



# CITTA' DI NETTUNO

*Città Metropolitana di Roma Capitale*



Lavori di completamento Teatro Comunale 2° Lotto Funzionale  
CIG 73836794A CUP G71E17000130004

## PROGETTO ESECUTIVO

Responsabile dell' Integrazione fra le varie  
specialistiche: Ing. Alfredo Ingletti

Il Progettista Mandataria:

Mandante:



**3TI PROGETTI ITALIA**  
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.  
Lgt. V. Gassman 22, 00146 ROMA - ITALIA  
tel +39 0655301518 fax +39 0655301522  
[www.3tiprogetti.it](http://www.3tiprogetti.it) - [info@3tiprogetti.it](mailto:info@3tiprogetti.it)



Responsabile dell'elaborato:  
Ing. Alfredo Ingletti

Coordinatore per la Sicurezza in fase di progettazione  
Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Responsabile Unico del Procedimento:  
Arch. Stefano Bernicchia

TITOLO ELABORATO:

## PROGETTO STRUTTURALE

### RELAZIONE GEOTECNICA

CODICE PROGETTO

NOME FILE

PE03STRRE07B

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

1012752

E

CODICE ELAB.

PE03STRRE07

B

-

C					
B	ISTRUTTORIA GENIO CIVILE	19.11.2019	R.SAITTA	L.MEZZADRI	A.INGLETTI
A	EMISSIONE	15.05.2019	R.SAITTA	L.MEZZADRI	A.INGLETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



## RELAZIONE GEOTECNICA

### Sommario

1.	PREMESSA .....	3
2.	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	3
2.1.	Descrizione fondazioni superficiali .....	3
2.2.	Descrizione fondazioni profonde.....	4
3.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
4.	VERIFICHE DI SICUREZZA .....	6
5.	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	8
5.1.	FONDAZIONI SUPERFICIALI .....	8
5.1.1.	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI.....	8
5.1.2.	VERIFICA A SLITTAMENTO.....	24
5.1.3.	FATTORI CORRETTIVI SISMICI: PAOLUCCI E PECKER .....	24
5.1.4.	CEDIMENTI ELASTICI .....	25
5.1.5.	CEDIMENTI EDOMETRICI.....	26
5.2.	FONDAZIONI PROFONDE .....	28
5.2.1.	CARICO CRITICO .....	28
5.2.2.	PORTATA LATERALE .....	29
5.2.3.	PALI SOGGETTI A CARICHI ORIZZONTALI (TEORIA DI BROMS).....	34
5.2.4.	CEDIMENTI .....	37
6.	COEFFICIENTI SISMICI .....	41
7.	STRATIGRAFIA TERRENO.....	42
8.	PLATEA SCALA A – SEZ. 180X900X40 CM .....	45
8.1.	Verifiche geotecniche .....	45
8.2.	Verifiche strutturali .....	77
9.	PLATEA SCALA C – 330X260X30 CM .....	80
9.1.	Verifiche geotecniche .....	80

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 2/187

<b>9.2. Verifiche strutturali .....</b>	<b>93</b>
<b>10. TRAVE SCALA D – 100X80 CM .....</b>	<b>97</b>
10.1. Verifica geotecnica .....	97
10.2. Verifica strutturale .....	106
<b>11. PLATEA PENSILINA – 590X260X30 CM .....</b>	<b>110</b>
11.1. Verifiche geotecniche .....	110
11.2. Verifiche strutturali .....	145
<b>12. PLATEA CABINA DI MANOVRA – 400X450X25 CM .....</b>	<b>148</b>
12.1. Verifiche geotecniche .....	148
12.2. Verifiche strutturali .....	157
<b>13. PLATEA AREA MACCHINE – 500X500X30 CM .....</b>	<b>161</b>
13.1. Verifiche geotecniche .....	161
13.2. Verifiche strutturali .....	166
<b>14. MICROPALO SCALA G – TUBO 146X8 MM L=6M .....</b>	<b>170</b>
14.1. Verifiche geotecniche .....	170
14.2. Verifiche strutturali .....	173
<b>15. MICROPALO GRATICCIA – TUBO 203X12.5 MM L=14 M .....</b>	<b>176</b>
15.1. Verifiche geotecniche .....	176
15.2. Verifiche strutturali .....	179
<b>16. TRAVI DI COLLEGAMENTO .....</b>	<b>183</b>
16.1. Graticcia .....	184
16.2. Scala G .....	185
<b>17. INTERAZIONE NUOVE FONDAZIONI – FONDAZIONI ESISTENTI .....</b>	<b>187</b>



## 1. PREMESSA

La presente relazione espone le verifiche geotecniche e sulle fondazioni nuove strutture per il completamento del Teatro del Comune di Nettuno(RM).

## 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Gli interventi strutturali previsti si inseriscono all'interno delle parti strutturali realizzate con il 1° lotto funzionale del teatro e sono, rispetto ad esse, strutturalmente indipendenti.  
In particolare le verifiche e il calcolo strutturali interessano:

- Pensilina di ingresso;
- Scala esterna in acciaio A;
- Scala esterna in acciaio C;
- Scala esterna in acciaio D;
- Scala interna H;
- Scala interna in acciaio G;
- Scala e struttura portante del piano di graticcia L;
- Muretto esterno in C.A. contro terra lato sud;
- Cisterna;
- Soletta porta impianti;

Tutti gli elementi del seguente progetto saranno giuntati sismicamente sia in elevazione che in fondazione. Pertanto tali interventi si possono inquadrare come nuove costruzioni giuntate sismicamente.

Le strutture di fondazione saranno sia superficiali sia profonde.

### 2.1. Descrizione fondazioni superficiali

Le fondazioni superficiali saranno le seguenti:

- Scala A – platea 180x900x40 cm
- Scala C – platea 330x260x30 cm
- Scala D – trave rovescia sez. 100x80
- Pensilina – platea 590x260x30 cm
- Cabina di manovra – platea 400x450x25 cm
- Cabina area macchine – 500x500x30 cm



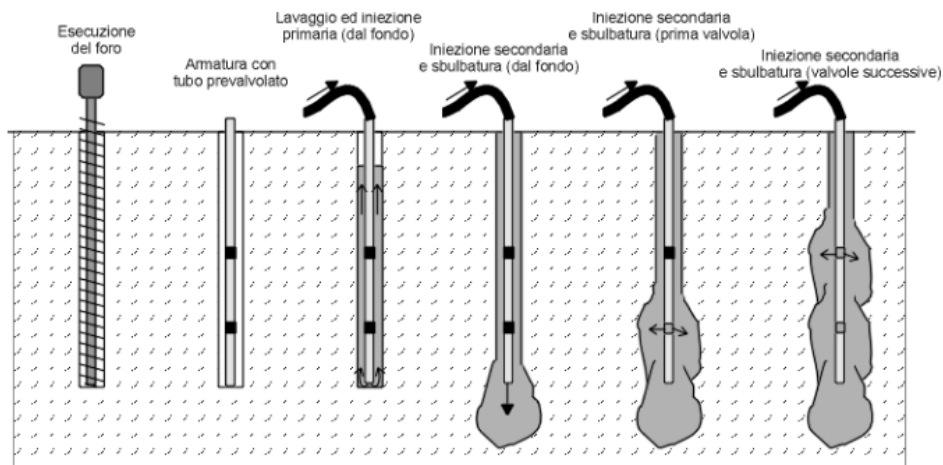
## 2.2. Descrizione fondazioni profonde

Le fondazioni profonde riguarderanno le seguenti strutture:

- Scala G
- Graticcia

Esse saranno costituite da micropali di tipo IRS (iniezione ripetuta selettiva) con valvola sia di fondo, sia ogni metro lungo lo sviluppo longitudinale. L'esecuzione seguirà le seguenti modalità operative:

- a) Perforazione del terreno sotto al manufatto (fondazione di fabbricato) mediante una attrezzatura da perforazione a rotazione, di potenza adeguata al diametro del foro da eseguire
- b) Eventuale protezione del foro tramite lamierino metallico se le caratteristiche del terreno lo richiedono
- c) Immissione del tubo-armatura del micropalo dotato di manicotti per la giunzione degli spezzoni o di filettature maschio-femmina
- d) Esecuzione di iniezione cementizia dal fondo fino alla refluzione in superficie della boiaccia tramite l'intercapedine tubo-terreno o tubo-lamierino per la pulizia del foro
- e) Iniezioni ripetute e "sbulbatura"



I micropali saranno collegati in testa come previsto al §7.2.5 delle NTC2018.

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

### 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- **Norme tecniche per le Costruzioni 2018**  
Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.
- **Circolare n.7 del 21 gennaio 2019**  
Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018"



## 4. VERIFICHE DI SICUREZZA

Per le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico (**GEO**) per carico limite e per scorrimento si deve fare riferimento all'**approccio 2**.

L'analisi deve essere condotta con la Combinazione (**A1+M1+R3**), nella quale i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (**M1**) sono unitari, i coefficienti parziali sulle azioni (**A1**) sono indicati dalla tabella 6.2.I e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite i coefficienti  $\gamma_R$  del gruppo **R3** riportati in tab. 6.4.I.

**Tab. 6.2.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ ( $\phi\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti $G_2$ (1)	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

(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  $\gamma_{G1}$

**Tab. 6.4.I** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.1$

### Stati Limite di Esercizio (SLE)

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (Cd), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (Ed), attraverso la seguente espressione formale:

$$Ed < Cd$$

Ed = valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione

Cd = valore limite dell'effetto delle azioni (spostamenti e deformazioni che possano compromettere la funzionalità di una struttura).

I valori degli spostamenti e delle distorsioni andranno calcolati considerando le combinazioni di carico per gli SLE specificate al §2.5.3:

- Combinazione frequente
- Combinazione quasi permanente s.l.t.

Le verifiche relative alle deformazioni (cedimenti) e agli spostamenti si effettuano adoperando i valori caratteristici dei parametri ( $f_k$ ).



Nelle analisi, devono essere impiegati i valori caratteristici delle proprietà meccaniche e pertanto i relativi coefficienti parziali di sicurezza devono sempre essere assunti unitari ( $f_k = f_d$ ): si adottano i valori caratteristici dei moduli di deformazione dei terreni ( $E'_k$ ,  $E_{edk}$ ).

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio già definiti in precedenza (§ 3.2.1 NTC), con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1.

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nel presente Capitolo 7 oppure con i  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato

#### **Stato Limite Ultimo (SLV) per carico limite (§ 7.11.5.3.1)**

Le azioni derivano dall'analisi della struttura in elevazione come specificato al § 7.2.5. Le resistenze sono i corrispondenti valori limite che producono il collasso del complesso fondazione-terreno; esse sono valutabili mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica, tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione e dell'eccentricità delle azioni in fondazione. Il corrispondente valore di progetto si ottiene applicando il coefficiente  $\gamma_R$  di Tabella 7.11.II. Se, nel calcolo del carico limite, si considera esplicitamente l'effetto delle azioni inerziali sul volume di terreno significativo (e.g. Richards et al., Paolucci e Pecker), il coefficiente  $\gamma_R$  può essere ridotto a 1.8.

Stato Limite Ultimo (SLV) per scorrimento sul piano di posa (§ 7.11.5.3.1)

Per azione si intende il valore della forza agente parallelamente al piano di scorrimento, per resistenza si intende la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

Specificamente, si può tener conto della resistenza lungo le superfici laterali nel caso di contatto diretto fondazione-terreno in scavi a sezione obbligata o di contatto diretto fondazione-calcestruzzo o fondazione-acciaio in scavi sostenuti da paratie o palancole.

In tali casi, il progettista deve indicare l'aliquota della resistenza lungo le superfici laterali che intende portare in conto, da giustificare con considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche dei terreni e ai criteri costruttivi dell'opera.

Ai fini della verifica allo scorrimento, si può considerare la resistenza passiva solo nel caso di effettiva permanenza di tale contributo, portando in conto un'aliquota non superiore al 50%.

#### **Stato limite di esercizio (SLD)**

A meno dell'impiego di specifiche analisi dinamiche, in grado di fornire la risposta deformativa del sistema fondazione-terreno, la verifica nei confronti dello stato limite di danno può essere ritenuta soddisfatta impiegando le azioni corrispondenti allo SLD e determinando il carico limite di progetto con il coefficiente  $\gamma_R$  riportato nella Tabella 7.11.II.

**Tab. 7.11.II** - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche degli stati limite (SLV) delle fondazioni superficiali con azioni sismiche

Verifica	Coefficiente parziale
Carico limite	2.3
Scorrimento	1.1
Resistenza sulle superfici laterali	1.3





## 5. METODOLOGIA DI CALCOLO

### 5.1. FONDAZIONI SUPERFICIALI

#### 5.1.1. CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di Frolich), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

**Prandtl** ha studiato il problema della rottura di un semispazio elastico per effetto di un carico applicato sulla sua superficie con riferimento all'acciaio, caratterizzando la resistenza a rottura con una legge del tipo:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi \quad \text{valida anche per i terreni.}$$

Le ipotesi e le condizioni introdotte dal Prandtl sono le seguenti:

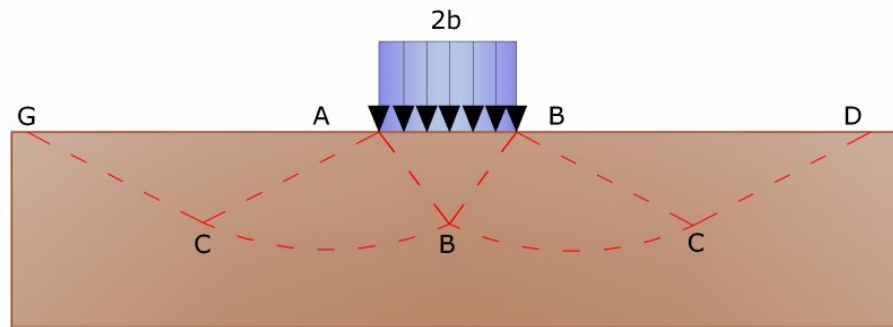
- Materiale privo di peso e quindi  $\gamma=0$
- Comportamento rigido - plastico
- Resistenza a rottura del materiale esprimibile con la relazione  $\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi$
- Carico uniforme, verticale ed applicato su una striscia di lunghezza infinita e di larghezza  $2b$  (stato di deformazione piana)
- Tensioni tangenziali nulle al contatto fra la striscia di carico e la superficie limite del semispazio.

All'atto della rottura si verifica la plasticizzazione del materiale racchiuso fra la superficie limite del semispazio e la superficie *GFBCD*.

Nel triangolo *AEB* la rottura avviene secondo due famiglie di segmenti rettilinei ed inclinati di  $45^\circ + \varphi/2$  rispetto all'orizzontale.

Nelle zone *ABF* e *EBC* la rottura si produce lungo due famiglie di linee, l'una costituita da segmenti rettilinei passanti rispettivamente per i punti *A* ed *E* e l'altra da archi di due famiglie di spirali logaritmiche.

I poli di queste sono i punti *A* ed *E*. Nei triangoli *AFG* e *ECD* la rottura avviene su segmenti inclinati di  $\pm (45^\circ + \varphi/2)$  rispetto alla verticale.



*Meccanismo di rottura di Prandtl*

Individuato così il volume di terreno portato a rottura dal carico limite, questo può essere calcolato scrivendo la condizione di equilibrio fra le forze agenti su qualsiasi volume di terreno delimitato in basso da una qualunque delle superfici di scorrimento.

Si arriva quindi ad una equazione  $q = B \cdot c$ , dove il coefficiente B dipende soltanto dall'angolo di attrito  $\varphi$  del terreno.

$$B = \cot \varphi \left[ e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 (45^\circ + \varphi / 2) - 1 \right]$$

Per  $\varphi=0$  il coefficiente B risulta pari a 5.14, quindi  $q=5.14 \cdot c$ .

Nell'altro caso particolare di terreno privo di coesione ( $c=0$ ,  $\gamma \neq 0$ ) risulta  $q=0$ , secondo la teoria di **Prandtl**, non sarebbe dunque possibile applicare nessun carico sulla superficie limite di un terreno incoerente.

Da questa teoria, anche se non applicabile praticamente, hanno preso le mosse tutte le ricerche ed i metodi di calcolo successivi.

Infatti **Caqnot** si pose nelle stesse condizioni di Prandtl ad eccezione del fatto che la striscia di carico non è più applicata sulla superficie limite del semispazio, ma a una profondità  $h$ , con  $h \leq 2b$ ; il terreno compreso tra la superficie e la profondità  $h$  ha le seguenti caratteristiche:  $\gamma \neq 0$ ,  $\varphi=0$ ,  $c=0$  e cioè sia un mezzo dotato di peso ma privo di resistenza.

Risolvendo le equazioni di equilibrio si arriva all'espressione:

$$q = A \cdot \gamma_1 + B \cdot c$$

che è sicuramente un passo avanti rispetto a Prandtl, ma che ancora non rispecchia la realtà.



### **Metodo di Terzaghi (1955)**

Terzaghi, proseguendo lo studio di Caquot, ha apportato alcune modifiche per tenere conto delle effettive caratteristiche dell'insieme opera di fondazione-terreno.

Sotto l'azione del carico trasmesso dalla fondazione il terreno che si trova a contatto con la fondazione stessa tende a sfuggire lateralmente, ma ne è impedito dalle resistenze tangenziali che si sviluppano fra la fondazione ed il terreno. Ciò comporta una modifica dello stato tensionale nel terreno posto direttamente al di sotto della fondazione; per tenerne conto *Terzaghi* assegna ai lati AB ed EB del cuneo di Prandtl una inclinazione  $\psi$  rispetto all'orizzontale, scegliendo il valore di  $\psi$  in funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno al contatto terreno-opera di fondazione.

L'ipotesi  $\gamma_2 = 0$  per il terreno sotto la fondazione viene così superata ammettendo che le superfici di rottura restino inalterate, l'espressione del carico limite è quindi:

$$q = A \cdot \gamma_1 \cdot h + B \cdot c + C \cdot \gamma \cdot b$$

in cui C è un coefficiente che risulta funzione dell'angolo di attrito  $\phi$  del terreno posto al di sotto del piano di posa e dell'angolo  $\phi$  prima definito; b è la semilarghezza della striscia.

Inoltre, basandosi su dati sperimentali, *Terzaghi* passa dal problema piano al problema spaziale introducendo dei fattori di forma.

Un ulteriore contributo è stato apportato da *Terzaghi* sull' effettivo comportamento del terreno.

Nel metodo di Prandtl si ipotizza un comportamento del terreno rigido-plastico, *Terzaghi* invece ammette questo comportamento nei terreni molto compatti.

In essi, infatti, la curva carichi-cedimenti presenta un primo tratto rettilineo, seguito da un breve tratto curvilineo (comportamento elasto-plastico); la rottura è istantanea ed il valore del carico limite risulta chiaramente individuato (rottura generale).

In un terreno molto sciolto invece la relazione carichi-cedimenti presenta un tratto curvilineo accentuato fin dai carichi più bassi per effetto di una rottura progressiva del terreno (rottura locale); di conseguenza l'individuazione del carico limite non è così chiara ed evidente come nel caso dei terreni compatti.

Per i terreni molto sciolti, Terzaghi consiglia di prendere in considerazione il carico limite il valore che si calcola con la formula precedente introducendo però dei valori ridotti delle caratteristiche meccaniche del terreno e precisamente:

$$\tan \phi_{rid} = \frac{2}{3} \tan \phi \quad c_{rid} = \frac{2}{3} c$$

Esplicitando i coefficienti della formula precedente, la formula di Terzaghi può essere scritta:

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cdot \cos^2 (45 + \varphi / 2)}$$

$$a = e^{(0.75 \pi - \varphi / 2) \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \varphi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$



### **Formula di Meyerhof (1963)**

*Meyerhof* propose una formula per il calcolo del carico limite simile a quella di *Terzaghi*; le differenze consistono nell'introduzione di ulteriori coefficienti di forma.

Egli introdusse un coefficiente  $s_q$  che moltiplica il fattore  $N_q$ , fattori di profondità  $d_i$  e di pendenza  $i_i$  per il caso in cui il carico trasmesso alla fondazione è inclinato sulla verticale.

