sabbie	26,00	20,00	0,040	0,000
argilla	30,00	20,00	0,200	0,040

Falda

Profondità dal piano di posa 3,00 [m]

Descrizione stratigrafia**Simbologia adottata**

<i>N</i>	Identificativo strato
<i>Z1</i>	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
<i>Z2</i>	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
<i>Z3</i>	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato
<i>Kw</i>	Costante di Winkler espressa in Kg/cm ² /cm
<i>Ks</i>	Coefficiente di spinta
<i>α</i>	Coefficiente di espansione laterale

n°	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno	Kw [kg/cm ² /cm]	Ks	α
1	-30,0	-30,0	-30,0	Argille e sabbie	2.20	0.50	1.00
2	-31,0	-32,0	-32,0	argilla	0.00	0.00	1.00

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{\text{tan}\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_{c}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{r}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaxiale delle rocce

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\text{tan}\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	γ_{c}	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ_{r}	1.00	1.00	1.00	1.00

PALI DI FONDAZIONECARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali γ_{R} per le verifiche dei pali**Pali infissi**

		R1	R2	R3
Punta	γ_{b}	1.00	1.45	1.15

		R1	R2	R3
Laterale compressione	γ_s	1.00	1.45	1.15
Totale compressione	γ_t	1.00	1.45	1.15
Laterale trazione	γ_{st}	1.00	1.60	1.25

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali γ_T per le verifiche dei pali.

		R1	R2	R3
	γ_T	1.00	1.60	1.30

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali
 Numero di verticali indagate 1 $\xi_3=1.70$ $\xi_4=1.70$

Condizioni di carico

Le condizioni di carico definite rappresentano le combinazioni di calcolo

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
 Momento positivo senso antiorario.
 fnd Indice della fondazione
 N_{TOT} Sforzo normale totale espressa in [kg]
 M_{YTOT} Momento in direzione Y espresso in [kgm]
 T_{TOT} Forza di taglio espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Condizione n° 1 - A1-M1-R3 - Sismica

Fondazione	N_{TOT} [kg]	M_{YTOT} [kgm]	T_{TOT} [kg]
PALO A SEZIONE IPE	1375,0	0,0	325,0

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - A1-M1-R3

Cond	γ	Ψ
Condizione n° 1	1.00	1.00

Opzioni di calcolo

Analisi in condizioni drenate

Verifica della portanza assiale

Il metodo utilizzato per il calcolo della portanza verticale è: Hansen.
 E' stato richiesto di correggere l'angolo di attrito in funzione del tipo di palo (Trivellato/Infisso).
 L'andamento della pressione verticale σ_v con la profondità, per il calcolo della portanza di punta, è stata definita come: Pressione geostatica.

Verifica della portanza trasversale

Costante di Winkler orizzontale definita da STRATO
 Criterio di rottura palo-terreno: Pressione limite (Pressione passiva con moltiplicatore = 3.00)

Cedimento verticale in testa ai pali

Per il calcolo dei cedimenti è stato utilizzato il metodo degli Elementi Finiti.
 Spostamento limite attrito laterale: 0,50 [cm]
 Spostamento limite punta: 1,00 [cm]

Risultati

Verifica della portanza assiale

Simbologia adottata

cmb Identificativo della combinazione
 Nc, Nq Fattori di capacità portante
 $N'c = f(Nc, sc, dc)$
 $N'q = f(Nq, sq, dq)$
 dove:
 sc, sq Fattori di forma
 dc, dq Fattori di profondità
 Pl_{min}, Pl_{med} Portanza laterale minima e media espressa in [kg]
 Pp_{min}, Pp_{med} Portanza di punta minima e media espressa in [kg]
 Pd Portanza di progetto espressa in [kg]
 N Scarico verticale in testa al palo espresso in [kg]
 η Coeff. di sicurezza per carichi verticali

cmb	Nc	Nq	N'c	N'q
1	38.64	26.09	103.92	36.73

cmb	Pl _{med}	Pp _{med}	Pl _{min}	Pp _{min}	Wp	Pd	N	η
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	1599	8056	1491	5055	78	3270	1375	2.378

Verifica della portanza trasversale

Simbologia adottata

cmb Identificativo della combinazione
 Td Taglio resistente di progetto in testa al palo, espresso in [kg]
 T Taglio agente in testa al palo, espresso in [kg]
 $\eta = Td/T$ Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali

cmb	Td	T	η
	[kg]	[kg]	
1	3783	325	11,641

Spostamenti e pressioni in esercizio

Simbologia adottata

Nr. Identificativo sezione palo
 Y ordinata palo espressa in [cm]
 Ue spostamento in esercizio espresso in [cm]
 Pe pressione in esercizio espressa in [kg/cm²]

Combinazione n° 1

n°	Y	Ue	Pe	n°	Y	Ue	Pe	n°	Y	Ue	Pe
	[m]	[cm]	[kg/cm ²]		[m]	[cm]	[kg/cm ²]		[m]	[cm]	[kg/cm ²]
1	0,00	0,1105	0,243	2	0,04	0,1078	0,237	3	0,07	0,1050	0,231
4	0,11	0,1022	0,225	5	0,14	0,0995	0,219	6	0,18	0,0967	0,213
7	0,21	0,0940	0,207	8	0,25	0,0913	0,201	9	0,28	0,0887	0,195
10	0,32	0,0860	0,189	11	0,35	0,0834	0,183	12	0,39	0,0808	0,178
13	0,42	0,0782	0,172	14	0,46	0,0757	0,166	15	0,49	0,0731	0,161
16	0,53	0,0707	0,155	17	0,56	0,0682	0,150	18	0,60	0,0658	0,145
19	0,63	0,0635	0,140	20	0,67	0,0611	0,135	21	0,70	0,0589	0,129
22	0,74	0,0566	0,125	23	0,77	0,0544	0,120	24	0,81	0,0522	0,115
25	0,84	0,0501	0,110	26	0,88	0,0480	0,106	27	0,91	0,0460	0,101
28	0,95	0,0440	0,097	29	0,98	0,0420	0,092	30	1,02	0,0401	0,088
31	1,05	0,0382	0,084	32	1,09	0,0364	0,080	33	1,12	0,0346	0,076
34	1,16	0,0328	0,072	35	1,19	0,0311	0,069	36	1,23	0,0295	0,065
37	1,26	0,0278	0,061	38	1,30	0,0263	0,058	39	1,33	0,0247	0,054
40	1,37	0,0232	0,051	41	1,40	0,0217	0,048	42	1,44	0,0203	0,045
43	1,47	0,0189	0,042	44	1,51	0,0176	0,039	45	1,54	0,0162	0,036
46	1,58	0,0150	0,033	47	1,61	0,0137	0,030	48	1,65	0,0125	0,028
49	1,68	0,0113	0,025	50	1,72	0,0102	0,022	51	1,75	0,0091	0,020
52	1,79	0,0080	0,018	53	1,82	0,0069	0,015	54	1,86	0,0059	0,013
55	1,89	0,0049	0,011	56	1,93	0,0039	0,009	57	1,96	0,0030	0,007
58	2,00	0,0021	0,005	59	2,03	0,0012	0,003	60	2,07	0,0003	0,001
61	2,10	-0,0005	-0,001	62	2,14	-0,0014	-0,003	63	2,17	-0,0022	-0,005
64	2,21	-0,0029	-0,006	65	2,24	-0,0037	-0,008	66	2,28	-0,0044	-0,010

