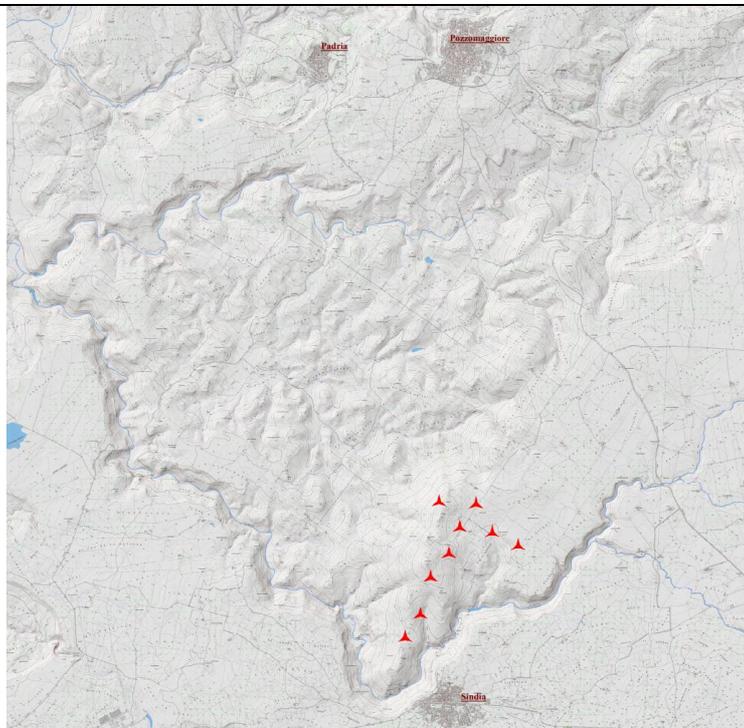




PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA IN LOCALITA' MONTE RUGHE POTENZA DI PICCO 64,8 MWp



VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

Elaborato:

RELAZIONE GEOTECNICA

Committente:

EOS MONTE RUGHE s.r.l.

Ing. Enrico De Girolamo

Coordinamento

SO.GE.S s.r.l.

Ing. Piero Del Rio

Prog. strutturali:

Ing. Andrea Massa

Studio Anemologico:

Demoenergia 2050 Srls

Studio Acustico

Ing. Federico Miscali

Prog. opere civili - elettriche:

Studio Ing. Nicola Curreli

Ing. Nicola Curreli
Arch. Deidda Carla
Dott. Arch. Pala Nicola
Dott. Arch. Ginevra Fois
SEI Impianti s.r.l.

Studio V.I.A.:

SIGEA s.r.l.

Dott. Geol. Luigi Maccioni: Coordinamento
Ing. Manuela Maccioni - Paesaggistico
Dott. Agr. Vincenzo Satta - Agron. flora, fauna
Dott. Salvatore Ladinetti - Archeologia
Dott. Geol. Valentino Demurtas Georisorse
Dott. Geol. Stefano Demontis - Geotecnica
Dott. Michele Orrù - GIS

Tavola:

R.G._10

Data:

DICEMBRE 2023

Rev:

Scala

INDICE

1.0 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	3
2.0 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.0 INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	5
3.1 IDROGEOLOGIA	5
4.0 MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO	5
4.1 MODELLAZIONE GEOTECNICA	5
4.2 PERICOLOSITÀ SISMICA	5
5.0 SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE	6
6.0 VERIFICHE DI SICUREZZA	7
6.1 CARICO LIMITE FONDAZIONI DIRETTE	7
6.2 CORREZIONE PER FONDAZIONE TIPO PIASTRA	10
6.3 CALCOLO DEL CARICO LIMITE IN CONDIZIONI NON DRENATE	10
6.4 FATTORI CORRETTIVI AL CARICO LIMITE IN PRESENZA DI SISMA	10
7.0 VERIFICHE SULLA TIPOLOGIA 1	15
8.0 VERIFICHE SULLA TIPOLOGIA 2	18
9.0 VERIFICHE SULLA TIPOLOGIA 3	22

1.0 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E PIANIFICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

La presente relazione geotecnica riguarda la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del “*volume significativo*” per le strutture di fondazione degli aerogeneratori del tipo V162-62 MW e valuta l'interazione opera/terreno ai fini del dimensionamento delle relative fondazioni.

Tutte le indagini geologiche e geotecniche, finalizzate alla puntuale ed esaustiva caratterizzazione del terreno di imposta degli aerogeneratori conformemente alla normativa vigente, saranno eseguite nella fase esecutiva del progetto.

A tal fine è prevista una campagna geognostica per determinare con precisione le caratteristiche dei terreni di fondazione di ogni singolo aerogeneratore.

La campagna sarà così articolata:

- n° 2 pozzetti esplorativi da eseguirsi mediante escavatore a braccio rovescio spinti sino alla profondità di 3 metri dal p.c. o al raggiungimento del bed-rock qualora lo scavo risulti impedito;
- n° 1 perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a carotaggio continuo, con carotieri di diametro compreso fra 86 e 127 mm, spinta sino alla profondità minima di 20 metri dal p.c.
- n° 6 indagine geofisiche mediante metodologia MASW da eseguirsi in ognuno dei sei areali
- La prospezione geofisica si prefigge di fornire risultati per una profondità minima pari a 30 metri relativamente a:
 - Prove e analisi di laboratorio su rocce (peso di volume; prova di compressione monoassiale su provini cilindrici in controllo di carico con determinazione del carico di rottura).
 - Prove e analisi di laboratorio su terre (peso di volume; prove di taglio diretto; eventuali prove di compressione edometrica e determinazione dell'indice plastico).

Le prove e analisi su roccia saranno eseguite in numero di almeno una per carotaggio. Le prove e analisi su terre saranno meglio definite in corso di scavo e in relazione alle configurazioni geometriche finali previste dal progetto per ciascuna fondazione.

2.0 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”

Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

“Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni”.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5)

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Eurocodice 7 - “Progettazione geotecnica” - EN 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2018

“Norme Tecniche per le Costruzioni”.

3.0 INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base di quanto dettagliato nella relazione strutturale, si è proceduto alla progettazione basandosi su parametri geotecnici di riferimento per la geologia dell'area in esame.

3.1 Idrogeologia

Non è stata riscontrata la presenza di falde acquifere a profondità di interesse relativamente al “volume significativo” investigato.

4.0 MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

A scopo cautelativo viene utilizzato, ai fini della determinazione dell'azione sismica, la categoria:

C [C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti],

4.1 Modellazione geotecnica

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

4.2 Pericolosità sismica

Ai fini della pericolosità sismica sono stati analizzati i dati relativi alla sismicità dell'area di interesse e ad eventuali effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. Si sono tenute in considerazione anche la classe dell'edificio e la vita nominale.

Per tale caratterizzazione si riportano di seguito i dati di pericolosità come da normativa:

DATI GENERALI ANALISI SISMICA

											Dati generali analisi sismica	
Ang	NV	CD	MP	Dir	TS	EcA	Ir _{tmp}	C.S.T.	RP	RH	x	
[°]											[%]	
0	5	ND	ac	X Y	- -	S	N	C	NO	SI	5	

LEGENDA:

- Ang** Direzione di una componente dell'azione sismica rispetto all'asse X (sistema di riferimento globale); la seconda componente dell'azione sismica e' assunta con direzione ruotata di 90 gradi rispetto alla prima.
- NV** Nel caso di analisi dinamica, indica il numero di modi di vibrazione considerati.
- CD** Classe di duttilità: [A] = Alta - [B] = Media - [ND] = Non Dissipativa - [-] = Nessuna.
- MP** Tipo di struttura sismo-resistente prevalente: [ca] = calcestruzzo armato - [caOld] = calcestruzzo armato esistente - [muOld] = muratura esistente - [muNew] = muratura nuova - [muArm] = muratura armata - [ac] = acciaio.
- Dir** Direzione del sisma.
- TS** Tipologia della struttura:
 Cemento armato: [T 1C] = Telai ad una sola campata - [T+C] = Telai a più campate - [P] = Pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti - [2P NC] = Due pareti per direzione non accoppiate - [P NC] = Pareti non accoppiate - [DT] = Deformabili torsionalmente - [PI] = Pendolo inverso - [PM] = Pendolo inverso intelaiate monopiano;
 Muratura: [P] = un solo piano - [PP] = più di un piano - [C-P/MP] = muratura in pietra e/o mattoni pieni - [C-BAS] = muratura in blocchi artificiali con percentuale di foratura > 15%;
 Acciaio: [T 1C] = Telai ad una sola campata - [T+C] = Telai a più campate - [CT] = controventi concentrici diagonale tesa - [CV] = controventi concentrici a V - [M] = mensola o pendolo inverso - [TT] = telaio con tamponature.
- EcA** Eccentricità accidentale: [S] = considerata come condizione di carico statica aggiuntiva - [N] = Considerata come incremento delle sollecitazioni.
- Ir_{tmp}** Per piani con distribuzione dei tamponamenti in pianta fortemente irregolare, l'eccentricità accidentale è stata incrementata di un fattore pari a 2: [SI] = Distribuzione tamponamenti irregolare fortemente - [NO] = Distribuzione tamponamenti regolare.
- C.S.T.** Categoria di sottosuolo: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D.