I valori dei coefficienti  $N$  furono ottenuti da Meyerhof ipotizzando vari archi di prova BF (v. meccanismo Prandtl), mentre il taglio lungo i piani AF aveva dei valori approssimati.

I fattori di forma tratti da Meyerhof sono di seguito riportati, insieme all'espressione della formula.

#### **Carico verticale**

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

#### **Carico inclinato**

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$N_q = e^{(0.75\pi - \varphi/2)} \cdot \tan^2(45 + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \cdot \varphi)$$

#### **fattore di forma:**

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot k_p \cdot \frac{B}{L} \quad \text{per } \varphi > 0$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot k_p \cdot \frac{B}{L} \quad \text{per } \varphi = 0$$

#### **fattore di profondità:**

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{k_p} \cdot \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{k_p} \cdot \frac{D}{B} \quad \text{per } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \varphi > 10$$

#### **inclinazione:**

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \quad \text{per } \varphi > 0$$

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

$i_\gamma = 0$  per  $\varphi = 0$

dove:  
 $k_p = \tan^2(45 + \varphi / 2)$   
 $\theta$  = *Inclinazione della risultante sulla verticale.*



### Formula di Hansen (1970)

E' una ulteriore estensione della formula di *Meyerhof*; le estensioni consistono nell'introduzione di  $b_f$  che tiene conto della eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore  $g_f$  per terreno in pendenza.

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto  $D/B$ , quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori di  $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(1 - \sin \varphi)^2 \cdot \frac{D}{B}$$

Per valori  $D/B > 1$ :

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(1 - \sin \varphi)^2 \cdot \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

Nel caso  $\varphi=0$

$D/B$	0	1	1.1	2	5	10	20	100
$d'_c$	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando  $\varphi=0$ .

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \text{ per fondazioni nastriformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattori di inclinazione del carico:

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 15/187

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta / 450) \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata):

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q \exp(-2\eta \cdot \tan \varphi)$$





### **Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)**

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto  $R_d$  si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  Coesione non drenata.

$q$  pressione litostatica totale sul piano di posa.

$s_c$  Fattore di forma

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per fondazioni rettangolari}$$

$$s_c = 1.2 \quad \text{per fondazioni quadrate o circolari}$$

$i_c$  Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico  $H$ .

$$i_c = 0.5 + 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A'_f \cdot c_a}}$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \tan^2 (45 + \varphi' / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \tan \varphi'$$

**Fattori di forma**

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \sin \varphi' \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$



$$s_{\gamma} = 1 - 0.3 \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_{\gamma} = 0.7 \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi'} \right)^m$$

$$i_{\gamma} = \left( 1 - \frac{H}{V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

Dove:

$$m = m_B = \frac{\left[ 2 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \right]}{\left[ 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \right]} \quad \text{con } H // B'$$

$$m = m_L = \frac{\left[ 2 + \left( \frac{L'}{B'} \right) \right]}{\left[ 1 + \left( \frac{L'}{B'} \right) \right]} \quad \text{con } H // L'$$

Se H forma un angolo  $\theta$  con la direzione di  $L'$ , l'esponente "m" viene calcolato con la seguente espressione:

$$m = m_{\theta} = m_L \cdot \cos^2 \theta + m_B \cdot \sin^2 \theta$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).



### Meyerhof e Hanna (1978)

Tutta l'analisi teorica sviluppata per la determinazione del carico limite è stata basata sull'ipotesi che il terreno sia isotropico ed omogeneo fino a notevole profondità.

Tale ipotesi però non rispecchia la realtà perchè il terreno è generalmente non omogeneo con miscele di sabbia, limo e argilla in proporzioni diverse.

Le relazioni per la stima del carico limite, ricavate dall'ipotesi di terreno omogeneo risultano essere molto approssimative se il terreno è stratificato, soprattutto se le superfici di rottura interferiscono con i limiti degli strati del terreno.

Si consideri un sistema costituito da due strati di terreno distinti ed una fondazione posizionata sullo strato superiore a una profondità  $D$  dal piano campagna, le superfici di rottura a carico limite possono svilupparsi completamente sullo strato superiore oppure coinvolgere anche il secondo strato. Può accadere che lo strato superiore sia più resistente rispetto allo strato inferiore o viceversa.

In entrambi i casi verrà presentata un'analisi generale per ( $c = 0$ ) e si dimostrerà sarà valida anche nel caso di terreni sabbiosi o argillosi.

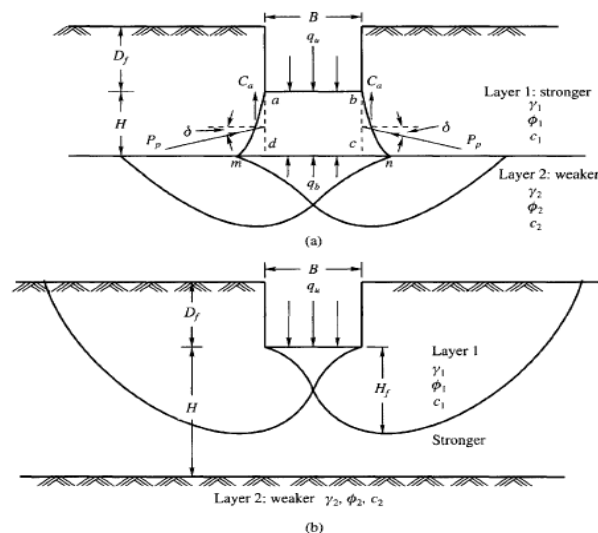
Lo studio della capacità portante di un sistema a strati è stato affrontato da diversi autori: Button (1953), Vesic (1975), Meyerhof (1974), Meyerhof e Hanna (1978)

Meyerhof (1974) ha analizzato un sistema a due strati composto da sabbia densa su argilla morbida e sabbia sciolta su argilla rigida e ha supportato il suo studio con alcuni test su modello. Successivamente Meyerhof e Hanna (1978) hanno integrato lo studio di Meyerhof (1974) includendo nelle analisi il terreno privo di coesione.

Si riporta la trattazione di Meyerhof (1974) e Meyerhof e Hanna (1978).

Nella figura 12.16 (a) è rappresentata una fondazione di larghezza  $B$  approfondita  $D$  in uno strato di terreno resistente (strato 1). Lo strato debole si trova a distanza  $H$  dal piano di posa della fondazione.

Se la distanza  $H$  non è sufficiente oppure in condizioni di carico eccezionali una parte di esso verrà trasferito oltre il livello  $mn$ . Questa condizione indurrà il formarsi di superfici di rottura anche nello strato più debole (strato 2). Se la distanza  $H$  è relativamente grande, le superfici di rottura si svilupperanno completamente nello strato 1 come evidenziato in Figura 12.16b.



**Figure 12.16** Failure of soil below strip footing under vertical load on strong layer overlying weak deposit (after Meyerhof and Hanna, 1978)

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 19/187

Il carico limite negli strati 1 e 2 può essere espresso dalle seguenti relazioni:

- Strato 1

$$q_1 = c_1 \cdot N_{c1} + \frac{1}{2} \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma 1}$$

- Strato 2

$$q_2 = c_2 \cdot N_{c2} + \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot B \cdot N_{\gamma 2}$$

Dove:

$N_{c1}$ ,  $N_{\gamma 1}$  = fattori di capacità portante dello strato 1 con angolo di resistenza a taglio  $\varphi_1$

$N_{c2}$ ,  $N_{\gamma 2}$  = fattori di capacità portante dello strato 2 con angolo di resistenza a taglio  $\varphi_2$

Se il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza  $D_f$  rispetto al piano campagna e la distanza  $H$  è relativamente grande l'espressione del carico limite è la seguente:

$$q_u = q_t = c_1 \cdot N_{c1} + q'_0 \cdot N_{q1} + \frac{1}{2} \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma 1}$$

Se  $q_1$  è molto maggiore di  $q_2$  e se la distanza  $H$  non è sufficiente a formare una condizione di plasticizzazione completa nello strato 1, allora la rottura è legata alla spinta del terreno che si sviluppa dallo strato più debole allo strato più resistente. La formulazione per la stima del carico limite diventa:

$$q_u = q_b + \frac{2 \cdot (c_a + P_p \sin \delta)}{B} - \gamma_1 \cdot H$$

Dove:

$q_b$                       carico limite nello strato 2  
 $P_p$                       spinta passiva  
 $C_a$                       adesione  
 $\delta$                       inclinazione della spinta passiva rispetto all'orizzontale

$$P_p = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2 \cos \delta} \left( 1 + \frac{2D_f}{H} \right) \cdot K_p$$



### **Metodo di Richards et. Al.**

Richards, Helm e Budhu (1993) hanno sviluppato una procedura che consente, in condizioni sismiche, di valutare sia il carico limite sia i cedimenti indotti, e quindi di procedere alle verifiche di entrambi gli stati limite (ultimo e di danno). La valutazione del carico limite viene perseguita mediante una semplice estensione del problema del carico limite al caso della presenza di forze di inerzia nel terreno di fondazione dovute al sisma, mentre la stima dei cedimenti viene ottenuta mediante un approccio alla Newmark (cfr. Appendice H di "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" – Associazione Geotecnica Italiana). Gli autori hanno esteso la classica formula trinomia del carico limite:

$$q_L = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2 \cos \delta} \left( 1 + \frac{2D_f}{H} \right) \cdot K_p$$

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5 N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

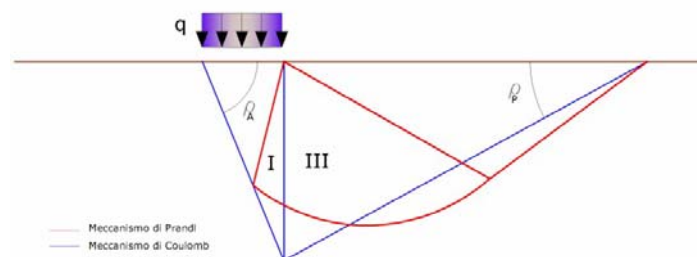
Dove i fattori di capacità portante vengono calcolati con le seguenti formule:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi)$$

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left( \frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Esaminando con un approccio da equilibrio limite, un meccanismo alla Coulomb e portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. In campo statico, il classico meccanismo di Prandtl può essere infatti approssimato come mostrato nella figura che segue, eliminando la zona di transizione (ventaglio di Prandtl) ridotta alla sola linea AC, che viene riguardata come una parete ideale in equilibrio sotto l'azione della spinta attiva e della spinta passiva che riceve dai cunei I e III:



*Schema di calcolo del carico limite ( $q_L$ )*



Gli autori hanno ricavato le espressioni degli angoli  $\rho_A$  e  $\rho_P$  che definiscono le zone di spinta attiva e passiva, e dei coefficienti di spinta attiva e passiva  $K_A$  e  $K_P$  in funzione dell'angolo di attrito interno  $\varphi$  del terreno e dell'angolo di attrito  $\delta$  terreno – parete ideale:

$$\rho_A = \varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan \varphi \cdot (\tan \varphi \cdot \cot \varphi) \cdot (1 + \tan \delta \cdot \cot \varphi)} - \tan \varphi}{1 + \tan \delta \cdot (\tan \varphi + \cot \varphi)} \right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan \varphi \cdot (\tan \varphi \cdot \cot \varphi) \cdot (1 + \tan \delta \cdot \cot \varphi)} + \tan \varphi}{1 + \tan \delta \cdot (\tan \varphi + \cot \varphi)} \right\}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

E' comunque da osservare che l'impiego delle precedenti formule assumendo  $\phi=0.5\delta$ , conduce a valore dei coefficienti di carico limite molto prossimi a quelli basati su un'analisi alla Prandtl. Richards et. Al hanno quindi esteso l'applicazione del meccanismo di Coulomb al caso sismico, portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. Tali forze di massa, dovute ad accelerazioni  $k_h g$  e  $k_v g$ , agenti rispettivamente in direzione orizzontale e verticale, sono a loro volta pari a  $k_h \gamma$  e  $k_v \gamma$ . Sono state così ottenute le estensioni delle espressioni di  $\rho_A$  e  $\rho_P$ , nonché di  $K_A$  e  $K_P$ , rispettivamente indicate come  $\rho_{AE}$  e  $\rho_{PE}$  e come  $K_{AE}$  e  $K_{PE}$  per denotare le condizioni sismiche:

$$\rho_{AE} = (\varphi - \theta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \theta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \theta) \cdot \cot(\varphi - \theta)]} - \tan(\varphi - \theta)}{1 + \tan(\delta + \theta) \cdot (\tan(\varphi - \theta) + \cot(\varphi - \theta))} \right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi - \theta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \theta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \theta) \cdot \cot(\varphi - \theta)]} - \tan(\varphi - \theta)}{1 + \tan(\delta + \theta) \cdot (\tan(\varphi - \theta) + \cot(\varphi - \theta))} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \cos(\delta + \theta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta)}{\cos(\delta + \theta)}} \right\}^2}$$

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 22/187

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \cos(\delta + \theta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta)}{\cos(\delta + \theta)}} \right\}^2}$$

I valori di  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono determinabili ancora avvalendosi delle formule precedenti, impiegando naturalmente le espressioni degli angoli  $\rho_{AE}$  e  $\rho_{PE}$  e dei coefficienti  $K_{AE}$  e  $K_{PE}$  relative al caso sismico. In tali espressioni compare l'angolo  $\theta$  definito come:

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

Nella tabella che segue sono mostrati i fattori di capacità portante calcolati per i seguenti valori dei parametri:

$\varphi = 30^\circ$   $\delta = 15^\circ$

Per diversi valori dei coefficienti di spinta sismica:

Tabella dei fattori di capacità portante per  $\varphi=30$

$k_h/(1-k_v)$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c$
0	16.51037	23.75643	26.86476
0.087	13.11944	15.88906	20.9915
0.176	9.851541	9.465466	15.33132
0.268	7.297657	5.357472	10.90786
0.364	5.122904	2.604404	7.141079
0.466	3.216145	0.879102	3.838476
0.577	1.066982	1.103E-03	0.1160159



### Verifica a carico limite delle fondazioni superficiali (SLU)

La verifica a carico limite delle fondazioni secondo l'approccio SLU si esegue con la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq \frac{R_d}{\gamma_{RV}}$$

Dove:

$E_d$  pressioni agenti alla base della fondazione

$R_d$  capacità portante di calcolo

$\gamma_{RV}$  coefficiente riduttivo della capacità portante verticale

Le pressioni agenti alla base della fondazione si calcolano con la seguente espressione:

$$E_d = \frac{N_d}{A_{ef}}$$

Dove:

$N_d$  azione normale di progetto

$A_{ef}$   $B_R \cdot L'$ -area ridotta

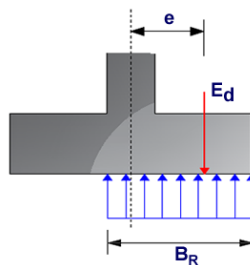
Fondazioni quadrate o rettangolari

L'area ridotta risulta  $A_{ef} = B' \cdot L'$

$$L' = L - 2e_x; B' = B - e_y; e_x = \frac{M_x}{N}; e_y = \frac{M_y}{N}$$

Per le verifiche a carico limite allo SLU è lecito considerare la "plasticizzazione" del terreno, in tal caso si può assumere una distribuzione uniforme delle pressioni agenti sul piano di posa.

Come evidenziato nella seguente immagine, la distribuzione delle pressioni si considera estesa sulla base "ridotta"  $B_R = B - 2e$ .



Dove:

$e = N_d / M_d$ - eccentricità dei carichi





### 5.1.2. VERIFICA A SLITTAMENTO

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità di un plinto di fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dell'utente.

La resistenza di calcolo per attrito ed adesione è valutata secondo l'espressione:

$$F_{Rd} = N_{sd} \cdot \tan \delta + c_a \cdot A'$$

Nella quale  $N_{sd}$  è il valore di calcolo della forza verticale,  $\delta$  è l'angolo di resistenza a taglio alla base del plinto,  $c_a$  è l'adesione plinto-terreno e  $A'$  è l'area della fondazione efficace, intesa, in caso di carichi eccentrici, come area ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

### 5.1.3. FATTORI CORRETTIVI SISMICI: PAOLUCCI E PECKER

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del  $q_{lim}$  vengono introdotti i fattori correttivi  $z$ :

$$z_q = \left( 1 - \frac{k_h}{\tan \varphi} \right)$$

$$z_c = 1 - 0,32$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove  $k_h$  è il coefficiente sismico orizzontale.



#### 5.1.4. CEDIMENTI ELASTICI

I cedimenti di una fondazione rettangolare di dimensioni  $B \times L$  posta sulla superficie di un semispazio elastico si possono calcolare in base ad una equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier (1951)):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s} \left( I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \right) \cdot I_F \quad (1)$$

dove:

$q_0$  Intensità della pressione di contatto

$B'$  Minima dimensione dell'area reagente,

$E$  e  $\mu$  Parametri elastici del terreno.

$I_1$  Coefficienti di influenza dipendenti da:  $L'/B'$ , spessore dello strato  $H$ , coefficiente di Poisson  $\mu$ , profondità del piano di posa  $D$ ;

I coefficienti  $I_1$  e  $I_2$  si possono calcolare utilizzando le equazioni fornite da *Steinbrenner (1934)* (V. Bowles), in funzione del rapporto  $L'/B'$  ed  $H/B$ , utilizzando  $B'=B/2$  e  $L'=L/2$  per i coefficienti relativi al centro e  $B'=B$  e  $L'=L$  per i coefficienti relativi al bordo.

Il coefficiente di influenza  $I_F$  deriva dalle equazioni di *Fox (1948)*, che indicano il cedimento si riduce con la profondità in funzione del coefficiente di *Poisson* e del rapporto  $L/B$ .

In modo da semplificare l'equazione (1) si introduce il coefficiente  $I_S$ :

$$I_S = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} \cdot I_2$$

Il cedimento dello strato di spessore  $H$  vale:

$$\Delta H = q_0 \cdot B' \frac{1-\mu^2}{E_s} \cdot I_S \cdot I_F$$

Per meglio approssimare i cedimenti si suddivide la base di appoggio in modo che il punto si trovi in corrispondenza di uno spigolo esterno comune a più rettangoli. In pratica si moltiplica per un fattore pari a 4 per il calcolo dei cedimenti al centro e per un fattore pari a 1 per i cedimenti al bordo.

Nel calcolo dei cedimenti si considera una profondità del bulbo delle tensioni pari a  $5B$ , se il substrato roccioso si trova ad una profondità maggiore.

A tal proposito viene considerato substrato roccioso lo strato che ha un valore di  $E$  pari a 10 volte dello strato soprastante.

Il modulo elastico per terreni stratificati viene calcolato come media pesata dei moduli elastici degli strati interessati dal cedimento immediato.



### 5.1.5. CEDIMENTI EDOMETRICI

Il calcolo dei cedimenti con l'approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita. Pertanto la stima effettuata con questo metodo va considerata come empirica, piuttosto che teorica.

Tuttavia la semplicità d'uso e la facilità di controllare l'influenza dei vari parametri che intervengono nel calcolo, ne fanno un metodo molto diffuso.

L'approccio edometrico nel calcolo dei cedimenti passa essenzialmente attraverso due fasi:

Il calcolo delle tensioni verticali indotte alle varie profondità con l'applicazione della teoria dell'elasticità;

la valutazione dei parametri di compressibilità attraverso la prova edometrica.

In riferimento ai risultati della prova edometrica, il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

se si tratta di un terreno sovraconsolidato ( $OCR > 1$ ), ossia se l'incremento di tensione dovuto all'applicazione del carico non fa superare la pressione di preconsolidazione  $\sigma'_p$  ( $\sigma'_p + \Delta \sigma_v < \sigma'_p$ ).

Se invece il terreno è normalconsolidato ( $\sigma'_{v0} = \sigma'_p$ ) le deformazioni avvengono nel tratto di compressione e il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

dove:

$RR$  Rapporto di ricomprensione;

$CR$  Rapporto di compressione;

$H_0$  Spessore iniziale dello strato;

$\sigma'_{v0}$  Tensione verticale efficace prima dell'applicazione del carico;

$\Delta \sigma_v$  Incremento di tensione verticale dovuto all'applicazione del carico.