n°	Y	Ue	Pe	n°	Y	Ue	Pe	n°	Y	Ue	Pe
	[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]
67	2,31	-0,0052	-0,011	68	2,35	-0,0059	-0,013	69	2,38	-0,0066	-0,014
70	2,42	-0,0072	-0,016	71	2,45	-0,0079	-0,017	72	2,49	-0,0085	-0,019
73	2,52	-0,0092	-0,020	74	2,56	-0,0098	-0,022	75	2,59	-0,0104	-0,023
76	2,63	-0,0110	-0,024	77	2,66	-0,0116	-0,025	78	2,70	-0,0122	-0,027
79	2,73	-0,0127	-0,028	80	2,77	-0,0133	-0,029	81	2,80	-0,0139	-0,030
82	2,84	-0,0144	-0,032	83	2,87	-0,0150	-0,033	84	2,91	-0,0155	-0,034
85	2,94	-0,0160	-0,035	86	2,98	-0,0166	-0,036	87	3,01	-0,0171	-0,038
88	3,05	-0,0176	-0,039	89	3,08	-0,0181	-0,040	90	3,12	-0,0187	-0,041
91	3,15	-0,0192	-0,042	92	3,19	-0,0197	-0,043	93	3,22	-0,0202	-0,044
94	3,26	-0,0207	-0,046	95	3,29	-0,0212	-0,047	96	3,33	-0,0217	-0,048
97	3,36	-0,0223	-0,049	98	3,40	-0,0228	-0,050	99	3,43	-0,0233	-0,051
100	3,47	-0,0238	-0,052	101	3,50	-0,0243	-0,053	102			

Spostamenti e pressioni limiti

Simbologia adottata

Nr. Identificativo sezione palo
 Y ordinata palo espressa in [cm]
 Ur spostamento limite espresso in [cm]
 Pr pressione limite espressa in [kg/cmq]

n°	Y	Ur	Pr	n°	Y	Ur	Pr	n°	Y	Ur	Pr
	[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]
1	0,00	9,7859	0,384	2	0,04	9,6199	0,432	3	0,07	9,4539	0,481
4	0,11	9,2881	0,529	5	0,14	9,1224	0,578	6	0,18	8,9569	0,626
7	0,21	8,7917	0,675	8	0,25	8,6268	0,723	9	0,28	8,4622	0,771
10	0,32	8,2981	0,820	11	0,35	8,1344	0,868	12	0,39	7,9712	0,917
13	0,42	7,8086	0,965	14	0,46	7,6466	1,013	15	0,49	7,4852	1,062
16	0,53	7,3245	1,110	17	0,56	7,1645	1,159	18	0,60	7,0054	1,207
19	0,63	6,8470	1,255	20	0,67	6,6895	1,304	21	0,70	6,5329	1,352
22	0,74	6,3772	1,401	23	0,77	6,2226	1,449	24	0,81	6,0689	1,497
25	0,84	5,9163	1,546	26	0,88	5,7648	1,594	27	0,91	5,6145	1,643
28	0,95	5,4652	1,691	29	0,98	5,3172	1,739	30	1,02	5,1704	1,788
31	1,05	5,0249	1,836	32	1,09	4,8806	1,885	33	1,12	4,7376	1,933
34	1,16	4,5960	1,981	35	1,19	4,4558	2,030	36	1,23	4,3169	2,078
37	1,26	4,1794	2,127	38	1,30	4,0433	2,175	39	1,33	3,9087	2,223
40	1,37	3,7755	2,272	41	1,40	3,6438	2,320	42	1,44	3,5136	2,369
43	1,47	3,3849	2,417	44	1,51	3,2577	2,465	45	1,54	3,1320	2,514
46	1,58	3,0078	2,562	47	1,61	2,8852	2,611	48	1,65	2,7640	2,659
49	1,68	2,6444	2,707	50	1,72	2,5264	2,756	51	1,75	2,4098	2,804
52	1,79	2,2948	2,853	53	1,82	2,1812	2,901	54	1,86	2,0692	2,950
55	1,89	1,9587	2,998	56	1,93	1,8496	3,046	57	1,96	1,7420	3,095
58	2,00	1,6358	3,143	59	2,03	1,5311	3,192	60	2,07	1,4277	3,141
61	2,10	1,3257	2,917	62	2,14	1,2251	2,695	63	2,17	1,1257	2,477
64	2,21	1,0277	2,261	65	2,24	0,9309	2,048	66	2,28	0,8352	1,837
67	2,31	0,7407	1,630	68	2,35	0,6474	1,424	69	2,38	0,5551	1,221
70	2,42	0,4639	1,021	71	2,45	0,3736	0,822	72	2,49	0,2843	0,626
73	2,52	0,1959	0,431	74	2,56	0,1084	0,238	75	2,59	0,0216	0,048
76	2,63	-0,0643	-0,142	77	2,66	-0,1496	-0,329	78	2,70	-0,2342	-0,515
79	2,73	-0,3181	-0,700	80	2,77	-0,4015	-0,883	81	2,80	-0,4843	-1,066
82	2,84	-0,5667	-1,247	83	2,87	-0,6485	-1,427	84	2,91	-0,7300	-1,606
85	2,94	-0,8111	-1,785	86	2,98	-0,8919	-1,962	87	3,01	-0,9724	-2,139
88	3,05	-1,0527	-2,316	89	3,08	-1,1327	-2,492	90	3,12	-1,2125	-2,668
91	3,15	-1,2922	-2,843	92	3,19	-1,3718	-3,018	93	3,22	-1,4513	-3,193
94	3,26	-1,5307	-3,368	95	3,29	-1,6101	-3,542	96	3,33	-1,6894	-3,717
97	3,36	-1,7688	-3,891	98	3,40	-1,8482	-4,066	99	3,43	-1,9275	-4,241
100	3,47	-2,0070	-4,415	101	3,50	-2,0864	-4,590	102			