Dati generali analisi sismica											
Ang	NV	CD	MP	Dir	TS	EcA	Ir _{Temp}	C.S.T.	RP	RH	x
[°]											[%]
RP	Regolarità in pianta: [SI] = Struttura regolare - [NO] = Struttura non regolare.										
RH	Regolarità in altezza: [SI] = Struttura regolare - [NO] = Struttura non regolare.										
x	Coefficiente viscoso equivalente.										
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato.										

DATI GENERALI ANALISI SISMICA - FATTORI DI COMPORTAMENTO

Fattori di comportamento						
Dir	q'	q	q ₀	K _R	a ₀ /a ₁	k _w
X	-	1.333	2.00	-	1.00	-
Y	-	1.333	2.00	-	1.00	-
Z	-	1.000	-	-	-	-

LEGENDA:

- q'** Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU ridotto (Fattore di comportamento ridotto - relazione C7.3.1 circolare NTC)
- q** Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di comportamento).
- q₀** Valore di base (comprensivo di k_w).
- K_R** Fattore riduttivo funzione della regolarità in altezza : pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza, 0,8 per costruzioni non regolari in altezza, e 0,75 per costruzioni in muratura esistenti non regolari in altezza (§ C8.5.5.1)..
- a₀/a₁** Rapporto di sovraresistenza.
- k_w** Fattore di riduzione di q₀.

Stato Limite	T _r	a _g /g	Amplif. Stratigrafica		F ₀	F _V	T [*] _C	T _B	T _C	T _D
			S _S	C _C						
	[t]						[s]	[s]	[s]	[s]
SLO	30	0.0186	1.500	1.612	2.610	0.481	0.273	0.147	0.440	1.674
SLD	50	0.0235	1.500	1.569	2.670	0.553	0.296	0.155	0.464	1.694
SLV	475	0.0500	1.500	1.499	2.880	0.869	0.340	0.170	0.510	1.800
SLC	975	0.0603	1.500	1.455	2.980	0.988	0.372	0.180	0.541	1.841

LEGENDA:

- T_r** Periodo di ritorno dell'azione sismica. [t] = anni.
- a_g/g** Coefficiente di accelerazione al suolo.
- S_S** Coefficienti di Amplificazione Stratigrafica allo SLO/SLD/SLV/SLC.
- C_C** Coefficienti di Amplificazione di T_c allo SLO/SLD/SLV/SLC.
- F₀** Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- F_V** Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale.
- T^{*}_C** Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_B** Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro di progetto.
- T_C** Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto.
- T_D** Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto.

Cl Ed	V _N	V _R	Lat.	Long.	Q _g	C _{Top}	S _T
	[t]	[t]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		
2	50	50	40.551667	8.835000	460	T2	1.20

LEGENDA:

- Cl Ed** Classe dell'edificio
- V_N** Vita nominale ([t] = anni).
- V_R** Periodo di riferimento. [t] = anni.
- Lat.** Latitudine geografica del sito.
- Long.** Longitudine geografica del sito.
- Q_g** Altitudine geografica del sito.
- C_{Top}** Categoria topografica (Vedi NOTE).
- S_T** Coefficiente di amplificazione topografica.
- NOTE** [-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato.
- Categoria topografica.
- T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.
- T2: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.
- T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.
- T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

5.0 SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE

La tipologia delle opere di fondazione è consona alle caratteristiche meccaniche del terreno definite in base alla modellazione geotecnica effettuata.

Nel caso in esame, la struttura di fondazione è costituita da:

- Fondazioni dirette, per gli aerogeneratori ricadenti nelle aree caratterizzate dalla presenza di piroclatiti saldate e andesiti

- Fondazioni profonde, per gli aerogeneratori ricadenti nelle aree caratterizzate dalla presenza di piroclatiti debolmente saldate

6.0 VERIFICHE DI SICUREZZA

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale g_F (o g_E)	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	g_{G1}	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	g_{G2}	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	g_{Qi}	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti g_{G1}

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale g_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	g_{ϕ}	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	g_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	g_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ_g	g_γ	1,00	1,00

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali g_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

Verifica	Coefficiente Parziale (R3)
Carico limite	$g_R = 2,3$
Scorrimento	$g_R = 1,1$

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito elencate le metodologie ed i modelli usati per il calcolo del carico limite ed i risultati di tale calcolo.

6.1 Carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

in cui:

c = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = g \cdot D$ = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

g = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione;

B' = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi **NB**);

L = lunghezza della fondazione;

γ_f = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_g = fattori di capacità portante;
 s, d, i, g, b, y, r = coefficienti correttivi.

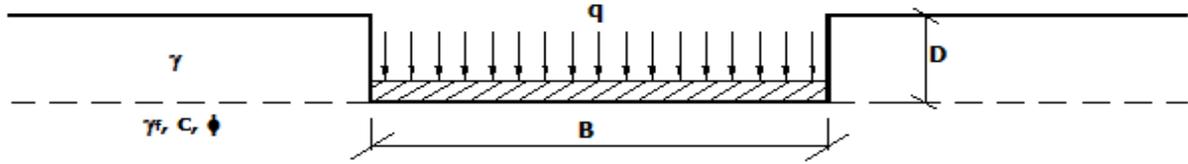
NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica, B e L saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot e_B \quad e_B = \text{eccentricità parallela al lato di dimensione B};$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L \quad e_L = \text{eccentricità parallela al lato di dimensione L};$$

con $B' \leq L'$.

dove:



Calcolo dei fattori N_c, N_q, N_g

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, f = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, f \neq 0$)
$N_c = 2 + p$	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot f$
$N_q = 1$	$N_q = K_p \cdot e^{p \cdot \tan f}$
$N_g = 0$ se $w = 0$	$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan f$
$N_g = -2 \cdot \sin w$ se $w \neq 0$	

dove:

$$k_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \text{ è il coefficiente di spinta passiva di Rankine};$$

f = angolo di attrito del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

w = angolo di inclinazione del piano campagna.

Calcolo dei fattori di forma s_c, s_q, s_g

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, f = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, f \neq 0$)
$s_c = 1 + \frac{B'}{(2 + \pi) \cdot L'}$	$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$
$s_q = 1$	$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan \phi$
$s_\gamma = 1 - 0.40 \cdot \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 - 0.40 \cdot \frac{B'}{L'}$

con $B'/L' < 1$.

Calcolo dei fattori di profondità del piano di posa d_c, d_q, d_g

Si definisce il seguente parametro:

$$K = \frac{D}{B'} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B'} \leq 1 ;$$

$$K = \arctg \left(\frac{D}{B'} \right) \quad \text{se} \quad \frac{D}{B'} > 1 .$$

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, f = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, f \neq 0$)
$d_c = 1 + 0.4 \cdot K$	$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$d_q = 1$	$d_q = 1 + 2 \cdot \tan f \cdot (1 - \sin f)^2 \cdot K$
$d_g = 1$	$d_g = 1$

Calcolo dei fattori di inclinazione del carico i_c, i_q, i_g

Si definisce il seguente parametro:

$$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} \quad \text{se la forza H è parallela alla direzione trasversale della fondazione}$$

$$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B} \quad \text{se la forza H è parallela alla direzione longitudinale della fondazione}$$

$$m = m_q = m_L \cdot \cos^2 q + m_B \cdot \sin^2 q \quad \text{se la forza H forma un angolo } q \text{ con la direzione longitudinale della fondazione}$$

Terreni coesivi ($c \neq 0, f = 0$)	Terreni incoerenti ($c = 0, f \neq 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, f \neq 0$)
$i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{c \cdot N_c \cdot B \cdot L}$	$i_c = 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$i_q = 1$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^m$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \phi}\right)^m$
$i_g = 0$	$i_g = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^{m+1}$	$i_g = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \phi}\right)^{m+1}$

dove:

H = componente orizzontale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione.