In alternativa ai parametri  $RR$  e  $CR$  si fa riferimento al modulo edometrico  $M$ ; in tal caso però occorre scegliere opportunamente il valore del modulo da utilizzare, tenendo conto dell'intervallo tensionale ( $\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v$ ) significativo per il problema in esame.

L'applicazione corretta di questo tipo di approccio richiede:

la suddivisione degli strati compressibili in una serie di piccoli strati di modesto spessore ( $< 2.00$  m);

la stima del modulo edometrico nell'ambito di ciascuno strato;

il calcolo del cedimento come somma dei contributi valutati per ogni piccolo strato in cui è stato suddiviso il banco compressibile.

Molti usano le espressioni sopra riportate per il calcolo del cedimento di consolidazione tanto per le argille quanto per le sabbie di granulometria da fina a media, perché il modulo di elasticità impiegato è ricavato direttamente da prove di consolidazione. Tuttavia, per terreni a grana più grossa le

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

dimensioni dei provini edometrici sono poco significative del comportamento globale dello strato e, per le sabbie, risulta preferibile impiegare prove penetrometriche statiche e dinamiche.



## 5.2. FONDAZIONI PROFONDE

La capacità portante dovuta alla resistenza a compressione (o a trazione) e allo svergolamento è praticamente indipendente dalla natura del terreno, purché l'iniezione sia condotta in fasi successive a pressioni crescenti. Pertanto sono le dimensioni trasversali dell'anima tubolare in acciaio che determinano la capacità portante dei micropali Tubifix.

Per il calcolo delle portate a compressione si assume la sezione nominale del tubo, mentre per il calcolo della portata a trazione si assume la minima sezione reagente in corrispondenza del filetto di giunzione.

### 5.2.1. CARICO CRITICO

Il micropalo Tubifix è un elemento strutturale di notevole snellezza, appare quindi opportuno verificare la stabilità dell'equilibrio elastico dell'elemento immerso nel terreno.

Come schema di calcolo si assume, a favore di sicurezza, che il fusto sia incernierato in testa, nella fondazione, e nel bulbo e si suppone, inoltre, che il micropalo sia infisso in un mezzo elastico.

Il carico critico verrà determinato con la seguente relazione:

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{L^2} \cdot \left( m^2 + \frac{\beta \cdot L^4}{m^2 \cdot \pi^4 \cdot E \cdot J} \right)$$

avendo indicato con:

$P_k$	Carico critico
$E$	Modulo di elasticità dell'acciaio
$J$	Momento d'inerzia della sezione reagente
$L$	Lunghezza tra due estremità del micropalo supposte vincolate
$\beta$	Modulo di reazione del terreno per unità di spostamento laterale
$m$	Numero (intero) di semionde di inflessione del fusto

$$\beta = K \cdot D_p$$

$D_p$	Diametro di perforazione
$K$	Modulo di Winkler

Per valori molto elevati di  $L$  l'ipotesi di deformata unica ( $m=1$ ) porta a dei valori di  $P_k$  eccessivi e fisicamente inverosimili, il valore minimo di  $P_k$  si avrà per  $m>1$ .

Introducendo la grandezza  $\lambda = L / m$  (semilunghezza d'onda):

$$P_k = \pi^2 \cdot E \cdot J \cdot \left( \frac{1}{\lambda^2} + \frac{\beta \cdot \lambda^2}{\pi^4 \cdot E \cdot J} \right)$$

Per ottenere il valore di  $P_k$  dalla precedente si può considerare  $\lambda$  una variabile continua rispetto alla quale  $P_k$  può essere derivato:



$$\frac{dP_k}{d\lambda} = \pi^2 \cdot E \cdot J \cdot \left( -\frac{2}{\lambda^3} + \frac{2 \cdot \beta \cdot \lambda}{\pi^4 \cdot E \cdot J} \right) \cdot \left( -\frac{2}{\lambda^3} + \frac{2 \cdot \beta \cdot \lambda}{\pi^4 \cdot E \cdot J} \right) = 0$$

$$\lambda = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot J}{\beta}}$$

$$P_k = 2 \cdot \sqrt{\beta \cdot E \cdot J}$$

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (De^4 - Di^4) + \frac{\pi}{64} \cdot \frac{1}{n} \cdot Di^4 + \frac{\pi}{64} \cdot \frac{Ki}{n} \cdot (Dp^4 - De^4)$$

Di Diametro interno del tubolare

De Diametro esterno del tubolare

Dp Diametro di perforazione

n Modulo di omogenizzazione acciaio-calcestruzzo

Ki Coefficiente compreso tra 0 e 1 indicativo del grado di partecipazione acciaio-calcestruzzo

### 5.2.2. PORTATA LATERALE

Il calcolo della portanza geotecnica del micropalo TUBIFIX è sviluppato con le metodologie in uso per la stima della portanza dei pali; per i micropali, però, si assumono le seguenti correzioni:

- si trascura la portata di punta a causa delle limitate dimensioni della sezione;
- si introducono nel calcolo la lunghezza e il diametro del bulbo iniettato e non quello medio del palo;
- si considera che le pressioni di iniezione portino ad un aumento della resistenza laterale unitaria.

Pertanto una valutazione attendibile della portanza di micropali TUBIFIX è condizionata dalla difficoltà di una stima dell'entità della sbulbatura (diametro bulbo) e dell'entità del miglioramento della resistenza tangenziale unitaria  $\tau_f$ .

Il carico limite laterale si individua moltiplicando la resistenza laterale unitaria per la superficie laterale.

$$Q_L = D_S \cdot \pi \cdot \sum (\tau_f H)$$

Dove:



$DS = \alpha D_f$  Diametro medio del bulbo, dato dal diametro del foro  $D_f$  maggiorato di un coefficiente  $\alpha$  dipendente dal metodo di sigillatura, IRS (iniezione ripetitiva e selettiva) o IGU (iniezione globale con processo di messa in pressione unico), e dal tipo di terreno.

Per i micropali tipo RADICE  $DS = D_f$

$\tau_f$  Resistenza tangenziale unitaria relativa ad ogni strato;

$H$  Spessore di ogni strato.

La tensione tangenziale unitaria  $\tau_f$  relativa ad ogni strato è valutata come segue:

#### Condizione drenata

$$\tau_f = \sigma_h \tan \phi + \alpha c'$$

dove

$$\sigma_h = \sigma_{\max} = \sigma_v' \tan^2(45 + \phi/2) \quad \text{tipo TUBIFIX}$$

$$\sigma_h = \sigma_v' K_0 \quad \text{coeff. spinta a riposo tipo RADICE}$$

$\alpha$  = coefficiente d'adesione ricavato dalla seguente espressione

$$\alpha = \frac{100 + c^2}{100 + 7c^2} \quad \text{Caquot - Kerisel}$$

$$\alpha = 1 - 0.1 \cdot c \quad \text{per } c < 5 \text{ t/m}^2 \quad \text{Meyerhof - Murdock (1963)}$$

$$\alpha = 0.525 - 0.005 \cdot c \quad \text{per } c \geq 5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.9 \quad \text{per } c < 2.5 \text{ t/m}^2 \quad \text{Whitaker - Cooke (1966)}$$

$$\alpha = 0.8 \quad \text{per } 2.5 \leq c < 5 \text{ t/m}^2$$



$$\alpha = 0.6 \text{ per } 5 \leq c \leq 7.5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.9 \text{ per } c > 7.5 \text{ t/m}^2$$

*Woodward (1961)*

$$\alpha = 0.9 \text{ per } c < 4 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.6 \text{ per } 4 \leq c < 8 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.5 \text{ per } 8 \leq c < 12 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.4 \text{ per } 12 \leq c \leq 20 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.20 \text{ per } c > 20 \text{ t/m}^2$$

### Condizione non drenata

$$\tau_f = \alpha c_u \quad \text{con } c_u \text{ coesione non drenata}$$

### Metodo di Bustamante e Doix

Le formulazioni di *Bustamante e Doix* richiedono come parametri caratterizzanti del terreno la  $p_{lim}$  determinata con il pressiometro di Menard o i risultati di prove SPT ( $N_{spt}$ ):

$$p_{lim} \cong p_a \cdot \frac{N_{SPT}}{2} \quad (\text{terreni sabbiosi})$$

in cui  $p_a$  è la pressione atmosferica di riferimento ed  $s_u$  la coesione non drenata.

Nel caso di terreni argillosi si assume:

$$p_{lim} \cong 10 \times s_u \quad (\text{terreni argillosi})$$





### Terreni sabbiosi

Nel caso di micropali in terreni sabbiosi si possono ipotizzare le seguenti relazioni tra il diametro di perforazione  $d_{perf}$  e il diametro della zona iniettata  $d_{in}$ :

$$d_{in} \cong 1.5 \cdot d_{perf} \text{ (iniezioni ripetute)}$$

$$d_{in} \cong 1.15 \cdot d_{perf} \text{ (iniezione unica)}$$

Il valore limite della tensione tangenziale lungo il tratto iniettato può essere assunta pari mediamente a:

$$f_s \cong \frac{1}{10} p_{lim}$$

La quantità minima di miscela da iniettare è data dalla seguente espressione:

$$1.5 \cdot V_{in} = 1.5 \cdot \frac{\pi \cdot d_{in}^2}{4} l_{in}$$

essendo  $l_{in}$  la lunghezza del tratto iniettato.

### Terreni argillosi

Nel caso di micropali in terreni argillosi valgono le seguenti relazioni tra il diametro di perforazione  $d_{perf}$  e il diametro della zona iniettata  $d_{in}$ :

$$d_{in} \cong 1.5 - 2 \cdot d_{perf} \text{ (iniezioni ripetute)}$$

$$d_{in} \cong 1.2 \cdot d_{perf} \text{ (iniezione unica)}$$

La tensione tangenziale lungo il tratto iniettato è assunta pari a:

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 33/187

$$f_s = 0.033 + 0.067 p_{\text{lim}} \text{ (iniezione unica)}$$

$$f_s = 0.095 + 0.085 p_{\text{lim}} \text{ (iniezioni ripetute)}$$

In tal caso la quantità minima di miscela da iniettare varia da *1.5 – 2.0 Vin*, nel caso di un'unica iniezione, a *2.5 – 3.0 Vin*, nel caso di iniezioni ripetute.

I valori delle pressioni si intendono tutti espressi in N/mm<sup>2</sup>.

#### Carico limite

Il carico limite viene valutato come sommatoria sui singoli tratti della tensione tangenziale moltiplicata per la superficie laterale del tratto medesimo. Tale sommatoria è estesa solo al tratto iniettato e nel computo viene trascurato il contributo della resistenza di punta.



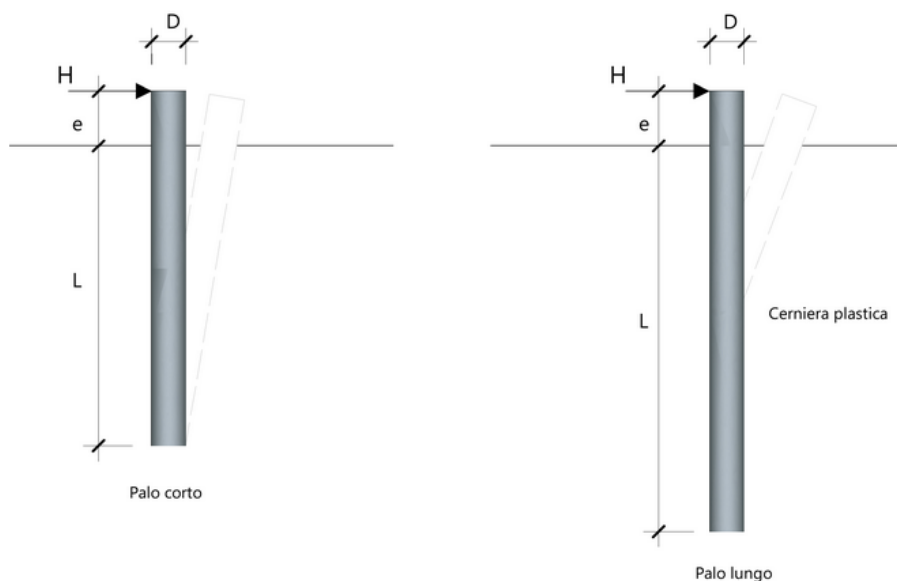
### 5.2.3. PALI SOGGETTI A CARICHI ORIZZONTALI (TEORIA DI BROMS)

Nel caso in cui un palo è soggetto a carico orizzontale, occorre verificare che il palo rimanga in condizioni di sicurezza anche rispetto a tali condizioni carico.

Nelle verifiche a carico trasversale viene applicata la teoria sviluppata da Broms per mezzo puramente coesivo e per mezzo incoerente nei casi di palo incastrato in testa o con possibilità di rotazione (libero).

#### Palo libero di ruotare

In questa ipotesi rientrano due possibili meccanismi di rottura evidenziati in figura.



I due meccanismi di collasso corrispondono, rispettivamente, ad un moto rigido di rotazione attorno ad un suo punto (*palo corto*) oppure ad un moto di rotazione relativa intorno ad una cerniera plastica.

Per palo **rigido** (*palo corto*), l'equazione di equilibrio, in condizione ultima, dei momenti rispetto al piede del palo, è data dalla seguente espressione:

$$H_{ult} = \frac{D \cdot L^3 \cdot K_{ps}}{2 \cdot (e + L)}$$



Se il palo è **flessibile** (*palo lungo*), l'equilibrio fornisce:

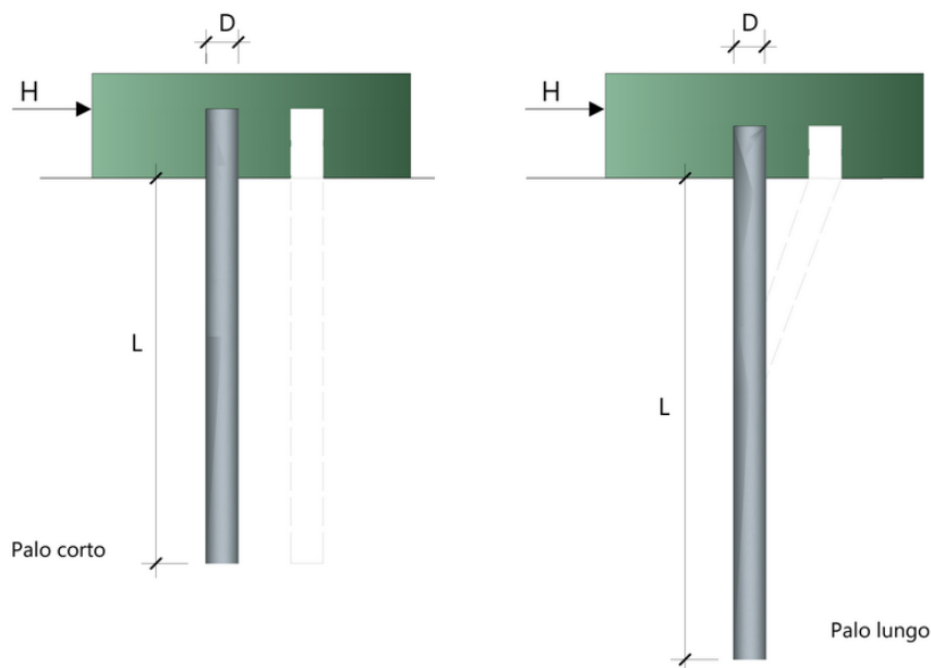
$$H_{ult} \cdot \left( e + \sqrt{\frac{2 \cdot H_{ult}}{\gamma \cdot D \cdot K_{ps}}} \right) - \frac{1}{3} H_{ult} \sqrt{\frac{2 \cdot H_{ult}}{\gamma \cdot D \cdot K_{ps}}} = M_{ult}$$

Essendo  $M_{ult} = M_p$  il momento di plasticizzazione del palo.

Il coefficiente  $K_{pd}$  è assunto pari a  $3K_p$  (Rankine) con ipotesi di terreno **incoerente**.

### Palo incastrato

Quando il palo è incastrato in testa i meccanismi di rottura possibili sono:



Per palo **rigido** (*palo corto*), l'espressione del carico orizzontale ultimo risulta:



$$H_{ult} = \frac{1}{2} \gamma \cdot D \cdot L^2 \cdot K_{ps}$$

Se il palo è **flessibile** (*palo lungo*), l'equilibrio fornisce:

$$H_{ult} \cdot \left( e + \sqrt{\frac{2 \cdot H_{ult}}{\gamma \cdot D \cdot K_{ps}}} \right) - \frac{1}{3} H_{ult} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot H_{ult}}{\gamma \cdot D \cdot K_{ps}}} = 2 \cdot M_{ult}$$

Le espressioni di cui sopra sono valide nell'ipotesi di terreno incoerente.

Per terreni puramente **coesivi**, Broms analizza sempre gli stessi meccanismi di rottura, ma valuta la reazione del terreno in condizioni non drenate. Risultano, pertanto le seguenti espressioni:

#### Palo rigido libero di ruotare

$$H_{ult} = \frac{9 \cdot c_u \cdot D \cdot (L - z_T - 1,5 \cdot D)^2 / 4}{e + 1,5 \cdot D + z_T / 2}$$

dove la profondità della sezione a taglio nullo si ricava dalla relazione:

$$z_T = H_{ult} / 9 \cdot c_u \cdot D$$

#### Palo rigido incastrato

$$H_{ult} = 2 \cdot M_{ult} / (L + 1,5 \cdot D)$$

#### Palo flessibile libero di ruotare

$$H_{ult} = M_{ult} / (1,5 \cdot D + z_T / 2)$$

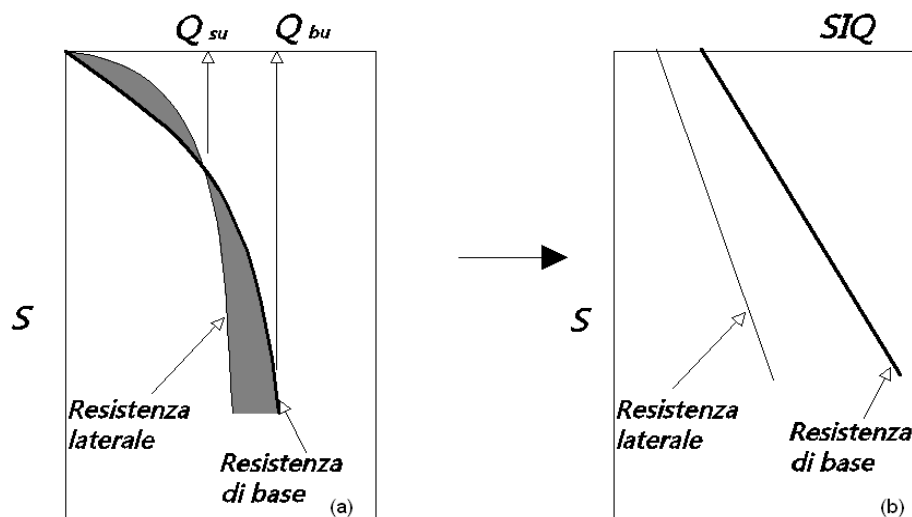
#### Palo flessibile incastrato

$$H_{ult} = 2 \cdot M_{ult} / (1,5 \cdot D + z_T / 2)$$



#### 5.2.4. CEDIMENTI

Il metodo iperbolico modificato rappresenta uno sviluppo dello studio di Chin (1970,1972,1983) che consente di stimare il cedimento di pali singoli partendo dall'idea che il diagramma carico-cedimento, per il corpo di un palo e la sua base, abbia un andamento iperbolico. I valori del *carico ultimo laterale* ( $Q_{su}$ ) e la *resistenza di base ultima* ( $Q_{bu}$ ) rappresentano i termini asintotici della curva (figura a) (Terzaghi, 1943). Sotto queste ipotesi è possibile giungere ad una rappresentazione linearizzata del problema considerando la variazione della quantità  $S/Q$  rispetto allo spostamento  $S$  (figura b).



Grafici cedimento iperbolico (a) e linearizzato (b).