Sollecitazioni in esercizio

Simbologia adottata

Nr. Identificativo sezione
 Y ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso (in [m])
 N sforzo normale espresso in [kg]
 T taglio espresso in [kg]
 M momento espresso in [kgm]

Combinazione n° 1

n°	Y	M	T	N	n°	Y	M	T	N
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
1	0,00	0,00	325,00	1375,00	2	0,00	-11,08	299,89	1375,76
3	0,07	-21,57	283,72	1376,47	4	0,07	-31,50	267,98	1377,13
5	0,14	-40,88	252,66	1377,74	6	0,14	-49,73	237,76	1378,30
7	0,21	-58,05	223,28	1378,82	8	0,21	-65,86	209,21	1379,29
9	0,28	-73,18	195,56	1379,70	10	0,28	-80,03	182,32	1380,07
11	0,35	-86,41	169,48	1380,39	12	0,35	-92,34	157,04	1380,67
13	0,42	-97,84	145,00	1380,89	14	0,42	-102,91	133,35	1381,06
15	0,49	-107,58	122,08	1381,19	16	0,49	-111,85	111,20	1381,27
17	0,56	-115,75	100,69	1381,30	18	0,56	-119,27	90,55	1381,28
19	0,63	-122,44	80,78	1381,21	20	0,63	-125,27	71,36	1381,09
21	0,70	-127,76	62,30	1380,93	22	0,70	-129,94	53,58	1380,71
23	0,77	-131,82	45,21	1380,45	24	0,77	-133,40	37,16	1380,14
25	0,84	-134,70	29,45	1379,78	26	0,84	-135,73	22,05	1379,37
27	0,91	-136,51	14,97	1378,91	28	0,91	-137,03	8,20	1378,40
29	0,98	-137,32	1,73	1377,85	30	0,98	-137,38	-4,45	1377,25
31	1,05	-137,22	-10,33	1376,59	32	1,05	-136,86	-15,94	1375,89
33	1,12	-136,30	-21,26	1375,15	34	1,12	-135,56	-26,32	1374,35
35	1,19	-134,64	-31,12	1373,50	36	1,19	-133,55	-35,66	1372,61
37	1,26	-132,30	-39,95	1371,66	38	1,26	-130,90	-43,99	1370,67
39	1,33	-129,36	-47,80	1369,63	40	1,33	-127,69	-51,37	1368,54
41	1,40	-125,89	-54,72	1367,40	42	1,40	-123,98	-57,85	1366,22
43	1,47	-121,95	-60,76	1364,98	44	1,47	-119,82	-63,47	1363,70
45	1,54	-117,60	-65,97	1362,36	46	1,54	-115,29	-68,28	1360,98
47	1,61	-112,90	-70,39	1359,55	48	1,61	-110,44	-72,31	1358,07
49	1,68	-107,91	-74,06	1356,55	50	1,68	-105,32	-75,62	1354,97
51	1,75	-102,67	-77,02	1353,35	52	1,75	-99,97	-78,25	1351,67
53	1,82	-97,24	-79,31	1349,95	54	1,82	-94,46	-80,22	1348,18
55	1,89	-91,65	-80,98	1346,36	56	1,89	-88,82	-81,58	1344,50
57	1,96	-85,96	-82,04	1342,58	58	1,96	-83,09	-82,36	1340,62
59	2,03	-80,21	-82,54	1338,60	60	2,03	-77,32	-82,59	1336,54
61	2,10	-74,43	-82,51	1334,43	62	2,10	-71,54	-82,30	1332,27
63	2,17	-68,66	-81,97	1330,06	64	2,17	-65,79	-81,52	1327,81
65	2,24	-62,94	-80,95	1325,50	66	2,24	-60,11	-80,26	1323,15
67	2,31	-57,30	-79,47	1320,75	68	2,31	-54,52	-78,57	1318,29
69	2,38	-51,77	-77,56	1315,80	70	2,38	-49,05	-76,44	1313,25
71	2,45	-46,38	-75,23	1310,65	72	2,45	-43,74	-73,91	1308,01
73	2,52	-41,16	-72,50	1305,31	74	2,52	-38,62	-70,99	1302,57
75	2,59	-36,13	-69,39	1299,78	76	2,59	-33,70	-67,70	1296,94
77	2,66	-31,34	-65,91	1294,05	78	2,66	-29,03	-64,04	1291,11
79	2,73	-26,79	-62,08	1288,13	80	2,73	-24,61	-60,03	1285,09
81	2,80	-22,51	-57,89	1282,01	82	2,80	-20,49	-55,67	1278,88
83	2,87	-18,54	-53,37	1275,70	84	2,87	-16,67	-50,98	1272,47
85	2,94	-14,89	-48,51	1269,19	86	2,94	-13,19	-45,96	1265,86
87	3,01	-11,58	-43,33	1262,49	88	3,01	-10,06	-40,62	1259,09
89	3,08	-8,64	-37,83	1255,66	90	3,08	-7,32	-34,95	1252,21
91	3,15	-6,09	-32,00	1248,73	92	3,15	-4,97	-28,97	1245,23
93	3,22	-3,96	-25,86	1241,70	94	3,22	-3,05	-22,67	1238,15
95	3,29	-2,26	-19,40	1234,58	96	3,29	-1,58	-16,05	1230,98
97	3,36	-1,02	-12,63	1227,36	98	3,36	-0,58	-9,12	1223,71
99	3,43	-0,26	-5,54	1220,04	100	3,43	-0,07	-1,87	1216,34
101	3,50	0,00	-1,87	1212,62	102				