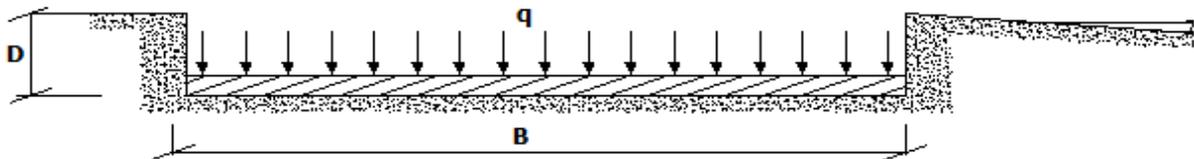
Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di campagna b_c, b_q, b_g

Indicando con w la pendenza del piano campagna, si ha:

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, f = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, f \neq 0$)
$b_c = 1 - \frac{2 \cdot \omega}{(2 + \pi)}$	$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$b_q = (1 - \tan w)^2 \cdot \cos w$	$b_q = (1 - \tan w)^2 \cdot \cos w$
$b_g = b_q / \cos w$	$b_g = b_q / \cos w$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$w < f; \quad w < 45^\circ.$$



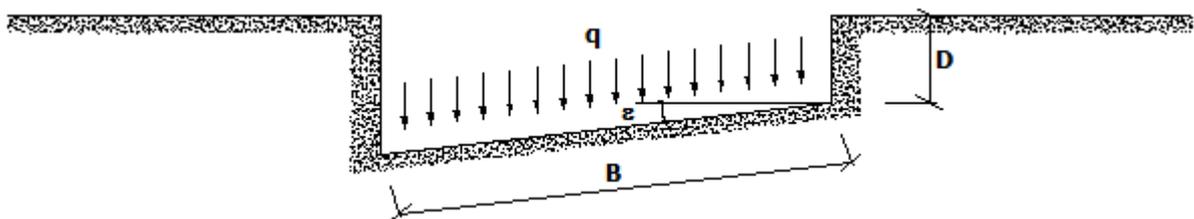
Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di posa g_c, g_q, g_g

Indicando con e la pendenza del piano di posa della fondazione, si ha:

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, f = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, f \neq 0$)
$g_c = 1 - \frac{2 \cdot \varepsilon}{(2 + \pi)}$	$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$g_q = 1$	$g_q = (1 - e \cdot \tan f)^2$
$g_g = 1$	$g_g = g_q$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$e < 45^\circ$$



Calcolo dei fattori di riduzione per rottura a punzonamento y_c, y_q, y_g

Si definisce l'indice di rigidità del terreno come:

$$I_r = \frac{G}{c + \sigma \cdot \tan \phi}$$

dove:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

= modulo d'elasticità tangenziale del terreno;

E= modulo elastico del terreno (nei calcoli è utilizzato il modulo edometrico);

n = modulo di Poisson. Sia in condizioni non drenate che drenate è assunto pari a 0,5 (a vantaggio di sicurezza);

s= tensione litostatica alla profondità $D+B/2$.

La rottura a punzonamento si verifica quando i coefficienti di punzonamento y_c , y_q , y_g sono inferiori all'unità; ciò accade quando l'indice di rigidezza I_r si mantiene inferiore al valore critico:

$$I_r < I_{r,crit} = \frac{1}{2} \cdot e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cot \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right]}$$

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0$, $f = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0$, $f \neq 0$)
$\psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B'}{L'} + 0.6 \cdot \text{Log}(I_r)$	$\psi_c = \psi_q - \frac{1 - \psi_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$Y_q = 1$	$\psi_q = e^{\left\{ \left(0.6 \frac{B'}{L'} - 4.4 \right) \cdot \tan \phi + \frac{3.07 \cdot \sin \phi \cdot \text{Log}(2I_r)}{1 + \sin \phi} \right\}}$
$Y_g = 1$	$Y_g = Y_q$

6.2 Correzione per fondazione tipo piastra

Bowles, al fine di limitare il contributo del termine " $B \cdot N_g$ ", che per valori elevati di B porterebbe ad ottenere valori del carico limite prossimi a quelli di una fondazione profonda, propone il seguente fattore di riduzione r_g :

$$r_g = 1 - 0.25 \cdot \text{Log}(B/2) \quad \text{con } B \geq 2 \text{ m}$$

Nella tabella sottostante sono riportati una serie di valori del coefficiente r_g al variare della larghezza dell'elemento di fondazione.

B [m]	2	2.5	3	3.5	4	5	10	20	100
r_g	1,00	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90	0,82	0,75	0,57

Questo coefficiente assume particolare importanza per fondazioni larghe con rapporto D/B basso, caso nel quale il termine " $B \cdot N_g$ " è predominante.

6.3 Calcolo del carico limite in condizioni non drenate

L'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni totale*, diventa:

$$q_{lim} = c_u \cdot (2 + \pi) \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_{sat} \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot r_\gamma$$

dove:

c_u = coesione non drenata;

γ_{sat} = peso unità di volume del terreno in condizioni di saturazione.

N.B: Nel calcolo in condizioni non drenate (situazione molto rara per un terreno incoerente) si assume, sempre e comunque, che l'angolo di attrito f sia nullo ($f = 0$).

6.4 Fattori correttivi al carico limite in presenza di sisma

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (**effetto cinematico**) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (**effetto inerziale**).

Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati K_{hi} e K_{hk} , il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

La formula generale del carico limite si modifica nel seguente modo:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c \cdot z_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q \cdot z_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma \cdot z_\gamma \cdot c_\gamma$$

in cui, oltre ai termini già precedentemente indicati, si sono introdotti i seguenti termini:

z_c, z_q, z_g = coefficienti correttivi dovuti all'effetto inerziale;

c_g = coefficiente correttivo dovuto all'effetto cinematico.

Calcolo del fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c_g

L'effetto cinematico modifica il solo coefficiente N_g in funzione del coefficiente sismico K_{hk} che è pari a:

$$K_{hk} = b_s \cdot S_S \cdot S_T \cdot a_g / g;$$

dove:

b_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

S_T = coefficiente di amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di b_s sono riportati nella seguente tabella:

1.1.1.1.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO		
	A	B,C,D,E
	b_s	b_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c_g è stato, pertanto, determinato con la seguente relazione:

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, f = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, f \neq 0$)
$c_g = 1$	$c_g = \left(1 - \frac{K_{hk}}{\tan \phi}\right)^{0,45}$ se $\frac{K_{hk}}{\tan \phi} < 1$, altrimenti $c_g = 0$

Calcolo dei fattori correttivi dovuti all'effetto inerziale z_c, z_q, z_g

L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite in funzione del coefficiente sismico K_{hi} .

Tali effetti correttivi vengono valutati con la teoria di **Paolucci - Pecker** attraverso le seguenti relazioni:

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, f = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, f \neq 0$)	
$Z_c = Z_q = Z_g = 1$	$Z_c = 1 - 0,32 \cdot K_{hi}$	se $Z_c > 0$ altrimenti $Z_c = 0$
	$Z_q = Z_g = \left(1 - \frac{K_{hi}}{\tan \phi}\right)^{0,35}$	se $\frac{K_{hi}}{\tan \phi} < 1$ altrimenti $Z_g = Z_q = 0$

dove:

K_{hi} è ricavato dallo spettro di progetto allo SLV attraverso la relazione:

$$K_{hi} = S_S \cdot S_T \cdot a_g / g;$$

i cui termini sono stati precedentemente precisati.

Si fa notare che il coefficiente sismico K_{hi} coincide con l'ordinata dello spettro di progetto allo SLU per $T = 0$ ed è indipendente dalle combinazioni di carico.

Cedimenti della fondazione

Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20.

L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$DH = S \sum_{i=1}^n \frac{D_{s_i}}{E_{ed_i}} DZ_i$$

dove:

D_s è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z , dalla pressione di contatto della fondazione;

E_{ed} è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato i -esimo;

D_z rappresenta lo spessore dello strato i -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto.

Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito f e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata 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

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta h_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale h_l .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / h_p + Q_L / h_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / h_l + W_P$$

Capacità portante di punta

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

$$Q_P = A_P(cN'_c + qN'_q)$$

dove A_P è l'area portante efficace della punta del palo, c è la coesione, q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo, g è il peso di volume del terreno, D è il diametro del palo ed i coefficienti N'_c N'_q sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro h che compare nell'espressione assume il valore:

$$h = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come: $K_0 = 1 - \sin f$.

Capacità portante per resistenza laterale

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

$$Q_L = \int s_{t_a} dS$$

dove t_a è dato dalla relazione di Coulomb

$$t_a = c_a + s_h \operatorname{tg} d$$

dove c_a è l'adesione palo-terreno, d è l'angolo di attrito palo-terreno, g è il peso di volume del terreno, z è la generica quota a partire dalla testa del palo, L e P sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo, K_s è il coefficiente di spinta che

dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

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 elastica K 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.

Il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidezza assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite, X_{\max} oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che viene risolto mediante una analisi al passo.

7.0 VERIFICHE SULLA TIPOLOGIA 1

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g _{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
d	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [N/mm ²]
ca	Adesione del terreno espressa in [N/mm ²]
t _l	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mm ²]
a	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	g	g _{sat}	f	d	c	ca
	[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
ANDESITI BASALTICHE	2.150	2.300	35.00	23.33	5.0000	0.0000

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato

N	Z1	Z2	Z3	Terreno
	[m]	[m]	[m]	
1	-2.0	-2.0	-2.0	ANDESITI BASALTICHE

Falda

Falda non presente

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw
		[Kg/cm ² /cm]
Verticale	Kwv	8.440
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(f))

Spostamenti

Piastra

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
w	Spostamento verticale, espresso in [cm]
u	Spostamento direzione X, espresso in [cm]
v	Spostamento direzione Y, espresso in [cm]
fx	Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
fy	Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p	Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [N/mm ²]
kw	Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm ² /cm]. Il valore viene stampato solo se si è utilizzato il modello di interazione

Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi

In	X	Y		Valore	UM	Cmb	
	[m]	[m]					
2695	-0.01	-9.11	w	0.274630	[cm]	7	MAX
4130	0.00	12.50		-0.461372		7	MIN
4130	0.00	12.50	ux	0.004810	[cm]	6	MAX
3007	0.00	-12.50		-0.004810		6	MIN
5718	-12.50	0.00	uy	0.010809	[cm]	2	MAX
180	12.50	0.00		-0.002966		6	MIN
5110	-9.06	-7.11	fx	0.000172	[°]	2	MAX
554	8.96	-7.19		-0.000172		2	MIN
2548	0.06	0.89	fy	0.000468	[°]	7	MAX
3018	-0.17	-12.15		-0.000175		2	MIN
2695	-0.01	-9.11	p	0.2273095	[N/mm ²]	7	MAX
5049	-5.27	10.59		0.0000016		4	MIN

Verifiche geotecniche

Carico limite

Piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
N	Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]
Np	Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]
Qu	Portanza ultima terreno, espressa in [kN]
Qup	Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista
Qd	Portanza di progetto ((Pu+Pup)/h), espressa in [kN]
Nt	Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

Ic	N	Np	Qu	Qup	Qd	Nt	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
7	36819.25	0.00	41766683.48	0.00	18159427.60	36819.25	493.205 (7)

Coefficienti di capacità portante e caratteristiche terreno di progetto

Simbologia adottata

Ic	Indice piastra
Nc, Nq, Ng	coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N'g	coeff. di capacità portante corretti (fattori di forma, di affondamento, ecc.)

Parametri strato equivalente terreno di progetto

H	Altezza cuneo di rottura, espresso in [m]
g	Peso nell'unità di volume, espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito, espresso in [°]
c	Coesione, espressa in [N/mm ^q]

Ic	Nc	N'c	Nq	N'q	Ng	N'g	H	g	f	c
							[m]	[kN/mc]	[°]	[N/mm ^q]
7	46.12	39.59	33.30	28.56	33.92	19.86	21.26	2.1500	35.000	5.0000

Fattori correttivi portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
ic, iq, ig	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dg	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gg	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, bg	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sg	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, pg	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
egk, egi	Fattori di correzione secondo Cascone
rg	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5BgN _g viene moltiplicato per questo fattore

In tabella sono indicati con il simbolo '-' i coefficienti non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	ic	iq	ig	dc	dq	dg	gc	gq	gg	bc	bq	bg	sc	sq	sg	pc	pq	pg	egk	egi	rg	
7	0.843			1.018			1.000			1.000			--			--			--			0.739
	0.848			1.012			1.000			1.000			--			--			--			
	0.792			1.000			1.000			1.000			--			--			--			

Scorrimento

Piastra

Simbologia adottata

n°	Indice plinto
T	Carico orizzontale trasferito al terreno, espresso in [kN]
Tp	Carico orizzontale trasferito ai pali, espresso in [kN]
Ru	Resistenza ultima allo scorrimento, espressa in [kN]
Rd	Resistenza di progetto allo scorrimento, espressa in [kN]
FS	Fattore di sicurezza allo scorrimento (Rd/T). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	T	Tp	Ru	Rd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	2391.00	0.00	15879.73	14436.12	6.038 (7)

Cedimenti

Fondazione superficiale

Simbologia adottata

Oggetto	Oggetto al quale appartiene il punto di calcolo
X, Y	Coordinate punto in cui è stato calcolato il cedimento, espresso in [m]
w	Cedimento, espresso in [cm]
Ic	Indice combinazione

Id	X	Y	w	Ic
	[m]	[m]	[cm]	
Piastra n° 1	12.50	0.00	28.7001	4
Piastra n° 1	12.44	1.23	27.2433	4
Piastra n° 1	12.26	2.44	25.8107	4
Piastra n° 1	11.96	3.63	24.3981	4
Piastra n° 1	11.55	4.78	23.0288	4
Piastra n° 1	11.02	5.89	21.7113	4
Piastra n° 1	10.39	6.94	20.4626	4
Piastra n° 1	9.66	7.93	19.2915	4
Piastra n° 1	8.84	8.84	18.2128	4
Piastra n° 1	7.93	9.66	17.2359	4
Piastra n° 1	6.94	10.39	16.3773	4
Piastra n° 1	5.89	11.02	15.6736	4
Piastra n° 1	4.78	11.55	15.1494	4

Id	X [m]	Y [m]	w [cm]	Ic
Piastra n° 1	3.63	11.96	14.7652	4
Piastra n° 1	2.44	12.26	14.5014	4
Piastra n° 1	1.23	12.44	14.3469	4
Piastra n° 1	0.00	12.50	14.2960	4
Piastra n° 1	-1.23	12.44	14.3469	4
Piastra n° 1	-2.44	12.26	14.5013	4
Piastra n° 1	-3.63	11.96	14.7651	4
Piastra n° 1	-4.78	11.55	15.1493	4
Piastra n° 1	-5.89	11.02	15.6735	4
Piastra n° 1	-6.94	10.39	16.3765	4
Piastra n° 1	-7.93	9.66	17.2349	4
Piastra n° 1	-8.84	8.84	18.2119	4
Piastra n° 1	-9.66	7.93	19.2903	4
Piastra n° 1	-10.39	6.94	20.4617	4
Piastra n° 1	-11.02	5.89	21.7099	4
Piastra n° 1	-11.55	4.78	23.0276	4
Piastra n° 1	-11.96	3.63	24.3967	4
Piastra n° 1	-12.26	2.44	25.8100	4
Piastra n° 1	-12.44	1.23	27.2470	4
Piastra n° 1	-12.50	0.00	28.7016	4
Piastra n° 1	-12.44	-1.23	30.1516	4
Piastra n° 1	-12.26	-2.44	31.5919	4
Piastra n° 1	-11.96	-3.63	32.9992	4
Piastra n° 1	-11.55	-4.78	34.3702	4
Piastra n° 1	-11.02	-5.89	35.6809	4
Piastra n° 1	-10.39	-6.94	36.9300	4
Piastra n° 1	-9.66	-7.93	38.0935	4
Piastra n° 1	-8.84	-8.84	39.1729	4
Piastra n° 1	-7.93	-9.66	40.1450	4
Piastra n° 1	-6.94	-10.39	41.0139	4
Piastra n° 1	-5.89	-11.02	41.7571	4
Piastra n° 1	-4.78	-11.55	42.3814	4
Piastra n° 1	-3.63	-11.96	42.8660	4
Piastra n° 1	-2.44	-12.26	43.2203	4
Piastra n° 1	-1.23	-12.44	43.4209	4
Piastra n° 1	0.00	-12.50	43.5072	4
Piastra n° 1	1.23	-12.44	43.4332	4
Piastra n° 1	2.44	-12.26	43.2240	4
Piastra n° 1	3.63	-11.96	42.8676	4
Piastra n° 1	4.78	-11.55	42.3820	4
Piastra n° 1	5.89	-11.02	41.7576	4
Piastra n° 1	6.94	-10.39	41.0144	4
Piastra n° 1	7.93	-9.66	40.1461	4
Piastra n° 1	8.84	-8.84	39.1740	4
Piastra n° 1	9.66	-7.93	38.0947	4
Piastra n° 1	10.39	-6.94	36.9308	4
Piastra n° 1	11.02	-5.89	35.6820	4
Piastra n° 1	11.55	-4.78	34.3711	4
Piastra n° 1	11.96	-3.63	33.0007	4
Piastra n° 1	12.26	-2.44	31.5864	4
Piastra n° 1	12.44	-1.23	30.1469	4
Piastra n° 1	0.00	0.00	61.3293	4