Grafici cedimento iperbolico (a) e linearizzato (b)

Lo studio di Fleming ha dimostrato che gli spostamenti totali stimati col metodo di Chin erano distorti dall'accorciamento elastico del corpo del palo e suggerì una tecnica semplificata per la quale la deformazione elastica del palo può essere determinata, con sufficiente accuratezza, sottraendo alla stima di Chin l'accorciamento del palo.

Considerando lo schema in figura l'accorciamento elastico del palo dipende dal carico applicato  $Q$  in rapporto all'attrito laterale ultimo  $Q_{su}$ . In particolare se  $Q \leq Q_{su}$  la deformazione elastica del corpo del palo corrisponde alla somma dell'accorciamento elastico lungo la zona ad attrito basso o nullo e quello che si sviluppa lungo la parte attiva del fusto:



$$S_e = \frac{4}{\pi} \frac{Q(L_o + K_e L_a)}{d_s^2 E_c}$$

Se, invece, si ha che  $Q > Q_{su}$  bisogna considerare un ulteriore accorciamento legato alla parte attiva del palo che deve essere aggiunta alla deformazione elastica:

$$S_e = \frac{4}{\pi} \frac{1}{d_s^2 E_c} [Q(L_o + L_a) - L_a Q_{su} (1 - k_e)]$$

I parametri della formula sono:

- $d_s$ : diametro testa del palo.
- $E_c$ : modulo di elasticità del materiale del palo il cui valore può essere ricavato da una interpolazione lineare tra i valori di  $E_c = 2610$  kN/m<sup>2</sup> per calcestruzzo con forza specifica di 20N/mm<sup>2</sup> e il valore di
- $E_c = 2610 \cdot 106$  kN/m<sup>2</sup> per calcestruzzo da 40 N/mm<sup>2</sup>.
- $L_o$ : lunghezza del palo ad attrito basso o nullo.
- $L_a$ : lunghezza attiva del palo.
- $k_e$ : rapporto della lunghezza equivalente del fusto del palo rispetto alla lunghezza attiva  $L_a$ . Si può considerare un valore di 0.5 quando si ha un attrito che si sviluppa uniformemente lungo  $L_a$  oppure quando il palo è inserito in sabbia o ghiaia. Per pali in argilla caratterizzati da uno sforzo che cresce in profondità si può usare un valore di 0.45.

Lo spostamento del *palo rigido* può essere calcolato sapendo che la somma dell'attrito laterale e della resistenza di base corrisponde al carico totale applicato alla testa del palo.

$$Q = Q_s + Q_b$$

Considerando il palo rigido lo spostamento totale in testa è uguale a quello che si ottiene lungo il fusto ed è uguale a quello misurato alla base del palo:

$$S_t = S_s = S_b$$

Dal grafico linearizzato si può vedere che lo spostamento lungo il fusto del palo può essere calcolato come:

$$S_s = \frac{M_s d_s Q_s}{Q_{su} - Q_s}$$



In cui

- Ms: fattore adimensionale di flessibilità terreno/fusto.
- ds: diametro testa.
- Qs: attrito.
- Qsu: attrito ultimo determinato col metodo statico (condizione drenata)

L'equazione dello spostamento alla base del palo ricavata da Fleming è:

$$S_b = \frac{0.6 Q_{bu} Q_b}{d_b E_b (Q_{bu} - Q_b)}$$

Dove

- db: diametro della base del palo.
- Qb: resistenza alla base.
- Qbu: resistenza ultima alla base
- Eb: modulo di taglio corrispondente a Qbu /4

Infine, ponendo la condizione di uguaglianza  $S_s = S_b$  e considerando il carico totale applicato Q si ottiene lo spostamento totale di un palo rigido considerando solo i valori positivi della relazione:

$$S_t = \frac{-g \pm \sqrt{g^2 - 4fh}}{2f}$$

In cui le variabili sono così definite:

- $f = \eta(Q - \alpha) - \beta$
- $g = Q(\delta + \lambda\eta) - \alpha\delta - \beta\lambda$
- $h = \lambda\delta Q$
- $\alpha = Q_{su}$
- $\beta = d_b E_b Q_{bu}$
- $\lambda = M_s d_s$
- $\delta = 0.6 Q_{bu}$



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

-  $\eta = d_b E_b$

Lo spostamento complessivo del palo comprende la componente di spostamento rigido e quella di accorciamento elastico.

Il modulo elastico del terreno  $E_b$  al di sotto della base del palo è legato alle caratteristiche del terreno ed è fortemente influenzato dalla tecnica di costruzione del palo. Fleming sostiene che è consigliabile che questo parametro di progetto sia determinato da un insieme accurato di prove in cui i pali sono caricati fino al punto in cui viene mobilitata una sostanziale quota della resistenza di punta. In mancanza di questi dati si può scegliere, cautelativamente, il valore di  $E_b$  da range di valori relativi al tipo di terreno e alla tecnica di costruzione del palo.

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 41/187

## 6. COEFFICIENTI SISMICI

### Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie  
Classe d'uso: Classe III  
Vita nominale: 50.0 [anni]  
Vita di riferimento: 75.0 [anni]

### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.04	2.53	0.26
S.L.D.	75.0	0.05	2.54	0.28
S.L.V.	712.0	0.1	2.7	0.33
S.L.C.	1462.0	0.12	2.72	0.34

Coefficienti sismici orizzontali e verticali  
Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.06	0.2	0.0012	0.0006
S.L.D.	0.075	0.2	0.0015	0.0008
S.L.V.	0.15	0.2	0.0031	0.0015
S.L.C.	0.18	0.2	0.0037	0.0018



## 7. STRATIGRAFIA TERRENO

Si descrivono qui di seguito le varie Unità Litotecniche individuate, descrivendo i range di variabilità dei principali parametri fisico-meccanici.

**R – RIPORTI (Recente):** L'area in esame è caratterizzata da una coltre di riporti che sono stati messi in posto nel corso delle fasi urbanistiche; tali riporti hanno coperto l'originale corso del fosso Loricina ed hanno raggiunto il corso del Fosso della Mole. Lo spessore generale è intorno a 1-3 metri, con aumento degli spessori da ovest verso est. Trattasi di materiali a granulometria essenzialmente sabbiosa-limosa, di colore marrone-giallastro, con rari e minuti elementi lapidei di natura vulcanica. Dato i limitati spessori e l'assetto sostanzialmente caotico questa unità non è stata campionata e non è stata interessata da prove penetrometriche; il comportamento geomeccanico è comunque decisamente frizionale con medio-elevata deformabilità. Si stimano i seguenti parametri fisico-meccanici.

### **LSO – ALLUVIONI DEL FOSSO LORICINA (Olocene)**

Inferiormente ai riporti si sono intercettati i depositi olocenici e recenti di fondovalle del fosso Loricina, costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose con passaggi argillosi di colore brunastro; si individuano frequenti passaggi nerastri per la presenza di sostanza organica. Lo spessore generale è intorno a 7-9 metri, con spessori maggiori verso est e minimi verso ovest (sondaggio S2-03 con spessori intorno a 3-4 metri). Questi terreni sono saturi sono caratterizzati da un comportamento geomeccanico prevalentemente frizionale (frazione sabbiosa presente con il 60-80%), pur con locale componente coesiva dovuta alla frazione limosa-argillosa, presente fino ad un massimo di 15-25%. I valori SPT variano da 7 a 12 colpi/30cm, ma si segnala un valore di  $N_{spt} = 2$  alla base del deposito, probabilmente relativo ad un livello decisamente sabbioso in falda.

In questa unità sono state eseguite prove di taglio diretto e prove di compressione semplice ad espansione laterale libera.

Il comportamento geomeccanico è tendenzialmente frizionale, con basso addensamento ed elevata deformabilità; localmente la frazione limo-argillosa determina una pur bassa coesione. La coesione non drenata di laboratorio è coerente con quella valutata con il penetrometro tascabile. Si sottolinea comunque l'indice di consistenza  $I_c$  di valore negativo, dovuto al contenuto in acqua superiore al Limite Liquido.

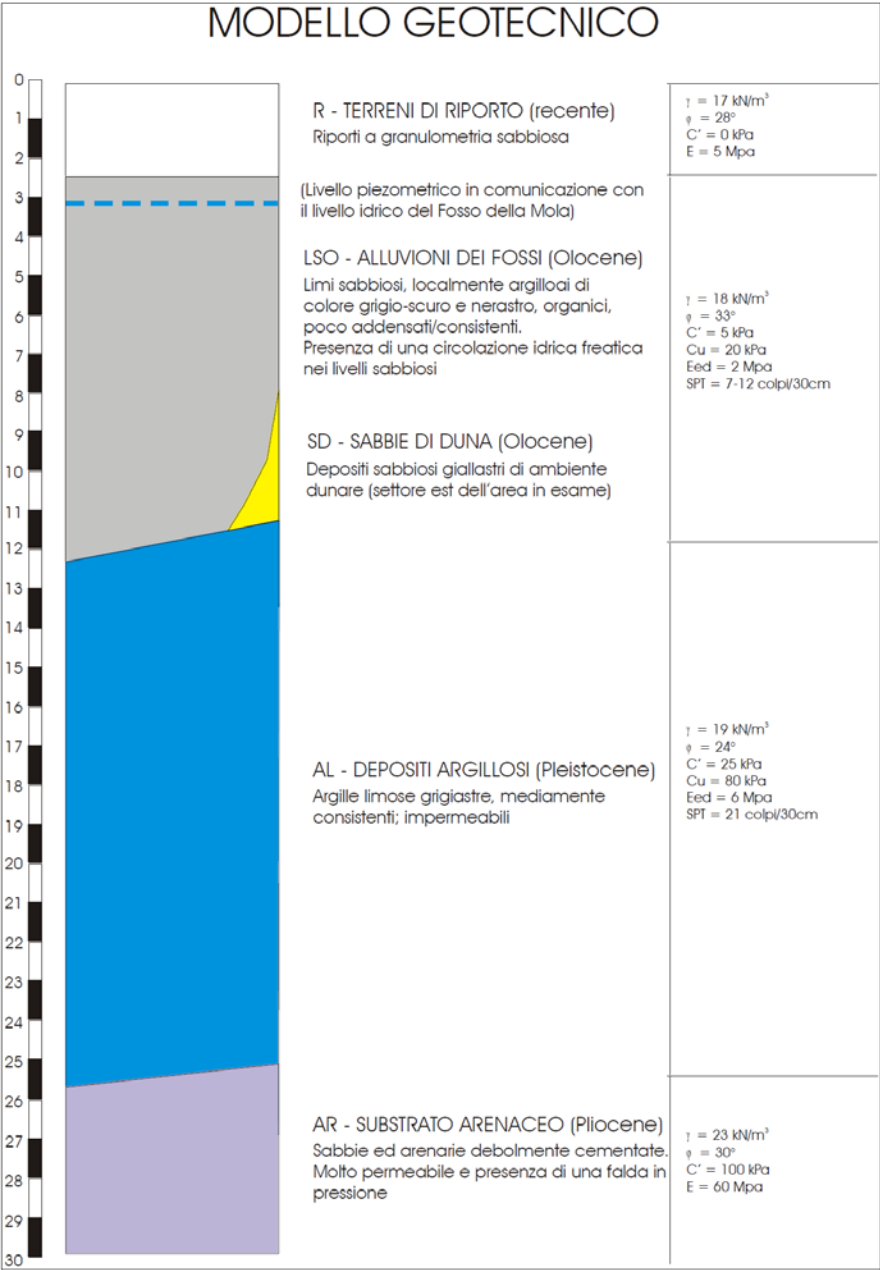
### **AL – ARGILLE LIMOSE (Pleistocene)**

Inferiormente alle alluvioni oloceniche del fosso e dei depositi dunari presenti nei settori orientali, si individuano argille limose grigiastre mediamente consistenti, attribuibili al pleistocene. Il tetto di questa unità ha un andamento suborizzontale, a circa 11-13 metri dal piano campagna, e similmente regolare è il suo spessore (14-15 metri). Dal punto di vista granulometrico prevale la frazione limosa-argillosa che arriva fino al 90-95%. I valori SPT variano da 18 a 21 colpi/30cm, indice di una media consistenza. Il comportamento geomeccanico è decisamente coesivo con media deformabilità, con livelli di bassa consistenza nei primi 2-3 metri al tetto per la presenza della falda sostenuta dalle argille stesse. La coesione non drenata di laboratorio ha dato un valore basso al tetto dello strato ( $C_u = 22$  kPa) ed un valore più elevato al centro dello strato ( $C_u = 113,5$ ), indice di una carta variabilità geomeccanica. Considerando anche i valori di  $C_u$  stimati dal penetrometro tascabile (vedi Figura 3) si assume una variabilità in sito di  $C_u = 50-110$  kPa.

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



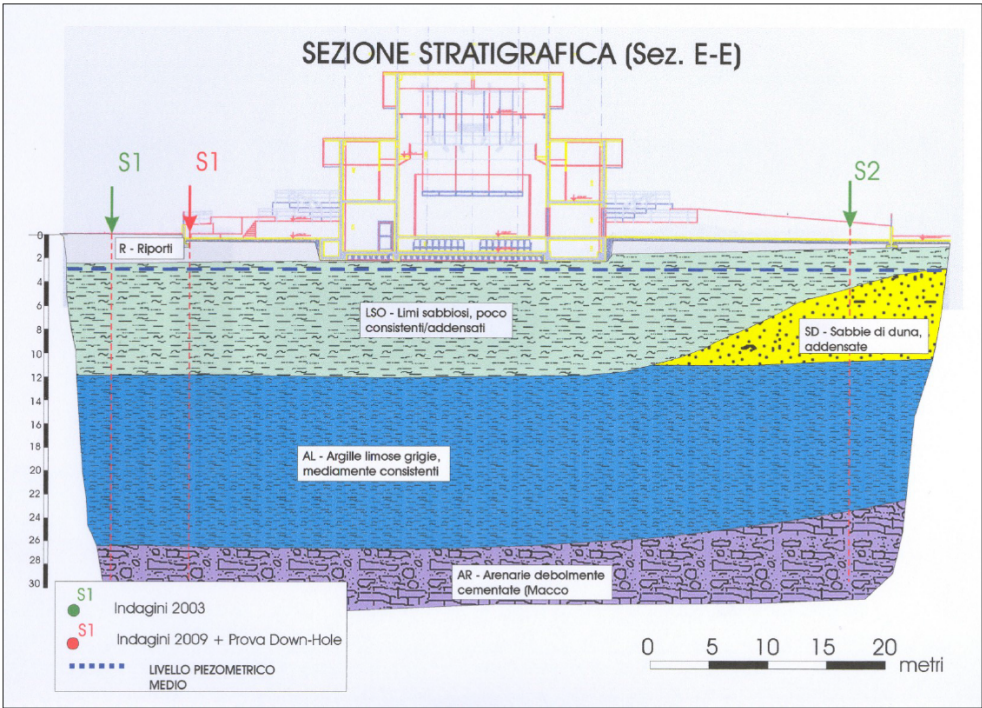
PROGETTAZIONE:



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:



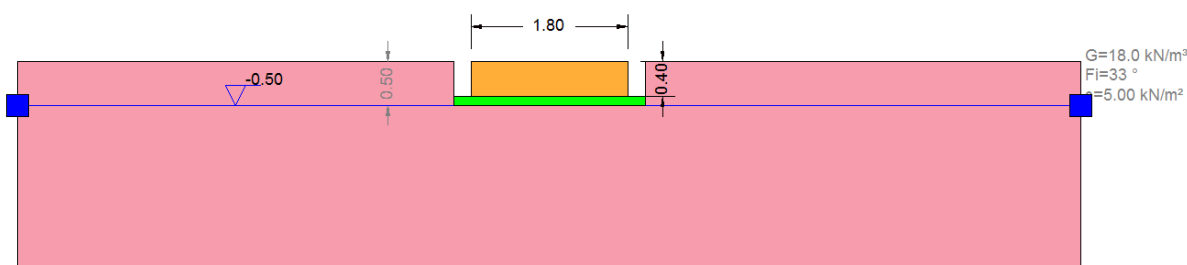
Si riportano i dati inseriti nel software di calcolo:

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolid. azione secondaria	Descrizione
12.0	18.0	18.0	33.0	5.0	21.0	10000.0	2000.0	0.0	0.0	0.0	LSO
12.0	19.0	19.0	24.0	20.0	80.0	30000.0	6000.0	0.0	0.0	0.0	AL



## 8. PLATEA SCALA A – SEZ. 180X900X40 CM

### 8.1. Verifiche geotecniche



Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3 (MAX)	0.00	210.00	24.27	13.78	5.70	14.50	Progetto
2	A1+M1+R3 (MIN)	0.00	161.00	39.81	1.41	6.40	1.00	Progetto
3	COMBO SISMA X	0.00	163.00	5.53	5.63	4.50	4.30	Progetto
4	COMBO SISMA X	0.00	147.00	21.00	3.47	4.50	4.30	Progetto
5	COMBO SISMA Y	0.00	161.00	1.25	5.70	3.40	6.80	Progetto
6	COMBO SISMA Y	0.00	149.00	25.23	3.40	3.40	6.70	Progetto
7	COMBO SISMA X SLD	10.19	159.00	5.10	0.00	2.80	2.10	Servizio
8	COMBO SISMA X SLD	8.02	103.00	16.88	4.10	2.20	2.00	Servizio
9	COMBO SISMA Y SLD	11.27	161.00	1.21	5.70	3.40	6.80	Servizio
10	COMBO SISMA Y SLD	11.14	149.00	25.23	3.40	3.40	6.70	Servizio
11	INVILUPPO SLE_R	13.93	182.00	15.14	9.32	3.80	9.70	Servizio
12	INVILUPPO SLE_R	11.03	149.00	27.00	2.47	4.30	0.70	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità in volume fondazione	Peso unità in volume copertura	Coef. Capacità portante verticale	Rid.	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3		1.1
2	No	1	1	1	1	1	2.3		1.1
3	No	1	1	1	1	1	1.8		1.1
4	No	1	1	1	1	1	1.8		1.1
5	No	1	1	1	1	1	1.8		1.1
6	No	1	1	1	1	1	1.8		1.1
7	No	1	1	1	1	1	1.8		1.1
8	No	1	1	1	1	1	1.8		1.1

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 46/187

9	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
10	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
11	No	1	1	1	1	1	1	1.1
12	No	1	1	1	1	1	1	1.1

#### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3 (MAX)

Autore: MEYERHOF (1963)

Carico limite [Qult]	149.72 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	65.09 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	14.53 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	10.3
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

#### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	5988.62 kN/m <sup>3</sup>
---------------------	---------------------------

#### A1+M1+R3 (MAX)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	2.54
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.87
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.88
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.81
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	153.73 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	66.84 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 47/187

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	235.61 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	102.44 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.91
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.91
Fattore forma [Sg]	1.05
Fattore profondità [Dg]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.69
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	149.72 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	65.09 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.94
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 48/187

Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.94
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.94
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.89
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	181.46 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	78.89 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	524.94 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	355.85 kN/m <sup>2</sup>
Incremento carico limite strato 1	3680.57 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	7.07
Rapporto (q1/q2)	1.72

Carico limite	355.85 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	154.72 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R3 (MAX))

Adesione terreno fondazione	2 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	103.4 kN



Sollecitazione di progetto 15.58 kN

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

**A1+M1+R3 (MIN)**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore $[Nq]$	9.13
Fattore $[Nc]$	18.68
Fattore $[Ng]$	2.54
Fattore forma $[Sc]$	1.0
Fattore profondità $[Dc]$	1.11
Fattore inclinazione carichi $[Ic]$	0.94
Fattore inclinazione pendio $[Gc]$	1.0
Fattore inclinazione base $[Bc]$	1.0
Fattore forma $[Sq]$	1.0
Fattore profondità $[Dq]$	1.08
Fattore inclinazione carichi $[Iq]$	0.94
Fattore inclinazione pendio $[Gq]$	1.0
Fattore inclinazione base $[Bq]$	1.0
Fattore forma $[Sg]$	1.0
Fattore profondità $[Dg]$	1.0
Fattore inclinazione carichi $[Ig]$	0.9
Fattore inclinazione pendio $[Gg]$	1.0
Fattore inclinazione base $[Bg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zq]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zc]$	1.0