Sollecitazioni limiti

Simbologia adottata

Nr.	Identificativo sezione
Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso (in [m])
Nr	sforzio normale espresso in [kg]
Tr	taglio espresso in [kg]
Mr	momento espresso in [kgm]

n°	Y	Mr	Tr	Nr	n°	Y	Mr	Tr	Nr
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
1	0,00	0,00	4918,22	9303,85	2	0,00	0,00	4918,22	9303,85
3	0,07	-342,27	4840,84	9303,10	4	0,07	-342,27	4840,84	9303,10
5	0,14	-679,84	4763,35	9301,33	6	0,14	-679,84	4763,35	9301,33
7	0,21	-1011,74	4672,31	9298,56	8	0,21	-1011,74	4672,31	9298,56
9	0,28	-1337,03	4567,71	9294,78	10	0,28	-1337,03	4567,71	9294,78
11	0,35	-1654,76	4449,56	9289,99	12	0,35	-1654,76	4449,56	9289,99
13	0,42	-1963,98	4317,86	9284,19	14	0,42	-1963,98	4317,86	9284,19
15	0,49	-2263,75	4172,61	9277,38	16	0,49	-2263,75	4172,61	9277,38
17	0,56	-2553,11	4013,80	9269,56	18	0,56	-2553,11	4013,80	9269,56
19	0,63	-2831,12	3841,44	9260,74	20	0,63	-2831,12	3841,44	9260,74
21	0,70	-3096,83	3655,52	9250,91	22	0,70	-3096,83	3655,52	9250,91

n°	Y	Mr	Tr	Nr	n°	Y	Mr	Tr	Nr
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
23	0,77	-3349,28	3456,05	9240,06	24	0,77	-3349,28	3456,05	9240,06
25	0,84	-3587,54	3243,03	9228,21	26	0,84	-3587,54	3243,03	9228,21
27	0,91	-3810,65	3016,46	9215,35	28	0,91	-3810,65	3016,46	9215,35
29	0,98	-4017,66	2776,33	9201,49	30	0,98	-4017,66	2776,33	9201,49
31	1,05	-4207,62	2522,65	9186,61	32	1,05	-4207,62	2522,65	9186,61
33	1,12	-4379,59	2255,42	9170,73	34	1,12	-4379,59	2255,42	9170,73
35	1,19	-4532,61	1974,63	9153,84	36	1,19	-4532,61	1974,63	9153,84
37	1,26	-4665,74	1680,29	9135,93	38	1,26	-4665,74	1680,29	9135,93
39	1,33	-4778,04	1372,40	9117,02	40	1,33	-4778,04	1372,40	9117,02
41	1,40	-4868,54	1050,95	9097,11	42	1,40	-4868,54	1050,95	9097,11
43	1,47	-4936,30	715,95	9076,18	44	1,47	-4936,30	715,95	9076,18
45	1,54	-4980,38	367,40	9054,24	46	1,54	-4980,38	367,40	9054,24
47	1,61	-4999,82	5,22	9031,30	48	1,61	-4999,82	5,22	9031,30
49	1,68	-4993,67	-370,37	9007,35	50	1,68	-4993,67	-370,37	9007,35
51	1,75	-4961,00	-759,58	8982,39	52	1,75	-4961,00	-759,58	8982,39
53	1,82	-4900,84	-1162,35	8956,42	54	1,82	-4900,84	-1162,35	8956,42
55	1,89	-4812,24	-1578,67	8929,44	56	1,89	-4812,24	-1578,67	8929,44
57	1,96	-4694,27	-2008,54	8901,45	58	1,96	-4694,27	-2008,54	8901,45
59	2,03	-4545,98	-2451,96	8872,46	60	2,03	-4545,98	-2451,96	8872,46
61	2,10	-4366,64	-2876,00	8842,45	62	2,10	-4366,64	-2876,00	8842,45
63	2,17	-4158,72	-3238,02	8811,44	64	2,17	-4158,72	-3238,02	8811,44
65	2,24	-3926,52	-3539,64	8779,42	66	2,24	-3926,52	-3539,64	8779,42
67	2,31	-3674,24	-3782,34	8746,39	68	2,31	-3674,24	-3782,34	8746,39
69	2,38	-3405,99	-3967,53	8712,36	70	2,38	-3405,99	-3967,53	8712,36
71	2,45	-3125,76	-4096,50	8677,31	72	2,45	-3125,76	-4096,50	8677,31
73	2,52	-2837,48	-4170,46	8641,26	74	2,52	-2837,48	-4170,46	8641,26
75	2,59	-2544,96	-4190,48	8604,19	76	2,59	-2544,96	-4190,48	8604,19
77	2,66	-2251,97	-4157,54	8566,12	78	2,66	-2251,97	-4157,54	8566,12
79	2,73	-1962,21	-4072,49	8527,04	80	2,73	-1962,21	-4072,49	8527,04
81	2,80	-1679,30	-3936,07	8486,95	82	2,80	-1679,30	-3936,07	8486,95
83	2,87	-1406,83	-3748,93	8445,85	84	2,87	-1406,83	-3748,93	8445,85
85	2,94	-1148,33	-3511,59	8403,75	86	2,94	-1148,33	-3511,59	8403,75
87	3,01	-907,33	-3224,48	8360,67	88	3,01	-907,33	-3224,48	8360,67
89	3,08	-687,29	-2887,93	8317,00	90	3,08	-687,29	-2887,93	8317,00
91	3,15	-491,67	-2502,20	8272,82	92	3,15	-491,67	-2502,20	8272,82
93	3,22	-323,91	-2067,44	8228,14	94	3,22	-323,91	-2067,44	8228,14
95	3,29	-187,44	-1583,75	8182,96	96	3,29	-187,44	-1583,75	8182,96
97	3,36	-85,68	-1051,19	8137,27	98	3,36	-85,68	-1051,19	8137,27
99	3,43	-22,06	-469,73	8091,07	100	3,43	-22,06	-469,73	8091,07
101	3,50	0,00	-160,65	0,00	102				