8.0 VERIFICHE SULLA TIPOLOGIA 2

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rck	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [N/mmq]
g _{cs}	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [N/mmq]
n	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [N/mmq]	g _{cs} [kN/mc]	E [N/mmq]	n	n	TA
1	C50/60	C50/60	60.000	24.52	37239.106	0.200	15.00	B450C

Geometria

Coordinate contorno esterno

n°	X [m]	Y [m]									
1	12.50	0.00	2	12.44	1.23	3	12.26	2.44	4	11.96	3.63
5	11.55	4.78	6	11.02	5.89	7	10.39	6.94	8	9.66	7.93
9	8.84	8.84	10	7.93	9.66	11	6.94	10.39	12	5.89	11.02
13	4.78	11.55	14	3.63	11.96	15	2.44	12.26	16	1.23	12.44
17	0.00	12.50	18	-1.23	12.44	19	-2.44	12.26	20	-3.63	11.96
21	-4.78	11.55	22	-5.89	11.02	23	-6.94	10.39	24	-7.93	9.66
25	-8.84	8.84	26	-9.66	7.93	27	-10.39	6.94	28	-11.02	5.89
29	-11.55	4.78	30	-11.96	3.63	31	-12.26	2.44	32	-12.44	1.23
33	-12.50	0.00	34	-12.44	-1.23	35	-12.26	-2.44	36	-11.96	-3.63
37	-11.55	-4.78	38	-11.02	-5.89	39	-10.39	-6.94	40	-9.66	-7.93
41	-8.84	-8.84	42	-7.93	-9.66	43	-6.94	-10.39	44	-5.89	-11.02
45	-4.78	-11.55	46	-3.63	-11.96	47	-2.44	-12.26	48	-1.23	-12.44
49	0.00	-12.50	50	1.23	-12.44	51	2.44	-12.26	52	3.63	-11.96
53	4.78	-11.55	54	5.89	-11.02	55	6.94	-10.39	56	7.93	-9.66
57	8.84	-8.84	58	9.66	-7.93	59	10.39	-6.94	60	11.02	-5.89
61	11.55	-4.78	62	11.96	-3.63	63	12.26	-2.44	64	12.44	-1.23

Spessori piastra

Simbologia adottata

Sp	Spessore, espresso in [cm]
n°	Indice del punto
X, Y	Ascissa e ordinata del punto, espresso in [cm]

Sp [cm]	n°	X [m]	Y [m]									
94.00	1	-12.50	-12.50	2	12.50	-12.50	3	12.50	12.50	4	-12.50	12.50
181.00	1	-1.01	-10.23	2	1.01	-10.23	3	2.98	-9.84	4	4.85	-9.07
	5	6.52	-7.95	6	7.95	-6.52	7	9.07	-4.85	8	9.84	-2.98
	9	10.23	-1.01	10	10.23	1.01	11	9.84	2.98	12	9.07	4.85
	13	7.95	6.52	14	6.52	7.95	15	4.85	9.07	16	2.98	9.84
	17	1.01	10.23	18	-1.01	10.23	19	-2.98	9.84	20	-4.85	9.07
	21	-6.52	7.95	22	-7.95	6.52	23	-9.07	4.85	24	-9.84	2.98
	25	-10.23	1.01	26	-10.23	-1.01	27	-9.84	-2.98	28	-9.07	-4.85
	29	-7.95	-6.52	30	-6.52	-7.95	31	-4.85	-9.07	32	-2.98	-9.84
269.00	1	-0.79	-8.00	2	0.79	-8.00	3	2.33	-7.69	4	3.79	-7.09
	5	5.10	-6.21	6	6.21	-5.10	7	7.09	-3.79	8	7.69	-2.33
	9	8.00	-0.79	10	8.00	0.79	11	7.69	2.33	12	7.09	3.79
	13	6.21	5.10	14	5.10	6.21	15	3.79	7.09	16	2.33	7.69
	17	0.79	8.00	18	-0.79	8.00	19	-2.33	7.69	20	-3.79	7.09
	21	-5.10	6.21	22	-6.21	5.10	23	-7.09	3.79	24	-7.69	2.33
	25	-8.00	0.79	26	-8.00	-0.79	27	-7.69	-2.33	28	-7.09	-3.79
	29	-6.21	-5.10	30	-5.10	-6.21	31	-3.79	-7.09	32	-2.33	-7.69
356.00	1	-0.57	-5.77	2	0.57	-5.77	3	1.68	-5.55	4	2.73	-5.11
	5	3.68	-4.48	6	4.48	-3.68	7	5.11	-2.73	8	5.55	-1.68
	9	5.77	-0.57	10	5.77	0.57	11	5.55	1.68	12	5.11	2.73
	13	4.48	3.68	14	3.68	4.48	15	2.73	5.11	16	1.68	5.55
	17	0.57	5.77	18	-0.57	5.77	19	-1.68	5.55	20	-2.73	5.11
	21	-3.68	4.48	22	-4.48	3.68	23	-5.11	2.73	24	-5.55	1.68
	25	-5.77	0.57	26	-5.77	-0.57	27	-5.55	-1.68	28	-5.11	-2.73
	29	-4.48	-3.68	30	-3.68	-4.48	31	-2.73	-5.11	32	-1.68	-5.55
420.00	1	-0.35	-3.54	2	0.35	-3.54	3	1.03	-3.40	4	1.68	-3.14
	5	2.26	-2.75	6	2.75	-2.26	7	3.14	-1.68	8	3.40	-1.03
	9	3.54	-0.35	10	3.54	0.35	11	3.40	1.03	12	3.14	1.68
	13	2.75	2.26	14	2.26	2.75	15	1.68	3.14	16	1.03	3.40
	17	0.35	3.54	18	-0.35	3.54	19	-1.03	3.40	20	-1.68	3.14
	21	-2.26	2.75	22	-2.75	2.26	23	-3.14	1.68	24	-3.40	1.03
	25	-3.54	0.35	26	-3.54	-0.35	27	-3.40	-1.03	28	-3.14	-1.68
	29	-2.75	-2.26	30	-2.26	-2.75	31	-1.68	-3.14	32	-1.03	-3.40

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g _{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
d	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi

c Coesione del terreno espressa in [N/mm²]
ca Adesione del terreno espressa in [N/mm²]
t₁ Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mm²]
a Coeff. di espansione laterale

Descrizione	g	g _{sat}	f	d	c	ca
	[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
PIROCLASTITI SALDATE	23.000	24.000	36.00	24.00	0.0000	0.0000

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N Identificativo strato
Z1 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno Terreno associato allo strato

N	Z1	Z2	Z3	Terreno
	[m]	[m]	[m]	
1	-2.0	-2.0	-2.0	PIROCLASTITI SALDATE

Falda

Falda non presente

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw
		[Kg/cm ² /cm]
Verticale	Kwv	5.030
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(f))

Spostamenti

Piastra

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione
w Spostamento verticale, espresso in [cm]
u Spostamento direzione X, espresso in [cm]
v Spostamento direzione Y, espresso in [cm]
fx Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
fy Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [N/mm²]
kw Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm³/cm]. Il valore viene stampato solo se si è utilizzato il modello di interazione
Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi

In	X	Y		Valore	UM	Cmb	
	[m]	[m]					
2949	0.04	-10.81	w	0.468825	[cm]	7	MAX
4130	0.00	12.50		-0.687526		7	MIN
4130	0.00	12.50	ux	0.007852	[cm]	6	MAX
3007	0.00	-12.50		-0.007852		6	MIN
5718	-12.50	0.00	uy	0.017901	[cm]	2	MAX
180	12.50	0.00		-0.004781		6	MIN
5110	-9.06	-7.11	fx	0.000195	[°]	2	MAX
554	8.96	-7.19		-0.000195		2	MIN
2548	0.06	0.89	fy	0.000663	[°]	7	MAX
3018	-0.17	-12.15		-0.000124		3	MIN
2949	0.04	-10.81	p	0.2312632	[N/mm ²]	7	MAX
2064	3.99	5.97		0.0000096		1	MIN

Verifiche geotecniche

Carico limite

Piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
N	Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]
Np	Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]
Qu	Portanza ultima terreno, espressa in [kN]
Qup	Portanza ultima pali, espressa in [kN], Solo per fondazione mista
Qd	Portanza di progetto ((Pu+Pup)/h), espressa in [kN]
Nt	Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

Ic	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
7	35629.60	0.00	1340080.84	0.00	582643.84	35629.60	16.353 (7)

Coefficienti di capacità portante e caratteristiche terreno di progetto

Simbologia adottata

Ic	Indice piastra
Nc, Nq, Ng	coeff. di capacità portante
N'e, N'q, N'g	coeff. di capacità portante corretti (fattori di forma, di affondamento, ecc.)
Parametri strato equivalente terreno di progetto	
H	Altezza cuneo di rottura, espresso in [m]
g	Peso nell'unità di volume, espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito, espresso in [°]
c	Coesione, espressa in [N/mmq]

Ic	Nc	N'e	Nq	N'q	Ng	N'g	H [m]	g [kN/mc]	f [°]	c [N/mmq]
7	50.59	43.20	37.75	32.18	40.05	23.27	21.72	23.0000	36.000	0.0000

Fattori correttivi portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
ic, iq, ig	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dg	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gg	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, bg	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sg	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, pg	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
egk, egi	Fattori di correzione secondo Cascone
rg	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5BgN _g viene moltiplicato per questo fattore

In tabella sono indicati con il simbolo '-' i coefficienti non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	egk egi	rg
7	0.839 0.843 0.786	1.018 1.011 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.739

Scorrimento

Piastra

Simbologia adottata

n°	Indice plinto
T	Carico orizzontale trasferito al terreno, espresso in [kN]
Tp	Carico orizzontale trasferito ai pali, espresso in [kN]
Ru	Resistenza ultima allo scorrimento, espressa in [kN]
Rd	Resistenza di progetto allo scorrimento, espressa in [kN]
FS	Fattore di sicurezza allo scorrimento (Rd/T). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	T [kN]	Tp [kN]	Ru [kN]	Rd [kN]	FS
1	2391.00	0.00	15863.32	14421.20	6.031 (7)

Fondazione superficiale

Simbologia adottata

Oggetto	Oggetto al quale appartiene il punto di calcolo
X, Y	Coordinate punto in cui è stato calcolato il cedimento, espresso in [m]
w	Cedimento, espresso in [cm]
Ic	Indice combinazione

Id	X [m]	Y [m]	w [cm]	Ic
Piastra n° 1	12.50	0.00	116.1300	4
Piastra n° 1	12.44	1.23	111.1604	4
Piastra n° 1	12.26	2.44	106.2902	4
Piastra n° 1	11.96	3.63	101.4812	4
Piastra n° 1	11.55	4.78	96.8227	4
Piastra n° 1	11.02	5.89	92.3398	4
Piastra n° 1	10.39	6.94	88.0953	4
Piastra n° 1	9.66	7.93	84.1125	4
Piastra n° 1	8.84	8.84	80.4458	4
Piastra n° 1	7.93	9.66	77.1157	4
Piastra n° 1	6.94	10.39	74.1678	4
Piastra n° 1	5.89	11.02	71.6181	4
Piastra n° 1	4.78	11.55	69.5027	4
Piastra n° 1	3.63	11.96	67.8311	4
Piastra n° 1	2.44	12.26	66.6297	4
Piastra n° 1	1.23	12.44	65.9002	4
Piastra n° 1	0.00	12.50	65.6593	4
Piastra n° 1	-1.23	12.44	65.8997	4
Piastra n° 1	-2.44	12.26	66.6287	4
Piastra n° 1	-3.63	11.96	67.8293	4
Piastra n° 1	-4.78	11.55	69.5007	4
Piastra n° 1	-5.89	11.02	71.6153	4
Piastra n° 1	-6.94	10.39	74.1651	4
Piastra n° 1	-7.93	9.66	77.1119	4
Piastra n° 1	-8.84	8.84	80.4426	4
Piastra n° 1	-9.66	7.93	84.1082	4
Piastra n° 1	-10.39	6.94	88.0917	4
Piastra n° 1	-11.02	5.89	92.3346	4
Piastra n° 1	-11.55	4.78	96.8182	4
Piastra n° 1	-11.96	3.63	101.4757	4
Piastra n° 1	-12.26	2.44	106.2879	4
Piastra n° 1	-12.44	1.23	111.1801	4
Piastra n° 1	-12.50	0.00	116.1355	4
Piastra n° 1	-12.44	-1.23	121.0747	4
Piastra n° 1	-12.26	-2.44	125.9838	4
Piastra n° 1	-11.96	-3.63	130.7792	4
Piastra n° 1	-11.55	-4.78	135.4535	4
Piastra n° 1	-11.02	-5.89	139.9212	4
Piastra n° 1	-10.39	-6.94	144.1808	4
Piastra n° 1	-9.66	-7.93	148.1477	4
Piastra n° 1	-8.84	-8.84	151.8292	4
Piastra n° 1	-7.93	-9.66	155.1441	4
Piastra n° 1	-6.94	-10.39	158.1083	4
Piastra n° 1	-5.89	-11.02	160.6429	4
Piastra n° 1	-4.78	-11.55	162.7724	4
Piastra n° 1	-3.63	-11.96	164.4247	4
Piastra n° 1	-2.44	-12.26	165.6366	4
Piastra n° 1	-1.23	-12.44	166.3071	4
Piastra n° 1	0.00	-12.50	166.6121	4
Piastra n° 1	1.23	-12.44	166.3602	4
Piastra n° 1	2.44	-12.26	165.6468	4
Piastra n° 1	3.63	-11.96	164.4309	4
Piastra n° 1	4.78	-11.55	162.7748	4
Piastra n° 1	5.89	-11.02	160.6448	4
Piastra n° 1	6.94	-10.39	158.1100	4
Piastra n° 1	7.93	-9.66	155.1482	4
Piastra n° 1	8.84	-8.84	151.8334	4
Piastra n° 1	9.66	-7.93	148.1523	4
Piastra n° 1	10.39	-6.94	144.1841	4
Piastra n° 1	11.02	-5.89	139.9257	4
Piastra n° 1	11.55	-4.78	135.4571	4
Piastra n° 1	11.96	-3.63	130.7853	4
Piastra n° 1	12.26	-2.44	125.9603	4
Piastra n° 1	12.44	-1.23	121.0523	4
Piastra n° 1	0.00	0.00	234.3084	4

9.0 VERIFICHE SULLA TIPOLOGIA 3

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rck	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [N/mm ²]
g _{cs}	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [N/mm ²]
n	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [N/mm ²]	g _{cs} [kN/mc]	E [N/mm ²]	n	n	TA
1	C50/60	C50/60	60.000	24.52	37239.106	0.200	15.00	B450C
2	C25/30	C25/30	30.000	24.52	31447.048	0.200	15.00	B450C