Carico limite 166.14 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 72.23 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore $[Nq]$	10.81
Fattore $[Nc]$	22.55
Fattore $[Ng]$	8.07
Fattore forma $[Sc]$	1.0
Fattore forma $[Sg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zq]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zc]$	1.0

Carico limite 235.61 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 102.44 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 50/187

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.11
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore forma [Sq]	1.06
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore forma [Sg]	1.06
Fattore profondità [Dg]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.84
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	159.53 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	69.36 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.11
Fattore profondità [Dc]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.94
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	188.38 kN/m <sup>2</sup>
---------------	--------------------------

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 51/187

Resistenza di progetto 81.9 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed≤Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq] 26.09

Fattore [Nc] 38.64

Fattore [Ng] 7.43

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 524.94 kN/m<sup>2</sup>

Carico limite strato 1 (qt) 355.85 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 3680.57 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente di punzonamento (ks) 7.07

Rapporto (q1/q2) 1.72

Carico limite 355.85 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 154.72 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed≤Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R3 (MIN))

Adesione terreno fondazione 2 kN/m<sup>2</sup>

Angolo di attrito terreno fondazione 22 °

Frazione spinta passiva 0 %

Resistenza di progetto 86.19 kN

Sollecitazione di progetto 6.48 kN

Condizione di verifica [Ed≤Rd] Verificata

#### COMBO SISMA X

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 9.13

Fattore [Nc] 18.68

Fattore [Ng] 2.54

Fattore forma [Sc] 1.0

Fattore profondità [Dc] 1.11

Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.94

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 52/187

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.95
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.9
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	166.28 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	92.38 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	235.61 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	130.9 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore forma [Sg]	1.05

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 53/187

Fattore profondità [Dg]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.84
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	158.7 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	88.17 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.97
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.95
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	188.41 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	104.67 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 54/187

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 524.94 kN/m<sup>2</sup>

Carico limite strato 1 (qt) 355.85 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 3680.57 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente di punzonamento (ks) 7.07

Rapporto (q1/q2) 1.72

Carico limite 355.85 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 197.7 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA X)

Adesione terreno fondazione 2 kN/m<sup>2</sup>

Angolo di attrito terreno fondazione 22 °

Frazione spinta passiva 0 %

Resistenza di progetto 87.61 kN

Sollecitazione di progetto 6.22 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### COMBO SISMA X

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 9.13

Fattore [Nc] 18.68

Fattore [Ng] 2.54

Fattore forma [Sc] 1.0

Fattore profondità [Dc] 1.11

Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.94

Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0

Fattore inclinazione base [Bc] 1.0

Fattore forma [Sq] 1.0

Fattore profondità [Dq] 1.08

Fattore inclinazione carichi [Iq] 0.94

Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0

Fattore inclinazione base [Bq] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0

Fattore profondità [Dg] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Ig] 0.9

Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0

Fattore inclinazione base [Bg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 55/187

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 165.74 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 92.08 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 10.81  
Fattore [Nc] 22.55  
Fattore [Ng] 8.07  
Fattore forma [Sc] 1.0  
Fattore forma [Sg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 235.61 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 130.9 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 9.13  
Fattore [Nc] 18.68  
Fattore [Ng] 1.69  
Fattore forma [Sc] 1.11  
Fattore profondità [Dc] 1.08  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.96  
Fattore forma [Sq] 1.05  
Fattore profondità [Dq] 1.04  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 0.96  
Fattore forma [Sg] 1.05  
Fattore profondità [Dg] 1.04  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 0.84  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 159.07 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 88.37 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 56/187

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.94
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	188.69 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	104.83 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	524.94 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	355.85 kN/m <sup>2</sup>
Incremento carico limite strato 1	3680.57 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	7.07
Rapporto (q1/q2)	1.72
Carico limite	355.85 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	197.7 kN/m <sup>2</sup>

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 57/187

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA X)

Adesione terreno fondazione	2 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	81.33 kN
Sollecitazione di progetto	6.22 kN

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

### COMBO SISMA Y

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore $[N_q]$	9.13
Fattore $[N_c]$	18.68
Fattore $[N_g]$	2.54
Fattore forma $[S_c]$	1.0
Fattore profondità $[D_c]$	1.11
Fattore inclinazione carichi $[I_c]$	0.93
Fattore inclinazione pendio $[G_c]$	1.0
Fattore inclinazione base $[B_c]$	1.0
Fattore forma $[S_q]$	1.0
Fattore profondità $[D_q]$	1.08
Fattore inclinazione carichi $[I_q]$	0.93
Fattore inclinazione pendio $[G_q]$	1.0
Fattore inclinazione base $[B_q]$	1.0
Fattore forma $[S_g]$	1.0
Fattore profondità $[D_g]$	1.0
Fattore inclinazione carichi $[I_g]$	0.88
Fattore inclinazione pendio $[G_g]$	1.0
Fattore inclinazione base $[B_g]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[z_q]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[z_g]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[z_c]$	1.0

Carico limite	163.86 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	91.03 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore $[N_q]$	10.81
Fattore $[N_c]$	22.55
Fattore $[N_g]$	8.07
Fattore forma $[S_c]$	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 58/187

Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	235.61 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	130.9 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.93
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.93
Fattore forma [Sg]	1.05
Fattore profondità [Dg]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.76
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	154.31 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	85.73 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 59/187

Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.94
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	187.78 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	104.32 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43

Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	524.94 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	355.85 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	3680.57 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	7.07
Rapporto (q1/q2)	1.72

Carico limite	355.85 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	197.7 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA Y)

Adesione terreno fondazione	2 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	87.02 kN
Sollecitazione di progetto	7.6 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

**COMBO SISMA Y**

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 60/187

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	2.54
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.92
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.93
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.88
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	163.5 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	90.83 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	235.61 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	130.9 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
--------------	------

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 61/187

Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.11
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.93
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.93
Fattore forma [Sg]	1.05
Fattore profondità [Dg]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.76
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	154.77 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	85.98 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.94
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	188.37 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	104.65 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata



**Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)**

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq] 26.09

Fattore [Nc] 38.64

Fattore [Ng] 7.43

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 524.94 kN/m<sup>2</sup>

Carico limite strato 1 (qt) 355.85 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 3680.57 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente di punzonamento (ks) 7.07

Rapporto (q1/q2) 1.72

Carico limite 355.85 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 197.7 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA Y)

Adesione terreno fondazione 2 kN/m<sup>2</sup>

Angolo di attrito terreno fondazione 22 °

Frazione spinta passiva 0 %

Resistenza di progetto 81.91 kN

Sollecitazione di progetto 7.51 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto 13.93 kN/m<sup>2</sup>

Cedimento dopo T anni 15.0

Distanza 3.48 m

Angolo 309.47 °

Cedimento totale 0.306 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 63/187

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	6.25	56.11	0.495	Edometrico	0.2848	--	0.2848
2	18	158.378	0.107	Edometrico	0.0214	--	0.0214

#### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3 (MAX)

Autore: MEYERHOF (1963)

Carico limite [Qult]	73.83 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	32.1 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	14.53 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	5.08
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

#### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 2953.24 kN/m<sup>3</sup>

#### A1+M1+R3 (MAX)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.04
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.02
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	86.69 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	37.69 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 64/187

Carico limite	85.38 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	37.12 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.91
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.91
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	73.83 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	32.1 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	80.33 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	34.92 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 65/187

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	642.62 kN/m²
Carico limite strato 1 (qt)	115.66 kN/m²

Incremento carico limite strato 1	306.67 kN/m²
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	4.0

Carico limite	115.66 kN/m²
Resistenza di progetto	50.28 kN/m²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R3 (MAX))

Adesione terreno fondazione	2 kN/m²
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	26.27 kN
Sollecitazione di progetto	15.58 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

#### A1+M1+R3 (MIN)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.05
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.01
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	87.84 kN/m²
Resistenza di progetto	38.19 kN/m²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 66/187

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	85.38 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	37.12 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	77.59 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	33.73 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 67/187

Carico limite	80.57 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	35.03 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	642.62 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	115.66 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	306.67 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	4.0

Carico limite	115.66 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	50.28 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R3 (MIN))

Adesione terreno fondazione	2 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	27.06 kN
Sollecitazione di progetto	6.48 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### COMBO SISMA X

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.04
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.01
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 68/187

Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	87.62 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	48.68 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	85.38 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	47.43 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	77.35 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	42.97 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 69/187

Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	80.51 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	44.73 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	642.62 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	115.66 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	306.67 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	4.0

Carico limite	115.66 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	64.25 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA X)

Adesione terreno fondazione	2 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	27.74 kN
Sollecitazione di progetto	6.22 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

**COMBO SISMA X**

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 70/187

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.05
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.01
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	87.74 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	48.74 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	85.38 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	47.43 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	77.46 kN/m <sup>2</sup>
---------------	-------------------------

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 71/187

Resistenza di progetto 43.03 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 80.62 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 44.79 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb) 642.62 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 115.66 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 306.67 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0  
Rapporto (q1/q2) 4.0

Carico limite 115.66 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 64.25 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

**VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA X)**



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 72/187

Adesione terreno fondazione	2 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	27.33 kN
Sollecitazione di progetto	6.22 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

### COMBO SISMA Y

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.04
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.01
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	87.49 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	48.6 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	85.38 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	47.43 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.93
Fattore forma [Sq]	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 73/187

Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.93
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	75.58 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	41.99 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	80.58 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	44.77 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	642.62 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	115.66 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	306.67 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	4.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 74/187

Carico limite	115.66 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	64.25 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA Y)

Adesione terreno fondazione	2 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	27.89 kN
Sollecitazione di progetto	7.6 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### COMBO SISMA Y

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.05
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.01
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	87.64 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	48.69 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	85.38 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	47.43 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata



Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.93
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.93
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	75.73 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	42.07 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	80.74 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	44.85 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

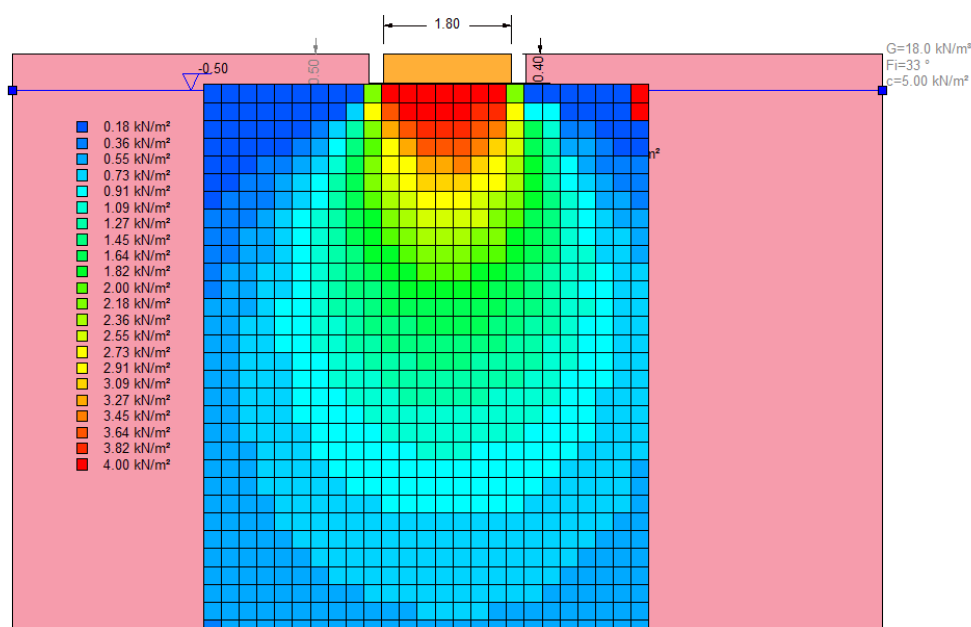
pag. 76/187

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	642.62 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	115.66 kN/m <sup>2</sup>
Incremento carico limite strato 1	306.67 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	4.0
Carico limite	115.66 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	64.25 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA Y)

Adesione terreno fondazione	2 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	27.18 kN
Sollecitazione di progetto	7.51 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

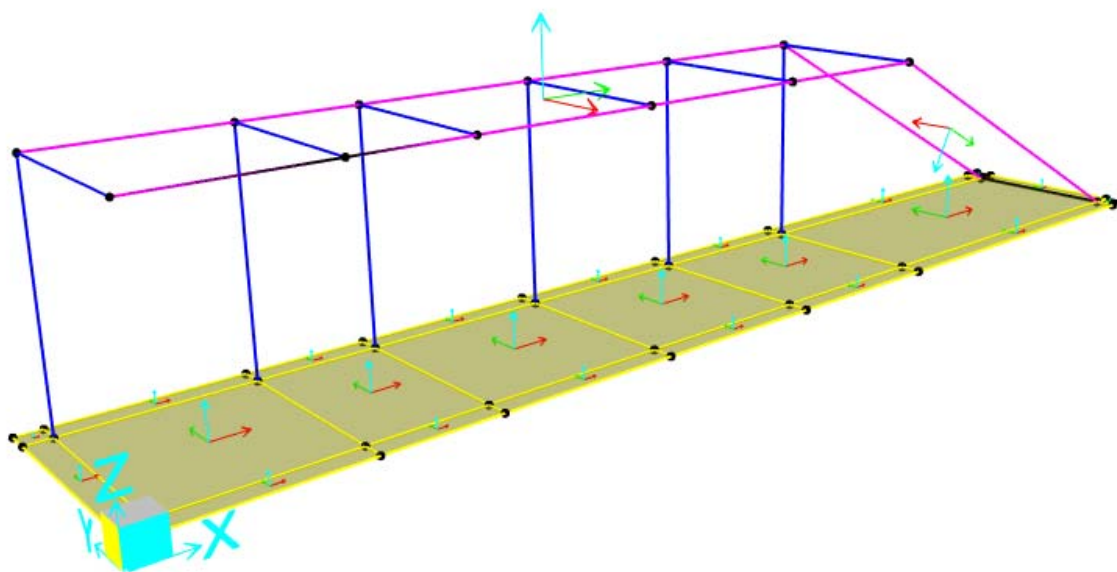


Bulbo delle tensioni massimo



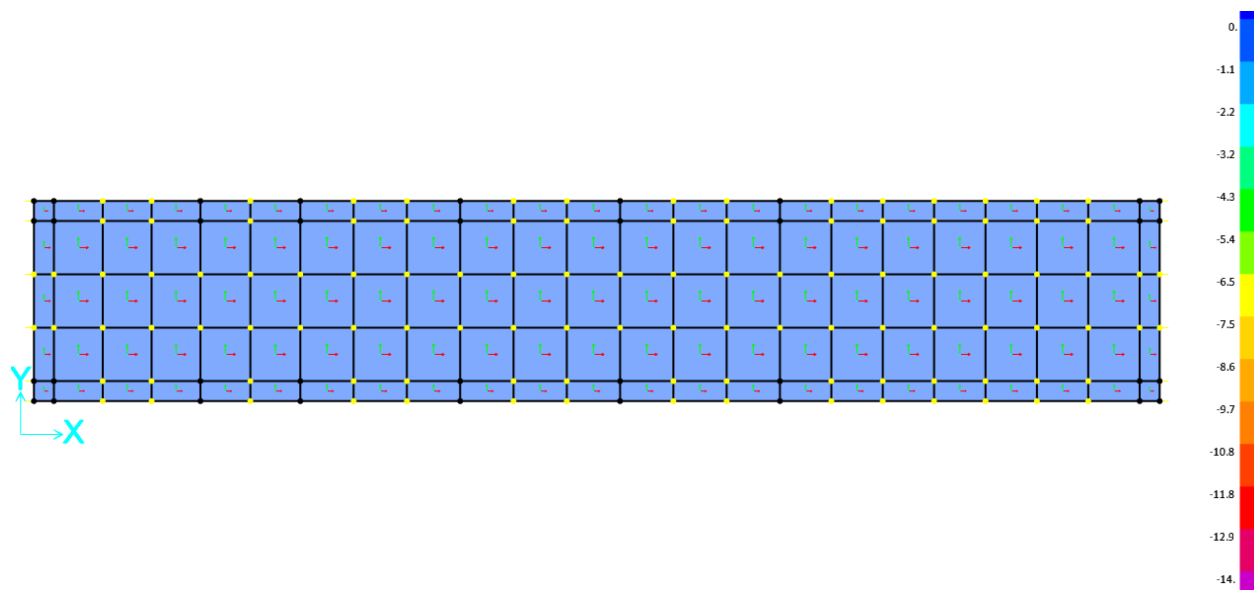
## 8.2. Verifiche strutturali

È stato predisposto un modello agli elementi finiti in SAP2000, modellando la platea su suolo elastico.



Per un calcestruzzo C25/30 la massima tensione è  $f_{cd} = 25/1.5 \cdot 0.85 = 14$  MPa. Il seguente grafico mostra come nessuna area raggiunge tale tensione.

Infatti, un'eventuale tensione superiore a quella limite verrebbe visualizzata come un contour magenta, essendo -14 MPa il limite della scala grafica.

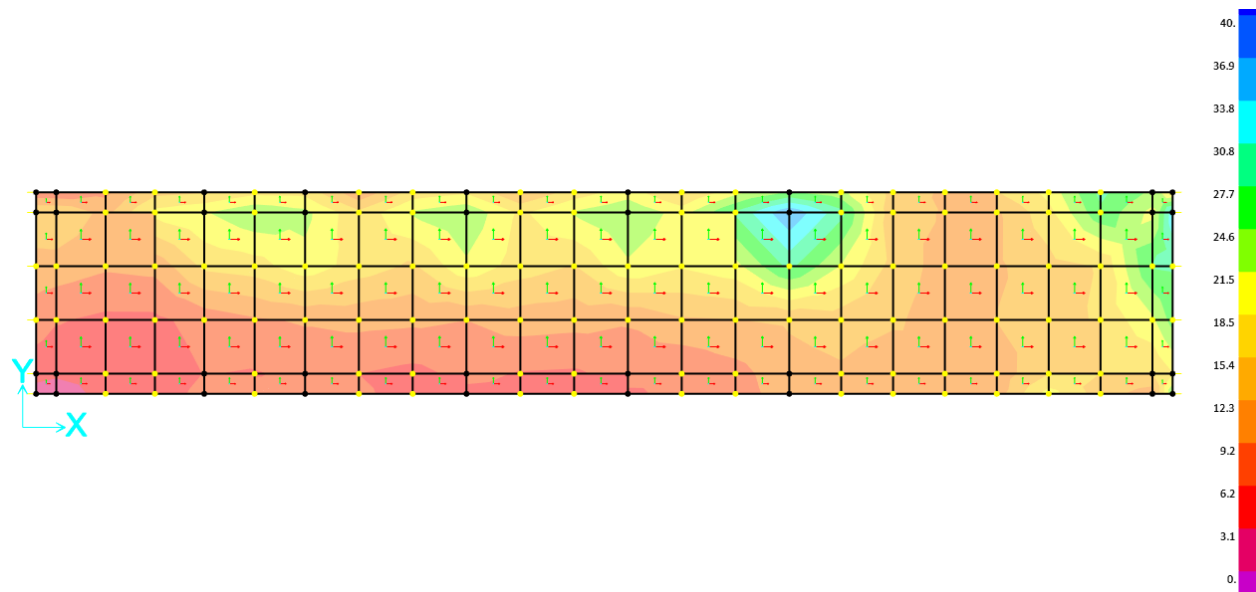
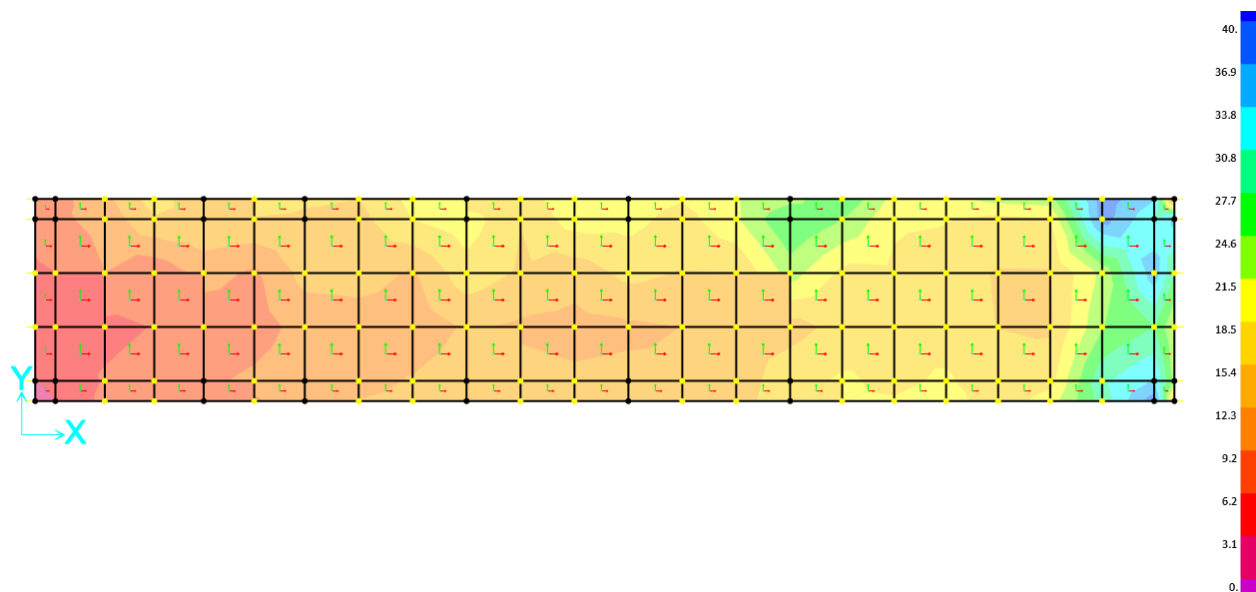


*Compressione sul calcestruzzo*

La progettazione dell'armatura è stata eseguita secondo il modello sandwich delle piastre, dimensionando le armature in base al valore di trazione che devono sopportare.