Diagramma Carico-Cedimento verticale

Simbologia adottata

N Carico sul palo espressa in [kg]
w Cedimento del palo espresso in [cm]

n°	N	w									
	[kg]	[cm]									
1	987	0,098	2	2432	0,243	3	4599	0,459	4	7234	0,783
5	9304	1,081	6			7			8		

Diagramma Carico-Cedimento orizzontale

Simbologia adottata

N Carico sul palo espressa in [kg]
u Cedimento del palo espresso in [cm]

n°	N	u									
	[kg]	[cm]									
1	325	0,111	2	325	0,111	3	326	0,111	4	328	0,112
5	337	0,115	6	372	0,127	7	437	0,149	8	502	0,171
9	566	0,193	10	628	0,216	11	691	0,239	12	753	0,263
13	815	0,289	14	878	0,315	15	940	0,343	16	1002	0,372
17	1065	0,402	18	1127	0,434	19	1189	0,466	20	1252	0,501
21	1314	0,536	22	1377	0,574	23	1439	0,612	24	1501	0,653
25	1564	0,695	26	1626	0,739	27	1689	0,784	28	1751	0,832
29	1813	0,881	30	1876	0,933	31	1938	0,986	32	2001	1,042
33	2063	1,100	34	2125	1,160	35	2188	1,223	36	2251	1,289
37	2313	1,357	38	2375	1,427	39	2438	1,501	40	2501	1,578
41	2563	1,657	42	2626	1,740	43	2688	1,826	44	2750	1,915
45	2813	2,009	46	2875	2,106	47	2938	2,206	48	2999	2,311

n°	N	u									
	[kg]	[cm]									
49	3061	2,419	50	3123	2,531	51	3184	2,648	52	3245	2,769
53	3298	2,877	54	3343	2,973	55	3382	3,058	56	3416	3,134
57	3453	3,219	58	3488	3,301	59	3550	3,452	60	3612	3,611
61	3666	3,755	62	3707	3,866	63	3733	3,940	64	3748	3,983
65	3756	4,007	66	3790	4,103	67	3851	4,291	68	3913	4,489
69	3962	4,649	70	3991	4,749	71	4006	4,802	72	4038	4,915
73	4089	5,101	74	4151	5,338	75	4204	5,554	76	4237	5,692
77	4253	5,762	78	4261	5,796	79	4293	5,935	80	4354	6,217
81	4416	6,515	82	4456	6,723	83	4476	6,827	84	4486	6,879
85	4524	7,088	86	4587	7,444	87	4648	7,815	88	4686	8,059
89	4705	8,180	90	4714	8,241	91	4718	8,272	92	4736	8,393
93	4798	8,834	94	4859	9,297	95	4895	9,592	96	4913	9,739
97	4913	9,740	98	4913	9,740	99	4913	9,740	100	4913	9,741
101	4913	9,745	102	4915	9,761	103	4915	9,761	104	4915	9,761
105	4915	9,761	106	4915	9,762	107	4916	9,765	108	4917	9,777
109	4917	9,777	110	4917	9,778	111	4917	9,778	112	4917	9,778
113	4918	9,780	114	4918	9,780	115	4918	9,780	116	4918	9,780
117	4918	9,780	118	4918	9,781	119	4918	9,783	120	4918	9,783
121	4918	9,783	122	4918	9,783	123	4918	9,783	124	4918	9,783
125	4918	9,785	126	4918	9,785	127	4918	9,785	128	4918	9,785
129	4918	9,785	130	4918	9,785	131	4918	9,785	132	4918	9,785
133	4918	9,785	134	4918	9,785	135	4918	9,785	136	4918	9,785
137	4918	9,785	138	4918	9,785	139	4918	9,786	140	4918	9,786
141	4918	9,786	142	4918	9,786	143	4918	9,786	144	4918	9,786
145	4918	9,786	146	4918	9,786	147	4918	9,786	148	4918	9,786
149	4918	9,786	150			151			152		

Descrizione armature

La verifica delle sezioni è stata effettuata con il metodo degli stati limite ultimi.

Verifica armature pali

Simbologia adottata

Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso espressa in [m]
CS	coefficiente di sicurezza
M	momento agente, espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente, espresso in [kg]
Mu	momento ultimo, espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo, espresso in [kg]
T	taglio agente, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]

Verifiche a presso-flessione

Combinazione n° 1

Y	M _u	N _u	T _u	CS
[m]	[kgm]	[kg]	[kg]	
0,00	5000	0	230370	100,00
0,04	5000	0	230370	451,38
0,07	5000	0	230370	231,77
0,11	5000	0	230370	158,71
0,14	5000	0	230370	122,30
0,18	5000	0	230370	100,55
0,21	5000	0	230370	86,14
0,25	5000	0	230370	75,92
0,28	5000	0	230370	68,32
0,32	5000	0	230370	62,48
0,35	5000	0	230370	57,86
0,39	5000	0	230370	54,15
0,42	5000	0	230370	51,10
0,46	5000	0	230370	48,58
0,49	5000	0	230370	46,48
0,53	5000	0	230370	44,70
0,56	5000	0	230370	43,20
0,60	5000	0	230370	41,92
0,63	5000	0	230370	40,84
0,67	5000	0	230370	39,91
0,70	5000	0	230370	39,13
0,74	5000	0	230370	38,48