Geometria

Coordinate contorno esterno

n°	X [m]	Y [m]									
1	12.50	0.00	2	12.44	1.23	3	12.26	2.44	4	11.96	3.63
5	11.55	4.78	6	11.02	5.89	7	10.39	6.94	8	9.66	7.93
9	8.84	8.84	10	7.93	9.66	11	6.94	10.39	12	5.89	11.02
13	4.78	11.55	14	3.63	11.96	15	2.44	12.26	16	1.23	12.44
17	0.00	12.50	18	-1.23	12.44	19	-2.44	12.26	20	-3.63	11.96
21	-4.78	11.55	22	-5.89	11.02	23	-6.94	10.39	24	-7.93	9.66
25	-8.84	8.84	26	-9.66	7.93	27	-10.39	6.94	28	-11.02	5.89
29	-11.55	4.78	30	-11.96	3.63	31	-12.26	2.44	32	-12.44	1.23
33	-12.50	0.00	34	-12.44	-1.23	35	-12.26	-2.44	36	-11.96	-3.63
37	-11.55	-4.78	38	-11.02	-5.89	39	-10.39	-6.94	40	-9.66	-7.93
41	-8.84	-8.84	42	-7.93	-9.66	43	-6.94	-10.39	44	-5.89	-11.02
45	-4.78	-11.55	46	-3.63	-11.96	47	-2.44	-12.26	48	-1.23	-12.44
49	0.00	-12.50	50	1.23	-12.44	51	2.44	-12.26	52	3.63	-11.96
53	4.78	-11.55	54	5.89	-11.02	55	6.94	-10.39	56	7.93	-9.66
57	8.84	-8.84	58	9.66	-7.93	59	10.39	-6.94	60	11.02	-5.89
61	11.55	-4.78	62	11.96	-3.63	63	12.26	-2.44	64	12.44	-1.23

Spessori piastra

Simbologia adottata

Sp	Spessore, espresso in [cm]
n°	Indice del punto
X, Y	Ascissa e ordinata del punto, espresso in [cm]

Sp [cm]	n°	X [m]	Y [m]									
94.00	1	-12.50	-12.50	2	12.50	-12.50	3	12.50	12.50	4	-12.50	12.50
181.00	1	-1.01	-10.23	2	1.01	-10.23	3	2.98	-9.84	4	4.85	-9.07
	5	6.52	-7.95	6	7.95	-6.52	7	9.07	-4.85	8	9.84	-2.98
	9	10.23	-1.01	10	10.23	1.01	11	9.84	2.98	12	9.07	4.85
	13	7.95	6.52	14	6.52	7.95	15	4.85	9.07	16	2.98	9.84
	17	1.01	10.23	18	-1.01	10.23	19	-2.98	9.84	20	-4.85	9.07
	21	-6.52	7.95	22	-7.95	6.52	23	-9.07	4.85	24	-9.84	2.98
	25	-10.23	1.01	26	-10.23	-1.01	27	-9.84	-2.98	28	-9.07	-4.85
	29	-7.95	-6.52	30	-6.52	-7.95	31	-4.85	-9.07	32	-2.98	-9.84
269.00	1	-0.79	-8.00	2	0.79	-8.00	3	2.33	-7.69	4	3.79	-7.09
	5	5.10	-6.21	6	6.21	-5.10	7	7.09	-3.79	8	7.69	-2.33
	9	8.00	-0.79	10	8.00	0.79	11	7.69	2.33	12	7.09	3.79
	13	6.21	5.10	14	5.10	6.21	15	3.79	7.09	16	2.33	7.69
	17	0.79	8.00	18	-0.79	8.00	19	-2.33	7.69	20	-3.79	7.09
	21	-5.10	6.21	22	-6.21	5.10	23	-7.09	3.79	24	-7.69	2.33
	25	-8.00	0.79	26	-8.00	-0.79	27	-7.69	-2.33	28	-7.09	-3.79
	29	-6.21	-5.10	30	-5.10	-6.21	31	-3.79	-7.09	32	-2.33	-7.69
356.00	1	-0.57	-5.77	2	0.57	-5.77	3	1.68	-5.55	4	2.73	-5.11
	5	3.68	-4.48	6	4.48	-3.68	7	5.11	-2.73	8	5.55	-1.68
	9	5.77	-0.57	10	5.77	0.57	11	5.55	1.68	12	5.11	2.73
	13	4.48	3.68	14	3.68	4.48	15	2.73	5.11	16	1.68	5.55
	17	0.57	5.77	18	-0.57	5.77	19	-1.68	5.55	20	-2.73	5.11
	21	-3.68	4.48	22	-4.48	3.68	23	-5.11	2.73	24	-5.55	1.68
	25	-5.77	0.57	26	-5.77	-0.57	27	-5.55	-1.68	28	-5.11	-2.73
	29	-4.48	-3.68	30	-3.68	-4.48	31	-2.73	-5.11	32	-1.68	-5.55
425.00	1	-0.35	-3.54	2	0.35	-3.54	3	1.03	-3.40	4	1.68	-3.14
	5	2.26	-2.75	6	2.75	-2.26	7	3.14	-1.68	8	3.40	-1.03
	9	3.54	-0.35	10	3.54	0.35	11	3.40	1.03	12	3.14	1.68
	13	2.75	2.26	14	2.26	2.75	15	1.68	3.14	16	1.03	3.40
	17	0.35	3.54	18	-0.35	3.54	19	-1.03	3.40	20	-1.68	3.14
	21	-2.26	2.75	22	-2.75	2.26	23	-3.14	1.68	24	-3.40	1.03
	25	-3.54	0.35	26	-3.54	-0.35	27	-3.40	-1.03	28	-3.14	-1.68
	29	-2.75	-2.26	30	-2.26	-2.75	31	-1.68	-3.14	32	-1.03	-3.40

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia
Descrizione	Descrizione tipologia
Geometria	Geometria tipologia (Pali in c.a o Pali in acciaio)
Armatura	Tipologia armatura per pali in c.a.
Portanza	Aliquote contributi portanza (solo Punta, solo Laterale, Entrambe)
Vincolo	Grado di vincolo alla testa del palo (Incastro o Cerniera)
TC	Tipologia costruttiva del palo (Trivellato o Infisso)
Mat	Indice materiale tipologia palo

Pt Pressione quota testa palo, espressa in [N/mm²]

n°	Descrizione	Geometria	Armatura	Portanza	Vincolo	TC	Mat	Pt
1	Pali trivellati in c.a.	Pali circolari in c.a.	Ferri longitudinali + staffe	Entrambe	Incastro	Trivellato	2	0.000

Caratteristiche pali

Simbologia adottata

n°	Indice palo
X	Ascissa palo, espressa in [m]
Y	Ordinata palo, espressa in [m]
d	Diametro palo, espresso in [cm]
l	Lunghezza palo, espressa in [m]
nodo	Indice nodo su cui è posizionato il palo
It	Indice tipologia palo

n°	X [m]	Y [m]	D [cm]	L [m]	Nodo	It
1	9.14	0.00	100.00	20.00	182	1
2	7.92	4.57	100.00	20.00	1105	1
3	4.57	7.92	100.00	20.00	2522	1
4	0.00	9.14	100.00	20.00	3876	1
5	-4.57	7.92	100.00	20.00	4796	1
6	-7.92	4.57	100.00	20.00	5388	1
7	-9.14	0.00	100.00	20.00	5548	1
8	-7.92	-4.57	100.00	20.00	4966	1
9	-4.57	-7.92	100.00	20.00	4097	1
10	0.00	-9.14	100.00	20.00	2850	1
11	4.57	-7.92	100.00	20.00	1467	1
12	7.92	-4.57	100.00	20.00	354	1

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g _{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
d	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [N/mm ²]
ca	Adesione del terreno espressa in [N/mm ²]
t _i	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [N/mm ²]
a	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	g [kN/mc]	g _{sat} [kN/mc]	Parametri	f [°]	d [°]	c [N/mm ²]	ca [N/mm ²]	t _i [N/mm ²]	a
PIROCLASTITI DEBOLMENTE SALDATE	20.000	21.000	Caratteristici	36.00	24.00	0.0000	0.0000	0.0000	1.00
			Minimi	36.00	24.00	0.0000	0.0000	0.0000	
			Medi	36.00	24.00	0.0000	0.0000	0.0000	

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato
K _s	Coefficiente di spinta
K _w	Costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm ² /cm]
a	Coeff. di sbulatura

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno	K _s	K _w [Kg/cm ² /cm]	a
1	-2.0	-2.0	-2.0	PIROCLASTITI DEBOLMENTE SALDATE	0.330	4.770	1.000

Falda

Falda non presente

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	K _w [Kg/cm ² /cm]
Verticale	K _{wv}	4.770
Orizzontale	K _{wo}	Calcolata dal programma (K _{wo} =K _{wv} *tan(f))

Risultati involucro

Spostamenti

Piastra

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
w	Spostamento verticale, espresso in [cm]
u	Spostamento direzione X, espresso in [cm]
v	Spostamento direzione Y, espresso in [cm]
fx	Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
fy	Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p	Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [N/mmq]
kw	Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm ² /cm]. Il valore viene stampato solo se si è utilizzato il modello di interazione

Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi

In	X	Y		Valore	UM	Cmb	
	[m]	[m]					
2492	-0.04	-6.87	w	0.311333	[cm]	2	MAX
4258	0.00	12.50		-0.186420		7	MIN
4258	0.00	12.50	ux	0.007427	[cm]	6	MAX
3054	0.00	-12.50		-0.007427		6	MIN
5848	-12.50	0.00	uy	0.017000	[cm]	2	MAX
180	12.50	0.00		-0.004506		6	MIN
5192	-8.99	-6.67	fx	0.000164	[°]	2	MAX
510	9.18	-6.87		-0.000164		2	MIN
2518	0.05	0.49	fy	0.000356	[°]	7	MAX
3066	-0.17	-12.15		-0.000122		2	MIN
2492	-0.04	-6.87	p	0.1456369	[N/mmq]	2	MAX
4779	-4.92	7.27		0.0000036		1	MIN

Pali

Simbologia adottata

In	Indice sezione
Y	ordinata palo espressa in [m]
Ur	spostamento limite espresso in [cm]
Pr	pressione limite espressa in [N/mmq]
Ue	spostamento in esercizio espresso in [cm]
Pe	pressione in esercizio espressa in [N/mmq]

Palo n° 1

n°	Y	Ue	Ur	Pe	Pr
	[m]	[cm]	[cm]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	0.00	0.0092 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0069 (2)	0.1730 (1)	0.0032 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0036 (2)	0.0891 (1)	0.0017 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0012 (2)	0.0293 (1)	0.0005 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0004 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0003 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0002 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0000 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 2

n°	Y	Ue	Ur	Pe	Pr
	[m]	[cm]	[cm]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	0.00	0.0100 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0075 (2)	0.1730 (1)	0.0035 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0039 (2)	0.0891 (1)	0.0018 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0013 (2)	0.0293 (1)	0.0006 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0004 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0004 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0002 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0000 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 3

n°	Y	Ue	Ur	Pe	Pr
	[m]	[cm]	[cm]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	0.00	0.0117 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0088 (2)	0.1730 (1)	0.0041 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0045 (2)	0.0891 (1)	0.0021 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0015 (2)	0.0293 (1)	0.0007 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0005 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0004 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0003 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0001 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 4

n°	Y	Ue	Ur	Pe	Pr
	[m]	[cm]	[cm]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	0.00	0.0135 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0102 (2)	0.1730 (1)	0.0048 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0053 (2)	0.0891 (1)	0.0025 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0017 (2)	0.0293 (1)	0.0008 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0005 (2)	-0.0093 (1)	-0.0003 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0005 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0003 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	-0.0001 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0001 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 5

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mmqa]	Pr [N/mmqa]
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0001 (2)	0.0010 (1)

Palo n° 12

n°	Y [m]	Ue [cm]	Ur [cm]	Pe [N/mmqa]	Pr [N/mmqa]
1	0.00	0.0100 (2)	0.2297 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)
11	2.00	0.0075 (2)	0.1730 (1)	0.0035 (2)	0.0809 (1)
21	4.00	0.0039 (2)	0.0891 (1)	0.0018 (2)	0.0417 (1)
31	6.00	0.0013 (2)	0.0293 (1)	0.0006 (2)	0.0137 (1)
41	8.00	0.0000 (2)	-0.0003 (1)	0.0000 (2)	-0.0001 (1)
51	10.00	-0.0004 (2)	-0.0093 (1)	-0.0002 (2)	-0.0043 (1)
61	12.00	-0.0004 (2)	-0.0085 (1)	-0.0002 (2)	-0.0040 (1)
71	14.00	-0.0002 (2)	-0.0051 (1)	-0.0001 (2)	-0.0024 (1)
81	16.00	-0.0001 (2)	-0.0020 (1)	0.0000 (2)	-0.0009 (1)
91	18.00	0.0000 (2)	0.0003 (1)	0.0000 (2)	0.0001 (1)
101	20.00	0.0001 (2)	0.0022 (1)	0.0000 (2)	0.0010 (1)

Verifiche geotecniche

Carico limite

Piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
N	Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]
Np	Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]
Qu	Portanza ultima terreno, espressa in [kN]
Qup	Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista
Qd	Portanza di progetto ((Pu+Pup)/h), espressa in [kN]
Nt	Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

Ic	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
7	26826.44	8851.56	1061177.12	97720.12	503868.37	35678.00	18.783 (7)

Coefficienti di capacità portante e caratteristiche terreno di progetto

Simbologia adottata

Ic	Indice piastra
Nc, Nq, Ng	coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N'g	coeff. di capacità portante corretti (fattori di forma, di affondamento, ecc.)
<u>Parametri strato equivalente terreno di progetto</u>	
H	Altezza cuneo di rottura, espresso in [m]
g	Peso nell'unità di volume, espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito, espresso in [°]
c	Coesione, espressa in [N/mmqa]

Ic	Nc	N'c	Nq	N'q	Ng	N'g	H [m]	g [kN/mc]	f [°]	c [N/mmqa]
7	50.59	41.68	37.75	31.09	40.05	22.15	21.72	20.0000	36.000	0.0000

Fattori correttivi portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
ic, iq, ig	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dg	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gg	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, bg	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sg	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, pg	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
egk, egi	Fattori di correzione secondo Cascone
rg	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5BgN _g viene moltiplicato per questo fattore

In tabella sono indicati con il simbolo '-' i coefficienti non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	egk egi	rg
7	0.809 0.814 0.748	1.018 1.011 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.739

Pali

Simbologia adottata

n°	Indice palo
Oggetto	Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)
N	Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kN]
Pd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FSv	Fattore di sicurezza (Pd/N). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.
T	Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kN]
Td	Portanza trasversale di progetto, espresso in [kN]
FS _o	Fattore di sicurezza (Vd/V). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	Oggetto	N [kN]	Pd [kN]	FSv	T [kN]	Td [kN]	FS _o
1	Piastra 1	1050.67	7719.62	7.347 (3)	13.88	254.95	18.373 (2)
2	Piastra 1	1033.22	7719.62	7.471 (5)	15.03	254.95	16.968 (2)

n°	Oggetto	N	Pd	FSv	T	Td	FSo
		[kN]	[kN]		[kN]	[kN]	
3	Piastra 1	-750.05	1253.97	1.672 (7)	17.65	254.95	14.449 (2)
4	Piastra 1	-1029.04	1253.97	1.219 (7)	20.41	254.95	12.493 (2)
5	Piastra 1	-750.35	1253.97	1.671 (7)	22.54	254.95	11.313 (2)
6	Piastra 1	1032.69	7719.62	7.475 (5)	23.79	254.95	10.716 (2)
7	Piastra 1	1050.67	7719.62	7.347 (3)	24.20	254.95	10.537 (2)
8	Piastra 1	1779.17	7719.62	4.339 (2)	23.79	254.95	10.716 (2)
9	Piastra 1	2309.32	7719.62	3.343 (2)	22.53	254.95	11.314 (2)
10	Piastra 1	2502.95	7719.62	3.084 (2)	20.41	254.95	12.493 (2)
11	Piastra 1	2310.51	7719.62	3.341 (2)	17.65	254.95	14.448 (2)
12	Piastra 1	1778.25	7719.62	4.341 (2)	15.02	254.95	16.969 (2)

Dettagli calcolo portanza verticale

Simbologia adottata

n°	Indice palo
Oggetto	Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)
Nc, Nq	Coeff. di capacità portante
N'c, N'q	Coeff. di capacità portante corretti
Zc	Profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]
Pp, Pl	Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kN]
A	Attrito negativo, espresso in [kN]

n°	Oggetto	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc	Pp	Pl	A
						[m]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
2	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
3	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
4	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
5	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
6	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
7	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
8	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
9	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
10	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
11	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00
12	Piastra 1	79.007	79.007	52.308	52.308	--	16432.95 16432.95	1846.32 1846.32	0.00

Scorrimento

Piastra

Simbologia adottata

n°	Indice plinto
T	Carico orizzontale trasferito al terreno, espresso in [kN]
Tp	Carico orizzontale trasferito ai pali, espresso in [kN]
Ru	Resistenza ultima allo scorrimento, espressa in [kN]
Rd	Resistenza di progetto allo scorrimento, espressa in [kN]
FS	Fattore di sicurezza allo scorrimento (Rd/T). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	T	Tp	Ru	Rd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	2391.00	232.69	11943.90	10858.09	6.053 (7)