Una maglia  $\phi 14/20 \times 20$  assorbe una trazione pari a:

$$N = 0.9 \cdot 5 \cdot 153 \text{ mm}^2 \cdot \frac{450}{1.15} = 270 \text{ kN}$$

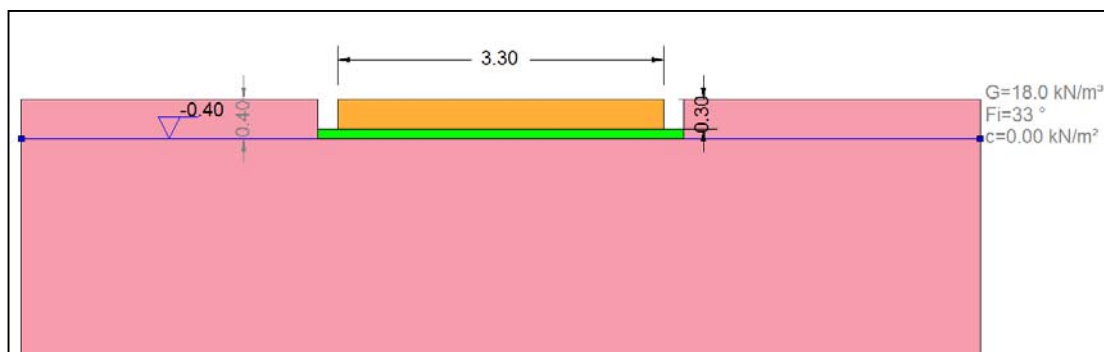






## 9. PLATEA SCALA C – 330X260X30 CM

### 9.1. Verifiche geotecniche



#### Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	No me combinazio ne	Pres sione normale di progetto [kN/ m²]	N [kN]	Mx [kN· m]	My [kN· m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+ M1+R3	0.00	210. 00	65.0 0	68.0 0	15.0 0	0.00	Prog etto
2	SIS MA	0.00	170. 00	70.0 0	7.00 0	18.0 0	10.0 0	Prog etto
3	S.L. E.	0.00	185. 00	46.0 0	46.0 0	0.00 0	0.00	Serv izio
4	S.L. D.	0.00	170. 00	53.0 0	16.0 0	0.00 0	0.00	Serv izio

#### Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Corr ezione Sismica	Tan gente angolo di resistenza al taglio	Coe sione efficace	Coe sione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef . Rid. Capacità portante verticale	Coef . Rid. Capaci tà portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

#### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SISMA

Autore: MEYERHOF (1963)

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 81/187

Carico limite [Qult]	67.63 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	37.57 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	21.59 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3.13
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

#### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	2705.38 kN/m <sup>3</sup>
---------------------	---------------------------

#### A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	2.54
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.81
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.83
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.78
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	81.27 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	35.34 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 82/187

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 200.08 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 86.99 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 9.13  
Fattore [Nc] 18.68  
Fattore [Ng] 1.69  
Fattore forma [Sc] 1.6  
Fattore profondità [Dc] 1.03  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.91  
Fattore forma [Sq] 1.3  
Fattore profondità [Dq] 1.02  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 0.91  
Fattore forma [Sg] 1.3  
Fattore profondità [Dg] 1.02  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 0.69  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 75.8 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 32.96 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 9.13  
Fattore [Nc] 18.68  
Fattore [Ng] 3.38  
Fattore forma [Sc] 1.57  
Fattore profondità [Dc] 1.04  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.89  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.51  
Fattore profondità [Dq] 1.03  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 0.9  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 0.62  
Fattore profondità [Dg] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 0.83  
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 83/187

Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	114.05 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	49.59 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	613.9 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	209.59 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	1639.17 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	7.07
Rapporto (q1/q2)	4.09

Carico limite	209.59 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	91.13 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R3)

Adesione terreno fondazione	0 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	77.13 kN
Sollecitazione di progetto	15 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

SISMA

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 84/187

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	2.54
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.7
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.73
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.65
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	70.63 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	39.24 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	183.06 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	101.7 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
--------------	------

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 85/187

Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.77
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.85
Fattore forma [Sq]	1.39
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.85
Fattore forma [Sg]	1.39
Fattore profondità [Dg]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.49
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	67.63 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	37.57 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.74
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.82
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.66
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.83
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.5
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.73
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	109.71 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	60.95 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata



Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

### Strato 1 sopra, strato 2 sotto

#### Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43

#### Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	613.9 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	209.59 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	1639.17 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	7.07
Rapporto (q1/q2)	4.09

Carico limite	209.59 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	116.44 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

### VERIFICA A SCORRIMENTO (SISMA)

Adesione terreno fondazione	0 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	62.44 kN
Sollecitazione di progetto	20.59 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto	15.0 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento dopo T anni	15.0
Distanza	0.87 m
Angolo	0.00 °
Cedimento totale	0.38 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento



secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	6.3	56.519	0.637	Edometrico	0.3629	--	0.3629
2	18	158.378	0.087	Edometrico	0.0175	--	0.0175

#### Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/ m <sup>2</sup> ]	N [kN]	Mx [kN· m]	My [kN· m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+ M1+R3	0.00	210.00	65.00	68.00	15.00	0.00	Progetto
2	SIS MA	0.00	170.00	70.00	7.00	18.00	10.00	Progetto
3	S.L. E.	0.00	185.00	46.00	46.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L. D.	0.00	170.00	53.00	16.00	0.00	0.00	Servizio

#### Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coefficiente efficace	Coefficiente non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coefficiente Rid. Capacità portante verticale	Coefficiente Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

#### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	87.4 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	38.0 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	28.9 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3.02
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

#### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 88/187

Costante di Winkler 3495.96 kN/m<sup>3</sup>

### A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.26
Fattore profondità [Dc]	0.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.04
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	98.43 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	42.8 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	87.4 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	38.0 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.26
Fattore profondità [Dc]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.91
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.91
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 89/187

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 89.54 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 38.93 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattore forma [Sc] 1.26

Fattore profondità [Dc] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.96

Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0

Fattore inclinazione base [Bc] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 94.6 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 41.13 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 731.58 kN/m<sup>2</sup>

Carico limite strato 1 (qt) 142.54 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 147.64 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0

Rapporto (q1/q2) 3.81

Carico limite 142.54 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 61.97 kN/m<sup>2</sup>

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 90/187

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

## SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore $[Nq]$	1.0
Fattore $[Nc]$	5.14
Fattore forma $[Sc]$	0.33
Fattore profondità $[Dc]$	0.04
Fattore inclinazione carichi $[Ic]$	0.05
Fattore correzione sismico inerziale $[zq]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zc]$	1.0

Carico limite	103.16 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	57.31 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore $[Nq]$	1.0
Fattore $[Nc]$	5.7
Fattore forma $[Sc]$	1.0
Fattore forma $[Sg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zq]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zc]$	1.0

Carico limite	87.4 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	48.56 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore $[Nq]$	1.0
Fattore $[Nc]$	5.14
Fattore forma $[Sc]$	1.33
Fattore profondità $[Dc]$	1.02
Fattore inclinazione carichi $[Ic]$	0.85
Fattore forma $[Sq]$	1.0
Fattore profondità $[Dq]$	1.0
Fattore inclinazione carichi $[Iq]$	0.85
Fattore forma $[Sg]$	1.0
Fattore profondità $[Dg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zq]$	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 91/187

Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	88.08 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	48.93 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.33
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	99.47 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	55.26 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	731.58 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	142.54 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	147.64 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	3.81

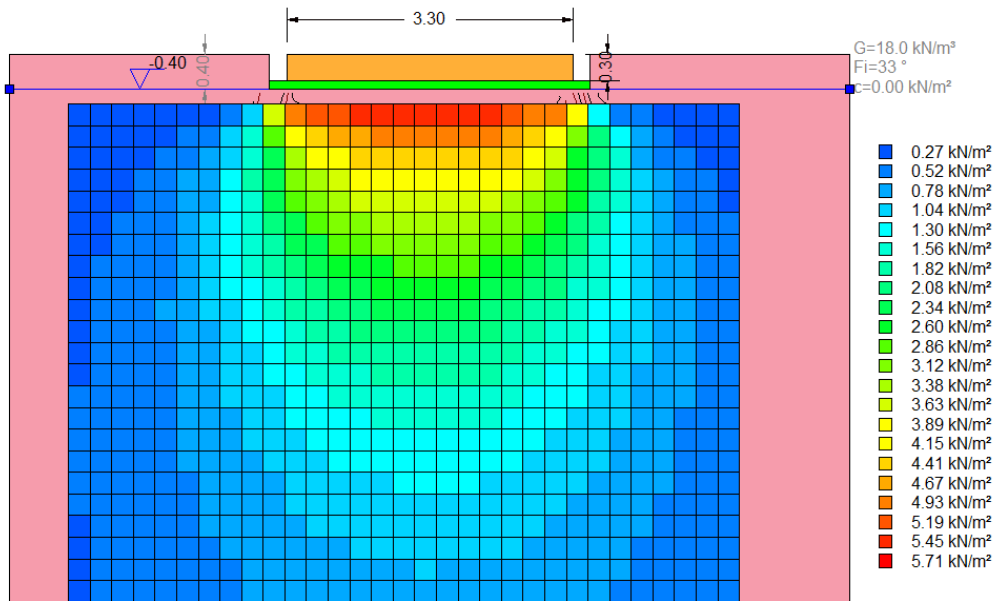
Carico limite	142.54 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	79.19 kN/m <sup>2</sup>

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

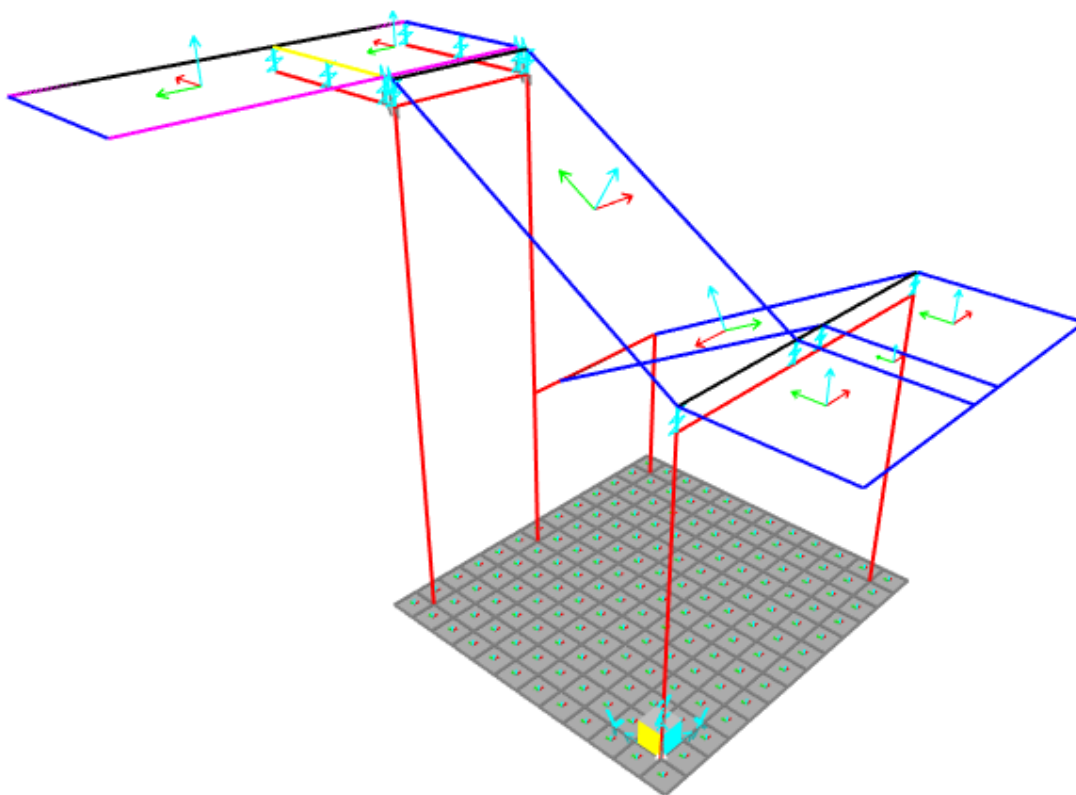


Bulbo delle tensioni massimo



## 9.2. Verifiche strutturali

È stato predisposto un modello agli elementi finiti in SAP2000, modellando la platea su suolo elastico con molle di rigidezza pari a 4000 kN/m<sup>3</sup>.



Per un calcestruzzo C25/30 la massima tensione è  $f_{cd} = 25/1.5 \cdot 0.85 = 14$  MPa. Il seguente grafico mostra come nessuna area raggiunge tale tensione.

Infatti, un'eventuale tensione superiore a quella limite verrebbe visualizzata come un contour magenta, essendo -14 MPa il limite della scala grafica.

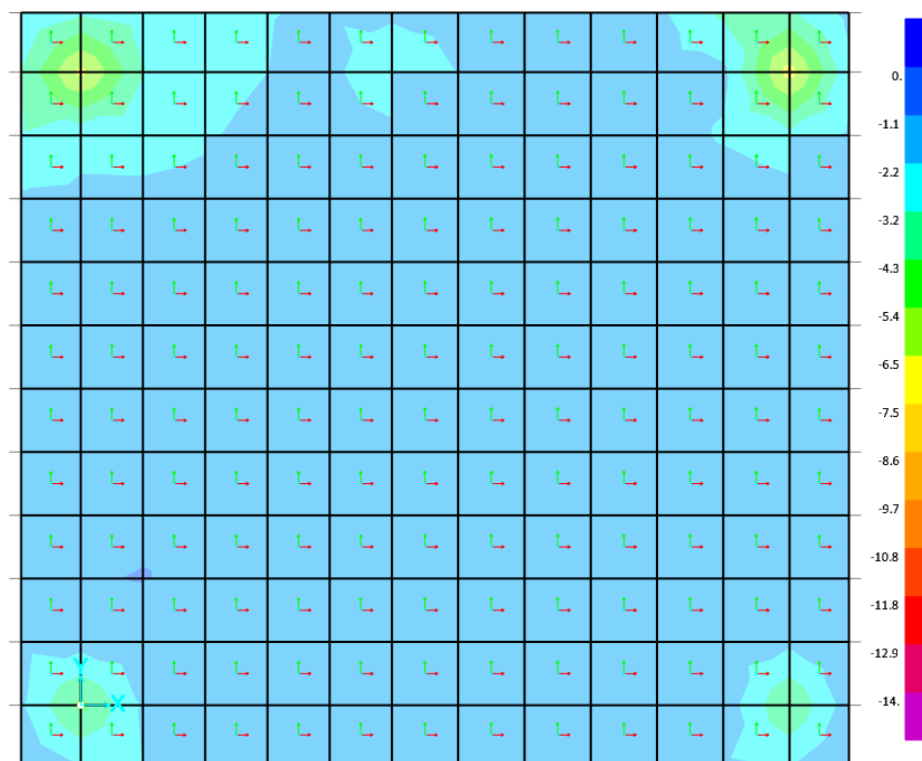
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 94/187



*Compressione sul calcestruzzo*

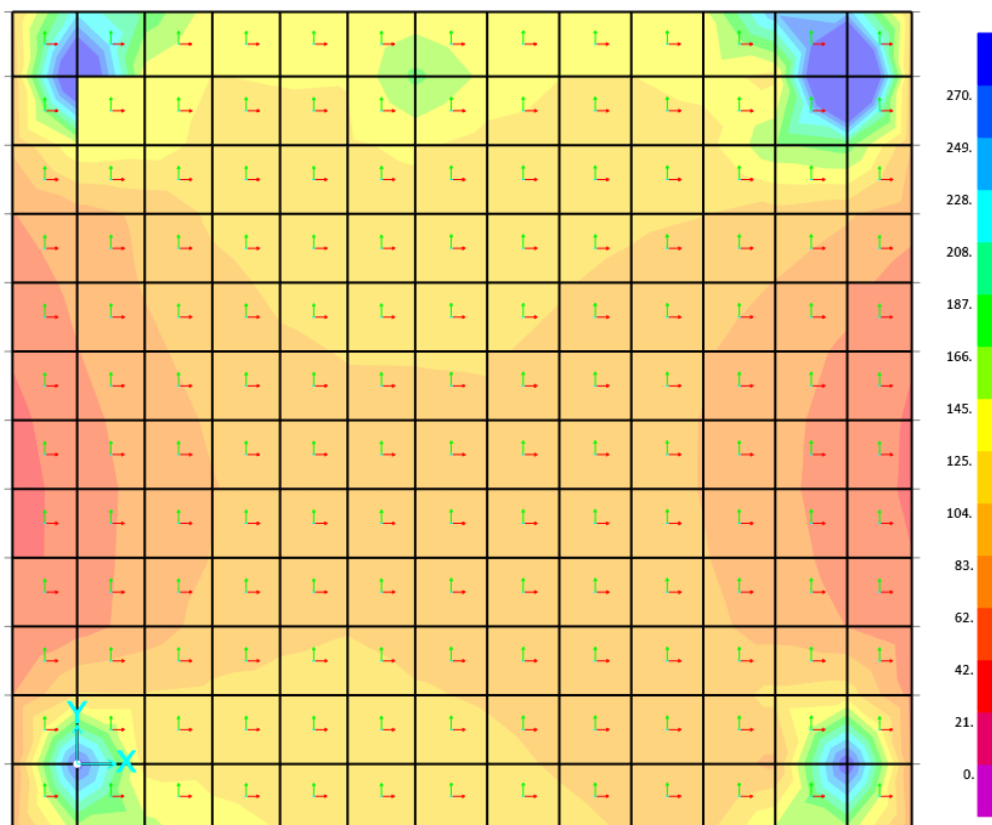
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 95/187