Y	M_u	N_u	T_u	CS
[m]	[kgm]	[kg]	[kg]	
0,77	5000	0	230370	37,93
0,81	5000	0	230370	37,48
0,84	5000	0	230370	37,12
0,88	5000	0	230370	36,84
0,91	5000	0	230370	36,63
0,95	5000	0	230370	36,49
0,98	5000	0	230370	36,41
1,02	5000	0	230370	36,40
1,05	5000	0	230370	36,44
1,09	5000	0	230370	36,53
1,12	5000	0	230370	36,68
1,16	5000	0	230370	36,88
1,19	5000	0	230370	37,14
1,23	5000	0	230370	37,44
1,26	5000	0	230370	37,79
1,30	5000	0	230370	38,20
1,33	5000	0	230370	38,65
1,37	5000	0	230370	39,16
1,40	5000	0	230370	39,72
1,44	5000	0	230370	40,33
1,47	5000	0	230370	41,00
1,51	5000	0	230370	41,73
1,54	5000	0	230370	42,52
1,58	5000	0	230370	43,37
1,61	5000	0	230370	44,29
1,65	5000	0	230370	45,27
1,68	5000	0	230370	46,34
1,72	5000	0	230370	47,48
1,75	5000	0	230370	48,70
1,79	5000	0	230370	50,01
1,82	5000	0	230370	51,42
1,86	5000	0	230370	52,93
1,89	5000	0	230370	54,55
1,93	5000	0	230370	56,29
1,96	5000	0	230370	58,16
2,00	5000	0	230370	60,17
2,03	5000	0	230370	62,34
2,07	5000	0	230370	64,67
2,10	5000	0	230370	67,18
2,14	5000	0	230370	69,89
2,17	5000	0	230370	72,82
2,21	5000	0	230370	76,00
2,24	5000	0	230370	79,44
2,28	5000	0	230370	83,19
2,31	5000	0	230370	87,26
2,35	5000	0	230370	91,72
2,38	5000	0	230370	96,59
2,42	5000	0	230370	101,93
2,45	5000	0	230370	107,81
2,49	5000	0	230370	114,30
2,52	5000	0	230370	121,49
2,56	5000	0	230370	129,47
2,59	5000	0	230370	138,38
2,63	5000	0	230370	148,35
2,66	5000	0	230370	159,56
2,70	5000	0	230370	172,24
2,73	5000	0	230370	186,66
2,77	5000	0	230370	203,13
2,80	5000	0	230370	222,09
2,84	5000	0	230370	244,05
2,87	5000	0	230370	269,70
2,91	5000	0	230370	299,92
2,94	5000	0	230370	335,87
2,98	5000	0	230370	379,12
3,01	5000	0	230370	431,79
3,05	5000	0	230370	496,86
3,08	5000	0	230370	578,60
3,12	5000	0	230370	683,29
3,15	5000	0	230370	820,46
3,19	5000	0	230370	1000,00
3,22	5000	0	230370	1000,00
3,26	5000	0	230370	1000,00
3,29	5000	0	230370	1000,00
3,33	5000	0	230370	1000,00
3,36	5000	0	230370	1000,00
3,40	5000	0	230370	1000,00
3,43	5000	0	230370	1000,00

Y	M _u	N _u	T _u	CS
[m]	[kgm]	[kg]	[kg]	
3,47	5000	0	230370	1000,00
3,50	5000	0	230370	100,00

Verifiche a taglio

Combinazione n° 1

Inviluppo verifiche

Inviluppo

Y	A _r	M _u	N _u	CS	V _{Rd}	CS _T
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]		[kg]	
0,00	28,48	5000	0	100.00	0	708.83
0,04	28,48	5000	0	451.38	0	768.18
0,07	28,48	5000	0	231.77	0	811.96
0,11	28,48	5000	0	158.71	0	859.66
0,14	28,48	5000	0	122.30	0	911.79
0,18	28,48	5000	0	100.55	0	968.92
0,21	28,48	5000	0	86.14	0	1031.76
0,25	28,48	5000	0	75.92	0	1101.12
0,28	28,48	5000	0	68.32	0	1177.99
0,32	28,48	5000	0	62.48	0	1263.56
0,35	28,48	5000	0	57.86	0	1359.28
0,39	28,48	5000	0	54.15	0	1466.94
0,42	28,48	5000	0	51.10	0	1588.76
0,46	28,48	5000	0	48.58	0	1727.58
0,49	28,48	5000	0	46.48	0	1886.99
0,53	28,48	5000	0	44.70	0	2071.68
0,56	28,48	5000	0	43.20	0	2287.88
0,60	28,48	5000	0	41.92	0	2544.04
0,63	28,48	5000	0	40.84	0	2851.87
0,67	28,48	5000	0	39.91	0	3228.15
0,70	28,48	5000	0	39.13	0	3697.78
0,74	28,48	5000	0	38.48	0	4299.37
0,77	28,48	5000	0	37.93	0	5096.09
0,81	28,48	5000	0	37.48	0	6199.09
0,84	28,48	5000	0	37.12	0	7823.44
0,88	28,48	5000	0	36.84	0	10446.97
0,91	28,48	5000	0	36.63	0	15387.47
0,95	28,48	5000	0	36.49	0	28096.13
0,98	28,48	5000	0	36.41	0	133229.59
1,02	28,48	5000	0	36.40	0	51816.31
1,05	28,48	5000	0	36.44	0	22296.34
1,09	28,48	5000	0	36.53	0	14455.75
1,12	28,48	5000	0	36.68	0	10833.57
1,16	28,48	5000	0	36.88	0	8751.57
1,19	28,48	5000	0	37.14	0	7402.85
1,23	28,48	5000	0	37.44	0	6460.50
1,26	28,48	5000	0	37.79	0	5766.90
1,30	28,48	5000	0	38.20	0	5236.70
1,33	28,48	5000	0	38.65	0	4819.67
1,37	28,48	5000	0	39.16	0	4484.33
1,40	28,48	5000	0	39.72	0	4209.93
1,44	28,48	5000	0	40.33	0	3982.27
1,47	28,48	5000	0	41.00	0	3791.30
1,51	28,48	5000	0	41.73	0	3629.70
1,54	28,48	5000	0	42.52	0	3492.03
1,58	28,48	5000	0	43.37	0	3374.15
1,61	28,48	5000	0	44.29	0	3272.89
1,65	28,48	5000	0	45.27	0	3185.73
1,68	28,48	5000	0	46.34	0	3110.72
1,72	28,48	5000	0	47.48	0	3046.26
1,75	28,48	5000	0	48.70	0	2991.07
1,79	28,48	5000	0	50.01	0	2944.12
1,82	28,48	5000	0	51.42	0	2904.56
1,86	28,48	5000	0	52.93	0	2871.68
1,89	28,48	5000	0	54.55	0	2844.93
1,93	28,48	5000	0	56.29	0	2823.83
1,96	28,48	5000	0	58.16	0	2807.99
2,00	28,48	5000	0	60.17	0	2797.12

Y	Ar	Mu	Nu	CS	VRd	CSr
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]		[kg]	
2,03	28,48	5000	0	62.34	0	2790.96
2,07	28,48	5000	0	64.67	0	2789.34
2,10	28,48	5000	0	67.18	0	2792.11
2,14	28,48	5000	0	69.89	0	2799.18
2,17	28,48	5000	0	72.82	0	2810.52
2,21	28,48	5000	0	76.00	0	2826.10
2,24	28,48	5000	0	79.44	0	2845.96
2,28	28,48	5000	0	83.19	0	2870.18
2,31	28,48	5000	0	87.26	0	2898.88
2,35	28,48	5000	0	91.72	0	2932.21
2,38	28,48	5000	0	96.59	0	2970.37
2,42	28,48	5000	0	101.93	0	3013.64
2,45	28,48	5000	0	107.81	0	3062.32
2,49	28,48	5000	0	114.30	0	3116.78
2,52	28,48	5000	0	121.49	0	3177.49
2,56	28,48	5000	0	129.47	0	3244.98
2,59	28,48	5000	0	138.38	0	3319.88
2,63	28,48	5000	0	148.35	0	3402.96
2,66	28,48	5000	0	159.56	0	3495.11
2,70	28,48	5000	0	172.24	0	3597.39
2,73	28,48	5000	0	186.66	0	3711.10
2,77	28,48	5000	0	203.13	0	3837.78
2,80	28,48	5000	0	222.09	0	3979.30
2,84	28,48	5000	0	244.05	0	4137.94
2,87	28,48	5000	0	269.70	0	4316.54
2,91	28,48	5000	0	299.92	0	4518.59
2,94	28,48	5000	0	335.87	0	4748.52
2,98	28,48	5000	0	379.12	0	5012.01
3,01	28,48	5000	0	431.79	0	5316.40
3,05	28,48	5000	0	496.86	0	5671.38
3,08	28,48	5000	0	578.60	0	6090.05
3,12	28,48	5000	0	683.29	0	6590.50
3,15	28,48	5000	0	820.46	0	7198.43
3,19	28,48	5000	0	1000.00	0	7951.64
3,22	28,48	5000	0	1000.00	0	8908.12
3,26	28,48	5000	0	1000.00	0	10161.51
3,29	28,48	5000	0	1000.00	0	11873.55
3,33	28,48	5000	0	1000.00	0	14349.67
3,36	28,48	5000	0	1000.00	0	18244.11
3,40	28,48	5000	0	1000.00	0	25256.84
3,43	28,48	5000	0	1000.00	0	41613.07
3,47	28,48	5000	0	1000.00	0	123077.58
3,50	28,48	5000	0	100.00	0	123077.58

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo del palo viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle sollecitazioni, dovute al carico applicato;
- Verifica a portanza verticale;
- Verifica a portanza trasversale;
- Calcolo dei cedimenti;
- Progetto e verifica delle armature del palo.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	CARL - Carico Limite e Cedimenti
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	GEOI. LA TESSA BALDASSARRE FRANCO
Licenza	AIU6015SI

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

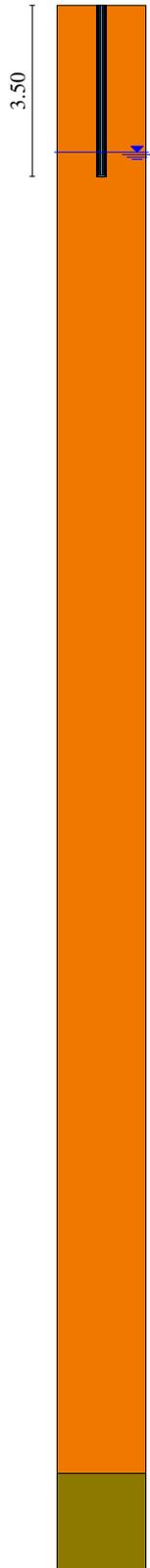
Luogo e data

Il Geologo

Baldassarre Franco La Tessa



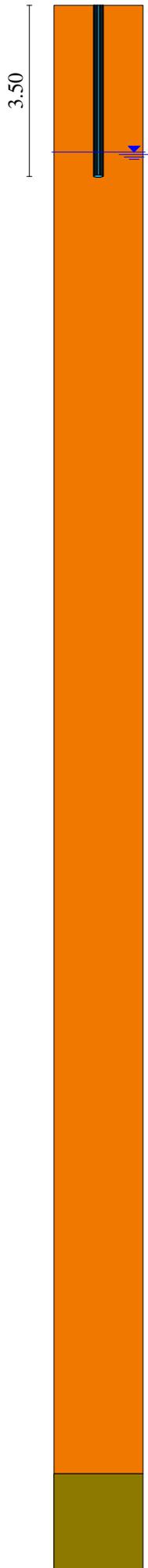
Stratigrafia



Argille e sabbie
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $\gamma_s=1900 \text{ kg/mc}$
 $\phi=26.0^\circ$ $\delta=20.0^\circ$
 $c=0,04 \text{ kg/cmq}$ $ca=0,00 \text{ kg/cmq}$

argilla
 $\gamma=1900 \text{ kg/mc}$ $\gamma_s=2000 \text{ kg/mc}$
 $\phi=24.0^\circ$ $\delta=20.0^\circ$
 $c=0,20 \text{ kg/cmq}$ $ca=0,00 \text{ kg/cmq}$

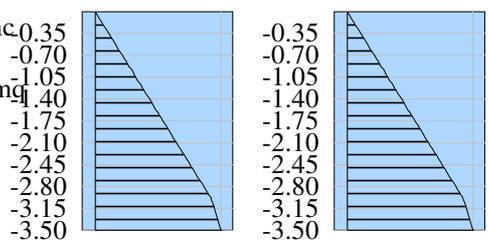
Diagrammi pressioni



Argille e sabbie
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $\gamma_s=1900 \text{ kg/mc}$
 $\phi=26.0^\circ$ $\delta=20.0^\circ$
 $c=0,04 \text{ kg/cmq}$ $ca=0,00 \text{ kg/cmq}$

argilla
 $\gamma=1900 \text{ kg/mc}$ $\gamma_s=2000 \text{ kg/mc}$
 $\phi=24.0^\circ$ $\delta=20.0^\circ$
 $c=0,20 \text{ kg/cmq}$ $ca=0,00 \text{ kg/cmq}$