*Trazione necessaria in direzione X – armatura adottata  $\phi 14/20$*



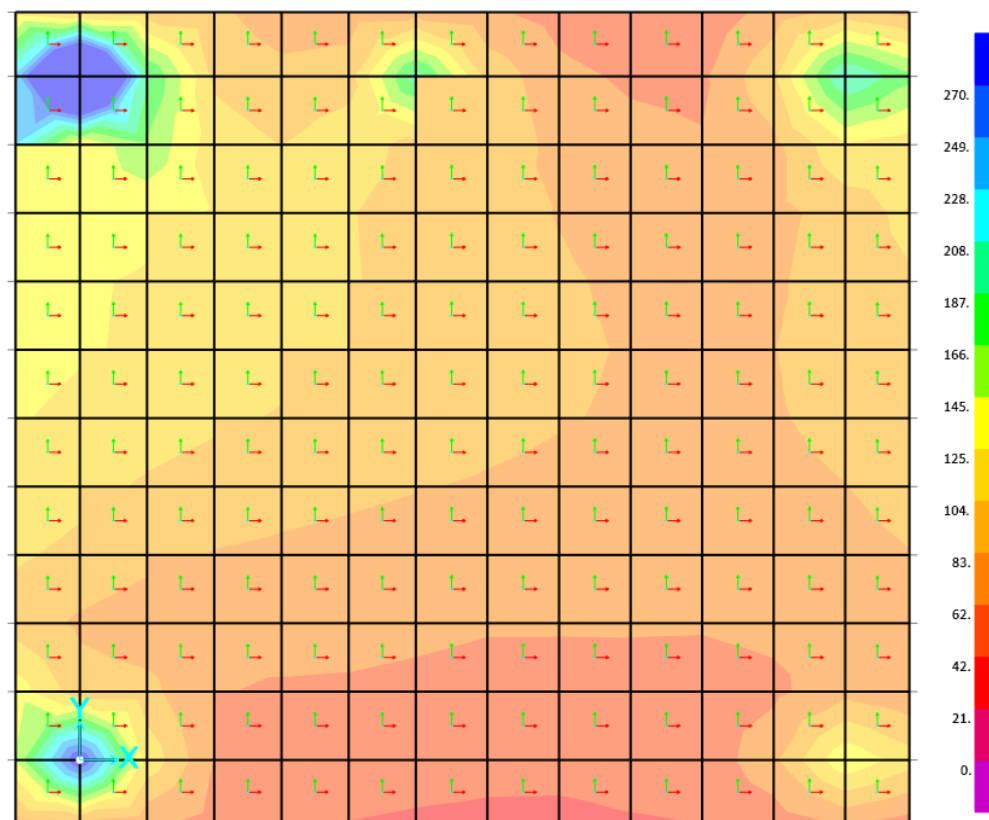
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 96/187



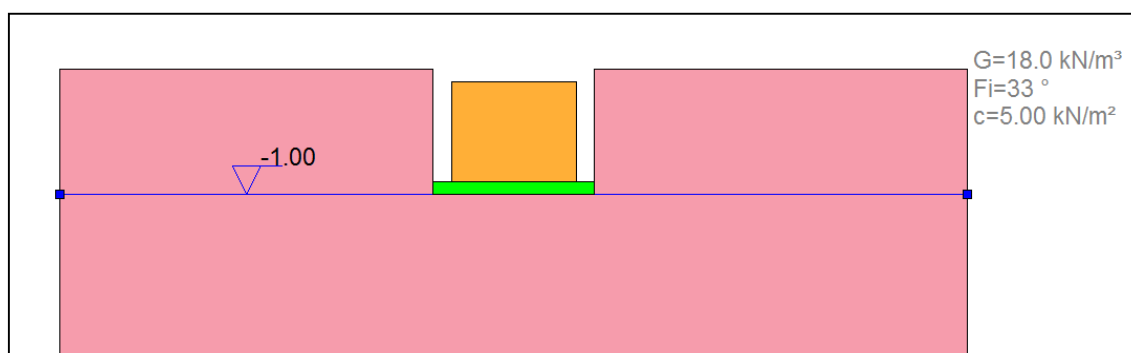
*Trazione necessaria in direzione Y – armatura adottata  $\phi 14/20$*

In corrispondenza delle colonne, verranno inserite armature aggiuntive  $\phi 14/20$ .



## 10. TRAVE SCALA D – 100X80 CM

### 10.1. Verifica geotecnica



Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome e combinazione	Pressione normale di progetto [kN/ m²]	N [kN]	Mx [kN· m]	My [kN· m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+ M1+R3	0.00	118.0 0	11.18	42.00	1.32	34.54	Progetto
2	SISM A	0.00	59.00	2.00	13.00	3.00	2.00	Progetto
3	S.L.E	26.82	77.00	8.00	19.00	1.00	23.00	Servizio
4	S.L. D.	29.29	58.00	8.00	19.00	1.00	23.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità à portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1



### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	141.85 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	61.67 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	51.31 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	2.76
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 5673.91 kN/m<sup>3</sup>

### A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	2.54
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.31
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.45
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.24
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.51
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.35
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	141.85 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	61.67 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 99/187

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	313.08 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	136.12 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.23
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.68
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.12
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.68
Fattore forma [Sg]	1.04
Fattore profondità [Dg]	1.12
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.1
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	169.86 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	73.85 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.27
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.7
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.06
Fattore profondità [Dq]	1.24
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.72
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.95
Fattore profondità [Dg]	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 100/187

Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.53
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	218.88 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	95.16 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43

Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	531.16 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	454.01 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	5487.66 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	7.07
Rapporto (q1/q2)	1.84

Carico limite	454.01 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	197.39 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R3)

Adesione terreno fondazione	0 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	43.34 kN
Sollecitazione di progetto	34.57 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

**SISMA**

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 101/187

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	2.54
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.31
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.89
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.24
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.9
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.84
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	262.48 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	145.82 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	307.1 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	170.61 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 102/187

Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.23
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.91
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.12
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.91
Fattore forma [Sg]	1.05
Fattore profondità [Dg]	1.12
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.69
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	234.4 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	130.22 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.27
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.93
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.24
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.93
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.94
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.89
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	296.02 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	164.45 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 103/187

=====

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	531.16 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	454.01 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	5487.66 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	7.07
Rapporto (q1/q2)	1.84

Carico limite	454.01 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	252.23 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]      Verificata

=====

**VERIFICA A SCORRIMENTO (SISMA)**

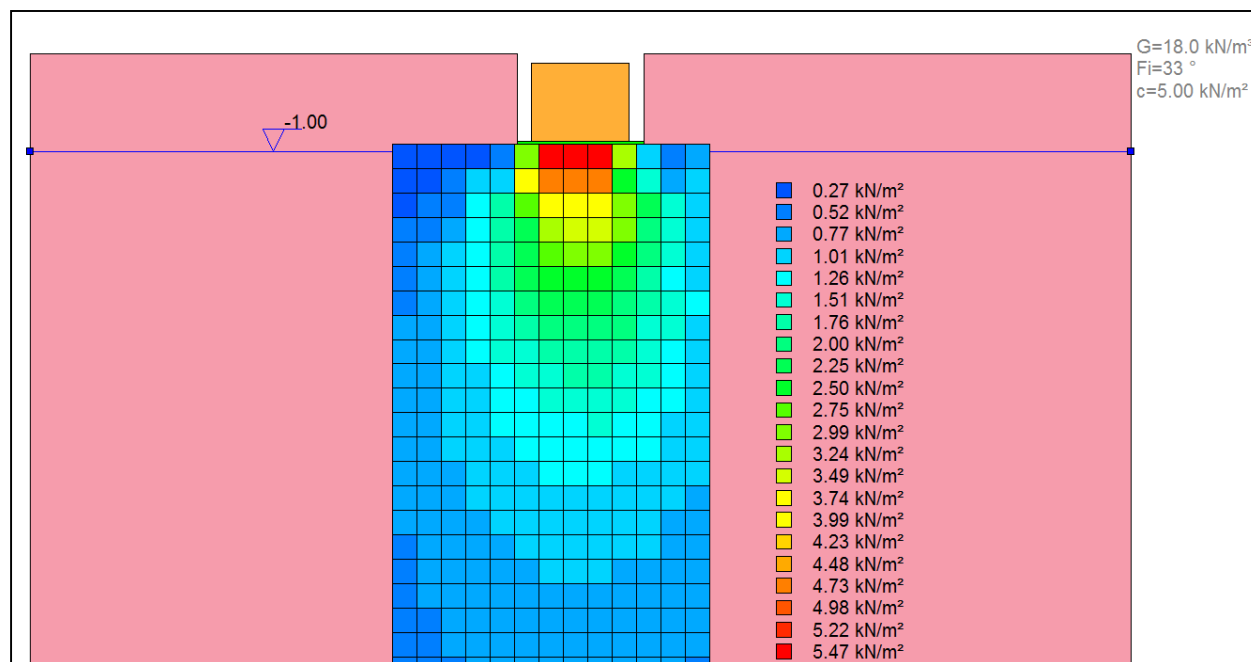
=====

Adesione terreno fondazione	0 kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	21.67 kN
Sollecitazione di progetto	3.61 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd]      Verificata

=====





Bulbo delle tensioni massimo

### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto	29.29 kN/m²
Cedimento dopo T anni	15.0
Distanza	0.97 m
Angolo	214.71 °
Cedimento totale	0.454 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m²)	Dp (kN/m²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	6.5	63.062	0.791	Edometrico	0.4348	--	0.4348
2	18	163.281	0.097	Edometrico	0.0195	--	0.0195

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 106/187

## 10.2. Verifica strutturale

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: TraveFondazione

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
Tipologia sezione: Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30
N°vertice:	X [cm] Y [cm]
1	-50.0 0.0
2	-50.0 80.0
3	50.0 80.0
4	50.0 0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.3	5.7	16
2	-44.3	74.3	16
3	44.3	74.3	16
4	44.3	5.7	16

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 107/187

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	4	16
2	2	3	4	16
3	1	2	2	16
4	4	3	2	16

## ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 10.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

## CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	24.74	10.65	5.12	13.82	12.57
2	24.74	13.46	-4.48	-15.84	8.73
3	24.74	13.46	5.12	15.84	12.57

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.1 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 3.9 cm

## VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 108/187

1	S	24.74	10.65	5.12	24.70	322.07	154.61	30.23	18.1(16.0)
2	S	24.74	13.46	-4.48	24.68	340.57	-115.09	25.34	18.1(16.0)
3	S	24.74	13.46	5.12	24.56	334.68	128.17	24.89	18.1(16.0)

## METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00075	0.277	50.0	80.0	0.00055	44.3	74.3	-0.00196	-44.3	5.7
2	0.00070	0.263	-50.0	80.0	0.00050	-44.3	74.3	-0.00196	44.3	5.7
3	0.00071	0.268	50.0	80.0	0.00052	44.3	74.3	-0.00196	-44.3	5.7

## POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000006730	0.000027857	-0.001817140	0.277	0.786
2	-0.000004892	0.000029517	-0.001908054	0.263	0.769
3	0.000005480	0.000028998	-0.001879032	0.268	0.774

## VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm

Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lunghezza legatura proiettata sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

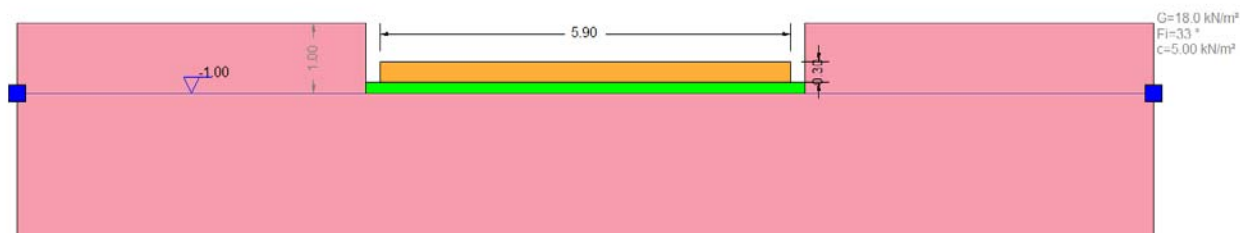
pag. 109/187

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	16.39	2273.65	404.39	73.1	97.4	1.000	1.002	0.6	15.7(0.0)
2	S	17.05	2294.76	404.57	73.1	98.3	1.000	1.002	0.7	15.7(0.0)
3	S	17.90	2285.18	404.70	73.2	97.8	1.000	1.002	0.7	15.7(0.0)



## 11. PLATEA PENSILINA – 590X260X30 CM

### 11.1. Verifiche geotecniche



Carichi di progetto agenti sulla fondazione												
r.	Nome combinazione	N essione normale di progetto [k N/m²]	Pr [k N]	N [k N]	x [m]	M y [k N·m]	M x [k N]	H y [k N]	H x [k N]	po	Ti	
1	1+M1+R3 (MAX)	A	0.00	82.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	oggetto	Pr	
2	1+M1+R3 (MIN)	A	0.00	12.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	oggetto	Pr	
3	OMBO SISMA X	C	0.00	89.00	2.34	8.78	4.81	8.64	2.81	oggetto	Pr	
4	OMBO SISMA X	C	0.00	89.00	2.03	8.41	4.81	-2.64	-2.81	oggetto	Pr	
5	OMBO SISMA Y	C	0.00	89.00	1.82	4.15	1.64	2.81	8.64	oggetto	Pr	
6	OMBO SISMA Y	C	0.00	89.00	3.80	4.70	1.24	-8.81	-2.64	oggetto	Pr	
7	OMBO SISMA X SLD	C	6.49	89.00	2.00	1.74	2.03	4.21	1.21	ervizio	S	
8	OMBO SISMA X SLD	C	7.74	89.00	2.54	2.29	4.03	-1.21	-1.21	ervizio	S	
9		C	1.00		2.00	1.00	6.00	1.00	4.00		S	

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 111/187

	OMBO SISMA Y SLD	7.29	89.00	5.88	32	21	03	ervizio
0	1 C OMBO SISMA Y SLD	8.59 1	89.00 2	7.86 2	87 6.	1.21 -	4.03 -	ervizio S
1	1 I NVILUPPO SLE_R	0.85 2	52.00 3	0.81 2	47 0.	00 0.	00 0.	ervizio S
2	1 I NVILUPPO SLE_R	6.95 1	39.00 2	0.10 4	23 1.	00 0.	00 0.	ervizio S

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

r	N	C	T	C	C	P	P	C	C
	orrezione Sismica		angente angolo di resistenza al taglio	oesione efficace	oesione non drenata	eso Unità volume in fondazione	eso unità volume copertura	oef. Rid. Capacità portante verticale	oef. Rid. Cap acità portante orizzontale
	1	N	1	1	1	1	1	2.	0
	2	Si	1	1	1	1	1	3	0
	3	N	1	1	1	1	1	3	0
	4	N	1	1	1	1	1	8	0
	5	N	1	1	1	1	1	8	0
	6	N	1	1	1	1	1	8	0
	7	N	1	1	1	1	1	8	1
	8	N	1	1	1	1	1	8	1
	9	N	1	1	1	1	1	8	1
0	1	N	1	1	1	1	1	8	1
1	1	N	1	1	1	1	1	8	1
2	1	N	1	1	1	1	1	8	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...COMBO SISMA X

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 282.31 kN/m²  
Resistenza di progetto [Rd] 156.84 kN/m²  
Tensione [Ed] 16.94 kN/m²





Fattore sicurezza  $[F_s = Q_{ult}/E_d]$  16.66  
Condizione di verifica  $[E_d \leq R_d]$  Verificata

#### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 11292.58 kN/m<sup>3</sup>

#### A1+M1+R3 (MAX)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore $[N_q]$	9.13	
Fattore $[N_c]$	18.68	
Fattore $[N_g]$	2.54	
Fattore forma $[S_c]$	2.03	
Fattore profondità $[D_c]$	1.06	
Fattore inclinazione carichi $[I_c]$	1.0	
Fattore inclinazione pendio $[G_c]$	1.0	
Fattore inclinazione base $[B_c]$	1.0	
Fattore forma $[S_q]$	1.91	
Fattore profondità $[D_q]$	1.05	
Fattore inclinazione carichi $[I_q]$	1.0	
Fattore inclinazione pendio $[G_q]$	1.0	
Fattore inclinazione base $[B_q]$	1.0	
Fattore forma $[S_g]$	0.16	
Fattore profondità $[D_g]$	1.0	
Fattore inclinazione carichi $[I_g]$	1.0	
Fattore inclinazione pendio $[G_g]$	1.0	
Fattore inclinazione base $[B_g]$	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale $[z_q]$	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale $[z_g]$	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale $[z_c]$	1.0	

Carico limite 475.43 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 206.71 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[E_d \leq R_d]$  Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore $[N_q]$	10.81	
Fattore $[N_c]$	22.55	
Fattore $[N_g]$	8.07	
Fattore forma $[S_c]$	1.0	
Fattore forma $[S_g]$	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale $[z_q]$	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale $[z_g]$	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale $[z_c]$	1.0	

Carico limite 478.28 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 207.95 kN/m<sup>2</sup>

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 113/187

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13	
Fattore [Nc]	18.68	
Fattore [Ng]	1.69	
Fattore forma [Sc]	1.98	
Fattore profondità [Dc]	1.05	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0	
Fattore forma [Sq]	1.49	
Fattore profondità [Dq]	1.02	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	1.49	
Fattore profondità [Dg]	1.02	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 446.86 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 194.29 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13	
Fattore [Nc]	18.68	
Fattore [Ng]	3.38	
Fattore forma [Sc]	1.94	
Fattore profondità [Dc]	1.06	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore forma [Sq]	1.84	
Fattore profondità [Dq]	1.05	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	0.37	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 114/187

Carico limite 477.6 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 207.65 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq] 26.09  
Fattore [Nc] 38.64  
Fattore [Ng] 7.43

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 696.14 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 763.56 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 930.11 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 7.07  
Rapporto (q1/q2) 1.1

Carico limite 763.56 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 331.98 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

### A1+M1+R3 (MIN)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 9.13  
Fattore [Nc] 18.68  
Fattore [Ng] 2.54  
Fattore forma [Sc] 2.03  
Fattore profondità [Dc] 1.06  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.91  
Fattore profondità [Dq] 1.05  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 0.16

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 115/187

Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 473.97 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 206.08 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 449.3 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 195.35 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	1.98
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.49
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.49
Fattore profondità [Dg]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 437.59 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 190.26 kN/m<sup>2</sup>



Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.94
Fattore profondità [Dc]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.84
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.37
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.86
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 473.1 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 205.7 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb) 696.14 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 763.56 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 930.11 kN/m<sup>2</sup>

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 117/187

Coefficiente di punzonamento (ks) 7.07

Rapporto (q1/q2) 1.1

Carico limite 763.56 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 331.98 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

### COMBO SISMA X

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13	
Fattore [Nc]	18.68	
Fattore [Ng]	2.54	
Fattore forma [Sc]	1.0	
Fattore profondità [Dc]	1.06	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.94	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore forma [Sq]	1.0	
Fattore profondità [Dq]	1.05	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.95	
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	1.0	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.91	
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 282.5 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 156.94 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81	
Fattore [Nc]	22.55	
Fattore [Ng]	8.07	
Fattore forma [Sc]	1.0	
Fattore forma [Sg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 118/187

Carico limite 478.28 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 265.71 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13	
Fattore [Nc]	18.68	
Fattore [Ng]	1.69	
Fattore forma [Sc]	1.94	
Fattore profondità [Dc]	1.05	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96	
Fattore forma [Sq]	1.47	
Fattore profondità [Dq]	1.02	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96	
Fattore forma [Sg]	1.47	
Fattore profondità [Dg]	1.02	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.84	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 312.69 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 173.72 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13	
Fattore [Nc]	18.68	
Fattore [Ng]	3.38	
Fattore forma [Sc]	1.91	
Fattore profondità [Dc]	1.06	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.97	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore forma [Sq]	1.81	
Fattore profondità [Dq]	1.05	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.97	
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	0.39	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.95	
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0	

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 119/187

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	455.97 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	253.32 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	7.43

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	696.14 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	763.56 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	930.11 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	7.07
Rapporto (q1/q2)	1.1

Carico limite	763.56 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	424.2 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA X)

Adesione terreno fondazione	1	kN/m <sup>2</sup>
Angolo di attrito terreno fondazione	22	°
Frazione spinta passiva	0	%
Resistenza di progetto	134.33	kN
Sollecitazione di progetto	9.2	kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

#### COMBO SISMA X

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
--------------	------



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 120/187

Fattore [Nc]	18.68	
Fattore [Ng]	2.54	
Fattore forma [Sc]	1.0	
Fattore profondità [Dc]	1.06	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.94	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore forma [Sq]	1.0	
Fattore profondità [Dq]	1.05	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.95	
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	1.0	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.91	
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 282.31 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 156.84 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81	
Fattore [Nc]	22.55	
Fattore [Ng]	8.07	
Fattore forma [Sc]	1.0	
Fattore forma [Sg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 478.28 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 265.71 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13	
Fattore [Nc]	18.68	
Fattore [Ng]	1.69	
Fattore forma [Sc]	1.97	
Fattore profondità [Dc]	1.05	