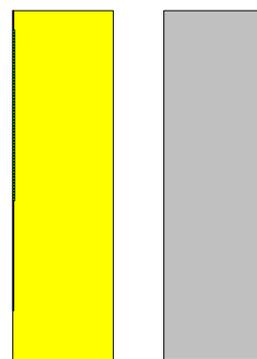
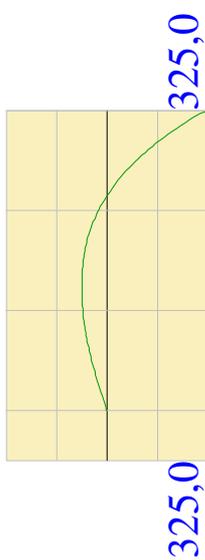
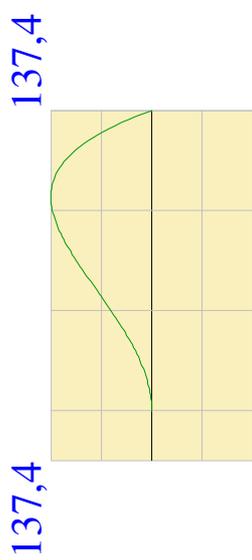
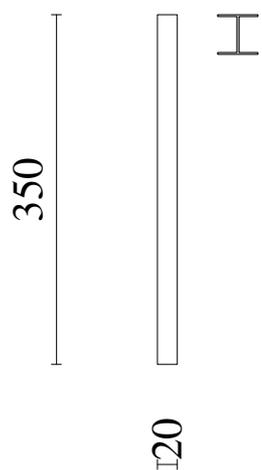
Diagrammi pressioni verticali



Pressione verticale
[Portanza di punta]

Pressione verticale
[Portanza laterale]

Armature palo



Palo N° 1

$L = 3,5 \text{ m}$

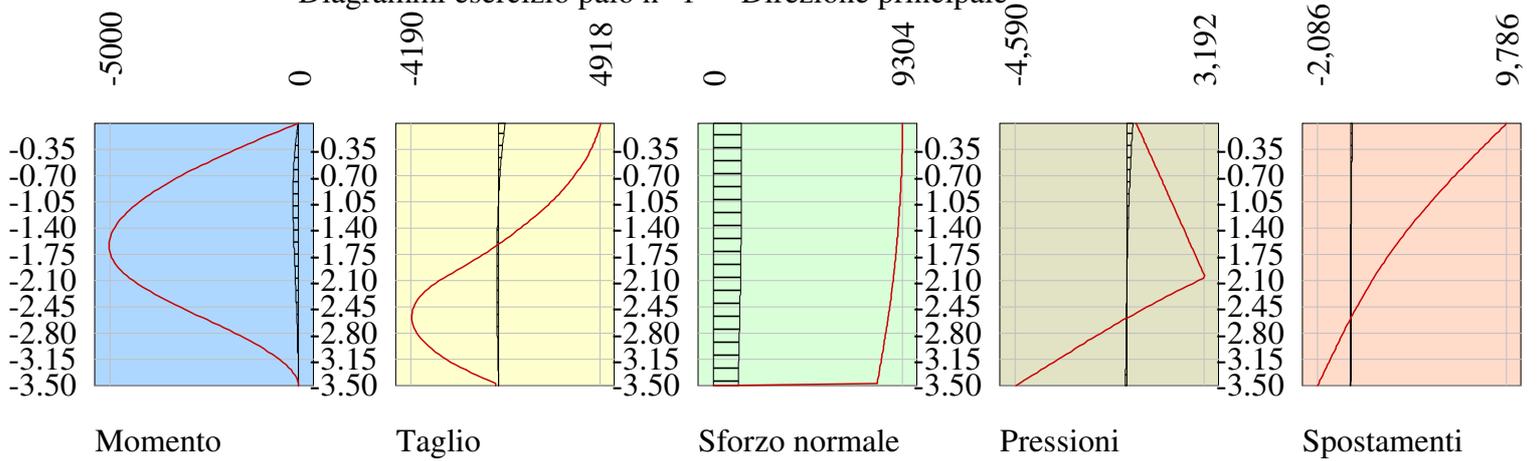
$D = 20 \text{ cm}$

$M = 0,0 \text{ kgm}$

$N = 1375,0 \text{ kg}$

$T = 325,0 \text{ kg}$

Diagrammi esercizio palo n° 1 - Direzione principale



Diagrammi limiti palo n° 1 - Direzione principale

-5000

0

-4190

4918

0

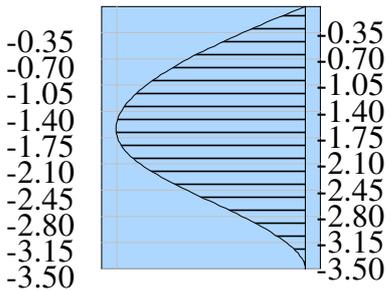
9304

-4,590

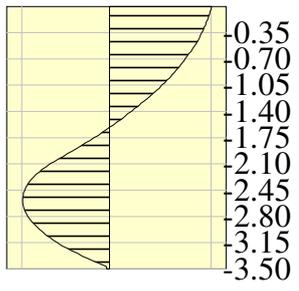
3,192

-2,086

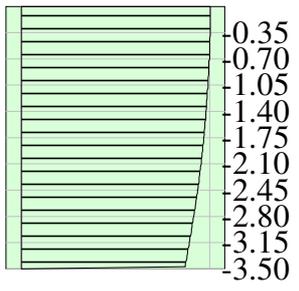
9,786



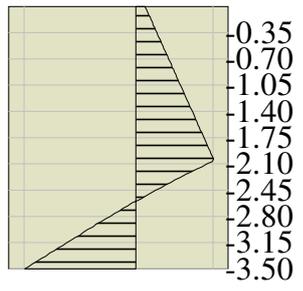
Momento



Taglio



Sforzo normale



Pressioni



Spostamenti