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 121/187

Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore forma [Sq]	1.49
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore forma [Sg]	1.49
Fattore profondità [Dg]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.84
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 314.27 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 174.6 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	1.93
Fattore profondità [Dc]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.97
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.83
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.97
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.37
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.95
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 460.0 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 255.56 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 122/187

#### Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq] 26.09  
Fattore [Nc] 38.64  
Fattore [Ng] 7.43

#### Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 696.14 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 763.56 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 930.11 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 7.07  
Rapporto (q1/q2) 1.1

Carico limite 763.56 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 424.2 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA X)

Adesione terreno fondazione 1 kN/m<sup>2</sup>  
Angolo di attrito terreno fondazione 22 °  
Frazione spinta passiva 0 %  
Resistenza di progetto 133.82 kN  
Sollecitazione di progetto 9.2 kN

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

#### COMBO SISMA Y

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 9.13  
Fattore [Nc] 18.68  
Fattore [Ng] 2.54  
Fattore forma [Sc] 1.0  
Fattore profondità [Dc] 1.06  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.94  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.0  
Fattore profondità [Dq] 1.05  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 0.95  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 1.0  
Fattore profondità [Dg] 1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 123/187

Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.91
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 284.49 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 158.05 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 478.28 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 265.71 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	2.07
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore forma [Sq]	1.53
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore forma [Sg]	1.53
Fattore profondità [Dg]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.84
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 321.31 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 178.5 kN/m<sup>2</sup>

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 124/187

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore $[Nq]$	9.13
Fattore $[Nc]$	18.68
Fattore $[Ng]$	3.38
Fattore forma $[Sc]$	2.03
Fattore profondità $[Dc]$	1.06
Fattore inclinazione carichi $[Ic]$	0.96
Fattore inclinazione pendio $[Gc]$	1.0
Fattore inclinazione base $[Bc]$	1.0
Fattore forma $[Sq]$	1.91
Fattore profondità $[Dq]$	1.05
Fattore inclinazione carichi $[Iq]$	0.96
Fattore inclinazione pendio $[Gq]$	1.0
Fattore inclinazione base $[Bq]$	1.0
Fattore forma $[Sg]$	0.31
Fattore profondità $[Dg]$	1.0
Fattore inclinazione carichi $[Ig]$	0.94
Fattore inclinazione pendio $[Gg]$	1.0
Fattore inclinazione base $[Bg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zq]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zg]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[zc]$	1.0

Carico limite 472.12 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 262.29 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore $[Nq]$	26.09
Fattore $[Nc]$	38.64
Fattore $[Ng]$	7.43

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore $[Nq]$	1.0
Fattore $[Nc]$	5.14

Carico limite strato 2 (qb) 696.14 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 763.56 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 930.11 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 7.07

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 125/187

## Rapporto ( $q_1/q_2$ ) 1.1

Carico limite 763.56 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 424.2 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [ $E_d \leq R_d$ ] Verificata

## VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA Y)

Adesione terreno fondazione 1 kN/m<sup>2</sup>  
Angolo di attrito terreno fondazione 22 °  
Frazione spinta passiva 0 %  
Resistenza di progetto 133.57 kN  
Sollecitazione di progetto 9.2 kN

Condizione di verifica [ $E_d \leq R_d$ ] Verificata

## COMBO SISMA Y

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [ $N_q$ ] 9.13  
Fattore [ $N_c$ ] 18.68  
Fattore [ $N_g$ ] 2.54  
Fattore forma [ $S_c$ ] 1.0  
Fattore profondità [ $D_c$ ] 1.06  
Fattore inclinazione carichi [ $I_c$ ] 0.94  
Fattore inclinazione pendio [ $G_c$ ] 1.0  
Fattore inclinazione base [ $B_c$ ] 1.0  
Fattore forma [ $S_q$ ] 1.0  
Fattore profondità [ $D_q$ ] 1.05  
Fattore inclinazione carichi [ $I_q$ ] 0.95  
Fattore inclinazione pendio [ $G_q$ ] 1.0  
Fattore inclinazione base [ $B_q$ ] 1.0  
Fattore forma [ $S_g$ ] 1.0  
Fattore profondità [ $D_g$ ] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [ $I_g$ ] 0.91  
Fattore inclinazione pendio [ $G_g$ ] 1.0  
Fattore inclinazione base [ $B_g$ ] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [ $z_q$ ] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [ $z_g$ ] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [ $z_c$ ] 1.0

Carico limite 284.3 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 157.94 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [ $E_d \leq R_d$ ] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 126/187

Fattore [Nq]	10.81
Fattore [Nc]	22.55
Fattore [Ng]	8.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 478.28 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 265.71 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	1.69
Fattore forma [Sc]	2.1
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore forma [Sq]	1.55
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore forma [Sg]	1.55
Fattore profondità [Dg]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.84
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 323.25 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 179.59 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9.13
Fattore [Nc]	18.68
Fattore [Ng]	3.38
Fattore forma [Sc]	2.06
Fattore profondità [Dc]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.94

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 127/187

Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.29
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.94
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 476.86 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 264.92 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1  
Fattore [Nq] 26.09  
Fattore [Nc] 38.64  
Fattore [Ng] 7.43

Fattori di capacità portante strato 2  
Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 696.14 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 763.56 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 930.11 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 7.07  
Rapporto (q1/q2) 1.1

Carico limite 763.56 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 424.2 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA Y)

Adesione terreno fondazione 1 kN/m<sup>2</sup>  
Angolo di attrito terreno fondazione 22 °  
Frazione spinta passiva 0 %  
Resistenza di progetto 133.05 kN



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 128/187

Sollecitazione di progetto 9.2 kN

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto 20.85 kN/m<sup>2</sup>

Cedimento dopo T anni 15.0

Distanza 0.00 m

Angolo 0.00 °

Cedimento totale 0.37 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

ato	Str	Z (m)	Ten (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Me (kN/m <sup>2</sup> )	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
	1	6.5	63.062	41	0.6	0.3	--	0.3
	2	18.281	163.86	0.0	0.0	0.0	--	0.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 129/187

Carichi di progetto agenti sulla fondazione												
r.	N	N	Pr	N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	H <sub>y</sub>	H <sub>y</sub>	po	Ti	
	ome	combinazion	essione	N]	[k x	[k y	[k x	[k y	[k y			
	e	e	normale di		N·m]	N·m]	N]	N]	N]			
			progetto									
			[k									
			N/m²]									
1	A	0.	3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	Pr	
1	1+M1+R3	00	82.00	00	00	00	00	00	00	oggetto	Pr	
2	(MAX)											
2	A	0.	2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	Pr	
2	1+M1+R3	00	12.00	00	00	00	00	00	00	oggetto	Pr	
3	(MIN)											
3	C	0.	2	8.	8.	4	8.	2.	2.	oggetto	Pr	
3	OMBO	00	89.00	34	7.86	81	64					
3	SISMA X											
4	C	0.	2	2	8.41	4	8.81	-	2.64	-	Pr	
4	OMBO	00	89.00	0.32						oggetto	Pr	
4	SISMA X											
5	C	0.	2	4	4.15	1	64	2.	8.	oggetto	Pr	
5	OMBO	00	89.00	1.82								
5	SISMA Y											
6	C	0.	2	5	4.70	1	2.64	-	8.81	-	Pr	
6	OMBO	00	89.00	3.80						oggetto	Pr	
6	SISMA Y											
7	C	1	2	1.	1.74	2	03	4.	21	1.	S	
7	OMBO	6.49	89.00	00						ervizio	S	
7	SISMA X											
8	SLD											
8	C	1	2	1	2.29	2	4.03	-	1.21	-	S	
8	OMBO	7.74	89.00	2.54						ervizio	S	
8	SISMA X											
8	SLD											
9	C	1	2	1	32	6.	21	1.	03	4.	S	
9	OMBO	7.29	89.00	5.88						ervizio	S	
9	SISMA Y											
9	SLD											
10	C	1	2	2	87	6.	1.21	-	4.03	-	S	
10	OMBO	8.59	89.00	7.86						ervizio	S	
10	SISMA Y											
10	SLD											
11	I	2	3	2	47	0.	00	0.	00	0.	S	
11	NVILUPPO	0.85	52.00	0.81						ervizio	S	
11	_SLE_R											
12	I	1	2	4	23	1.	00	0.	00	0.	S	
12	NVILUPPO	6.95	39.00	0.10						ervizio	S	
12	_SLE_R											

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

N	C	T	C	C	P	P	C	C
---	---	---	---	---	---	---	---	---

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 130/187

r	Correzione Sismica	angolo di resistenza al taglio	coesione efficace	coesione non drenata	eso Unità volume in fondazione	eso unità volume copertura	coef. Rid. Capacità portante verticale	coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	N	1	1	1	1	1	2.	0
2	Si	1	1	1	1	1	2.	0
3	N	1	1	1	1	1	1.	0
4	N	1	1	1	1	1	1.	0
5	N	1	1	1	1	1	1.	0
6	N	1	1	1	1	1	1.	0
7	N	1	1	1	1	1	1.	1
8	N	1	1	1	1	1	1.	1
9	N	1	1	1	1	1	1.	1
10	N	1	1	1	1	1	1.	1
11	N	1	1	1	1	1	1	1
12	N	1	1	1	1	1	1	1

#### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3 (MAX)

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult] 94.38 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto[Rd] 41.03 kN/m<sup>2</sup>  
Tensione [Ed] 20.21 kN/m<sup>2</sup>  
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 4.67  
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 3775.2kN/m<sup>3</sup>

#### A1+M1+R3 (MAX)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14  
Fattore forma [Sc] 0.42  
Fattore profondità [Dc] 0.06  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 131/187

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 120.18 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 52.25 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.7

Fattore forma [Sc] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 94.38 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 41.03 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattore forma [Sc] 1.42

Fattore profondità [Dc] 1.03

Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

Fattore forma [Sq] 1.0

Fattore profondità [Dq] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0

Fattore profondità [Dg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 118.91 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 51.7 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattore forma [Sc] 1.42

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 132/187

Fattore profondità [Dc] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 115.8 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 50.35 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1  
Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Fattori di capacità portante strato 2  
Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 813.82 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 167.46 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 74.58 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0  
Rapporto (q1/q2) 4.0

Carico limite 167.46 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 72.81 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

### A1+M1+R3 (MIN)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14  
Fattore forma [Sc] 0.42  
Fattore profondità [Dc] 0.06  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



3TI PROGETTI ITALIA  
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.

PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 133/187

Carico limite 120.18 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 52.25 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.7  
Fattore forma [Sc] 1.0  
Fattore forma [Sg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 94.38 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 41.03 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14  
Fattore forma [Sc] 1.42  
Fattore profondità [Dc] 1.03  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.0  
Fattore profondità [Dq] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 1.0  
Fattore profondità [Dg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 118.91 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 51.7 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14  
Fattore forma [Sc] 1.42  
Fattore profondità [Dc] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 134/187

Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 115.8 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 50.35 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1  
Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Fattori di capacità portante strato 2  
Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 813.82 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 167.46 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 74.58 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0  
Rapporto (q1/q2) 4.0

Carico limite 167.46 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 72.81 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

## COMBO SISMA X

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14  
Fattore forma [Sc] 0.41  
Fattore profondità [Dc] 0.06  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.01  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 118.51 kN/m<sup>2</sup>

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 135/187

Resistenza di progetto 65.84 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0	
Fattore [Nc]	5.7	
Fattore forma [Sc]	1.0	
Fattore forma [Sg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 94.38 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 52.43 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0	
Fattore [Nc]	5.14	
Fattore forma [Sc]	1.41	
Fattore profondità [Dc]	1.03	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96	
Fattore forma [Sq]	1.0	
Fattore profondità [Dq]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96	
Fattore forma [Sg]	1.0	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 109.77 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 60.99 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0	
Fattore [Nc]	5.14	
Fattore forma [Sc]	1.41	
Fattore profondità [Dc]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.99	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 136/187

Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 113.91 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 63.28 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1  
Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Fattori di capacità portante strato 2  
Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 813.82 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 167.46 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 74.58 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0  
Rapporto (q1/q2) 4.0

Carico limite 167.46 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 93.03 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA X)

Adesione terreno fondazione 1 kN/m<sup>2</sup>  
Angolo di attrito terreno fondazione 22 °  
Frazione spinta passiva 0 %  
Resistenza di progetto 17.56 kN  
Solllecitazione di progetto 9.2 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### COMBO SISMA X

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 137/187

Fattore [Nc] 5.14  
Fattore forma [Sc] 0.42  
Fattore profondità [Dc] 0.06  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.01  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 119.29 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 66.27 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.7  
Fattore forma [Sc] 1.0  
Fattore forma [Sg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 94.38 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 52.43 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14  
Fattore forma [Sc] 1.42  
Fattore profondità [Dc] 1.03  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.96  
Fattore forma [Sq] 1.0  
Fattore profondità [Dq] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 0.96  
Fattore forma [Sg] 1.0  
Fattore profondità [Dg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 110.53 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 61.41 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata



**Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.42
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 114.66 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 63.7 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

**Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)**

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb) 813.82 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 167.46 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 74.58 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0  
Rapporto (q1/q2) 4.0

Carico limite 167.46 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 93.03 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### **VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA X)**

Adesione terreno fondazione 1 kN/m<sup>2</sup>  
Angolo di attrito terreno fondazione 22 °  
Frazione spinta passiva 0 %  
Resistenza di progetto 17.06 kN

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 139/187

Sollecitazione di progetto 9.2 kN

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

### COMBO SISMA Y

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore $[N_q]$	1.0
Fattore $[N_c]$	5.14
Fattore forma $[S_c]$	0.46
Fattore profondità $[D_c]$	0.06
Fattore inclinazione carichi $[I_c]$	0.01
Fattore correzione sismico inerziale $[z_q]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[z_g]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[z_c]$	1.0

Carico limite 122.06 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 67.81 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore $[N_q]$	1.0
Fattore $[N_c]$	5.7
Fattore forma $[S_c]$	1.0
Fattore forma $[S_g]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[z_q]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[z_g]$	1.0
Fattore correzione sismico inerziale $[z_c]$	1.0

Carico limite 94.38 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 52.43 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore $[N_q]$	1.0
Fattore $[N_c]$	5.14
Fattore forma $[S_c]$	1.46
Fattore profondità $[D_c]$	1.03
Fattore inclinazione carichi $[I_c]$	0.96
Fattore forma $[S_q]$	1.0
Fattore profondità $[D_q]$	1.0
Fattore inclinazione carichi $[I_q]$	0.96
Fattore forma $[S_g]$	1.0
Fattore profondità $[D_g]$	1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 140/187

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 113.19 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 62.88 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14  
Fattore forma [Sc] 1.46  
Fattore profondità [Dc] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 118.1 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 65.61 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 813.82 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 167.46 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 74.58 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0  
Rapporto (q1/q2) 4.0

Carico limite 167.46 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 93.03 kN/m<sup>2</sup>



Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA Y)

Adesione terreno fondazione 1 kN/m<sup>2</sup>  
Angolo di attrito terreno fondazione 22 °  
Frazione spinta passiva 0 %  
Resistenza di progetto 16.81 kN  
Sollecitazione di progetto 9.2 kN

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

#### COMBO SISMA Y

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore  $[N_q]$  1.0  
Fattore  $[N_c]$  5.14  
Fattore forma  $[S_c]$  0.47  
Fattore profondità  $[D_c]$  0.06  
Fattore inclinazione carichi  $[I_c]$  0.01  
Fattore correzione sismico inerziale  $[z_q]$  1.0  
Fattore correzione sismico inerziale  $[z_g]$  1.0  
Fattore correzione sismico inerziale  $[z_c]$  1.0

Carico limite 123.01 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 68.34 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore  $[N_q]$  1.0  
Fattore  $[N_c]$  5.7  
Fattore forma  $[S_c]$  1.0  
Fattore forma  $[S_g]$  1.0  
Fattore correzione sismico inerziale  $[z_q]$  1.0  
Fattore correzione sismico inerziale  $[z_g]$  1.0  
Fattore correzione sismico inerziale  $[z_c]$  1.0

Carico limite 94.38 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 52.43 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore  $[N_q]$  1.0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 142/187

Fattore [Nc]	5.14	
Fattore forma [Sc]	1.47	
Fattore profondità [Dc]	1.03	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.96	
Fattore forma [Sq]	1.0	
Fattore profondità [Dq]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.96	
Fattore forma [Sg]	1.0	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 114.12 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 63.4 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0	
Fattore [Nc]	5.14	
Fattore forma [Sc]	1.47	
Fattore profondità [Dc]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	

Carico limite 119.06 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 66.15 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb) 813.82 kN/m<sup>2</sup>

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 143/187

Carico limite strato 1 (qt) 167.46 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 74.58 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0

Rapporto (q1/q2) 4.0

Carico limite 167.46 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 93.03 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO (COMBO SISMA Y)

Adesione terreno fondazione 1 kN/m<sup>2</sup>

Angolo di attrito terreno fondazione 22 °

Frazione spinta passiva 0 %

Resistenza di progetto 16.29 kN

Sollecitazione di progetto 9.2 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto 20.85 kN/m<sup>2</sup>

Cedimento dopo T anni 15.0

Distanza 0.00 m

Angolo 0.00 °

Cedimento totale 0.37 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

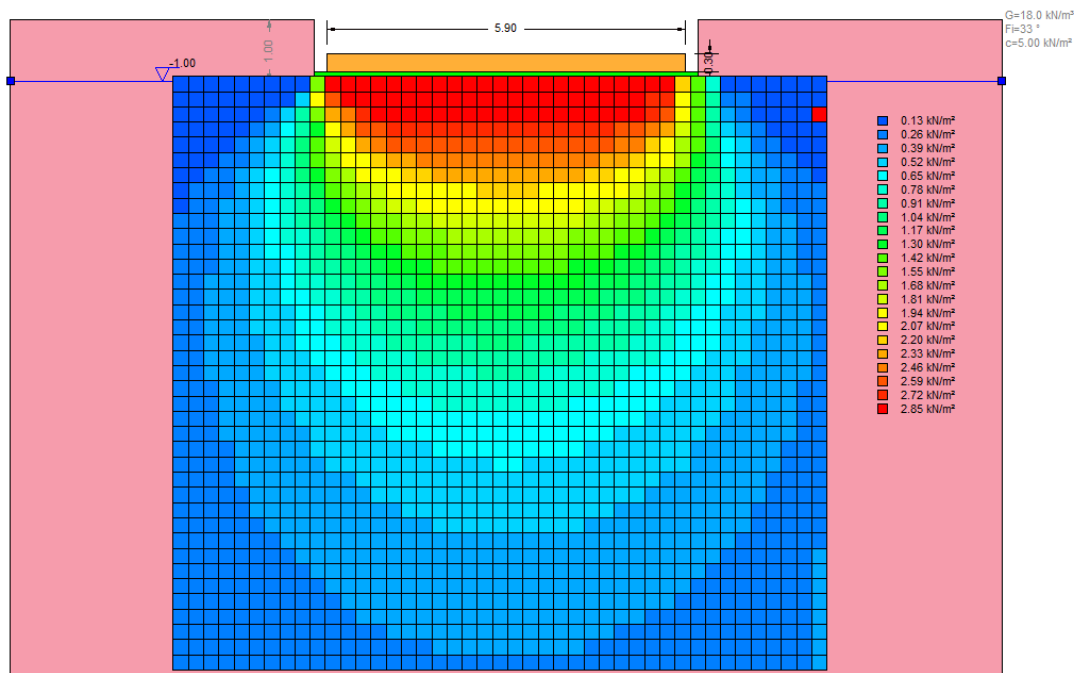
Strato	Str	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Ten (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN)	Me (kN)	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	6.5	63.	0.6	0.6	Ed	525	0.3	--	0.3
2	18	163	0.0	0.0	Ed	525	0.0	--	0.0
		.281	86	86	Ed	172	0.0	--	0.0



STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

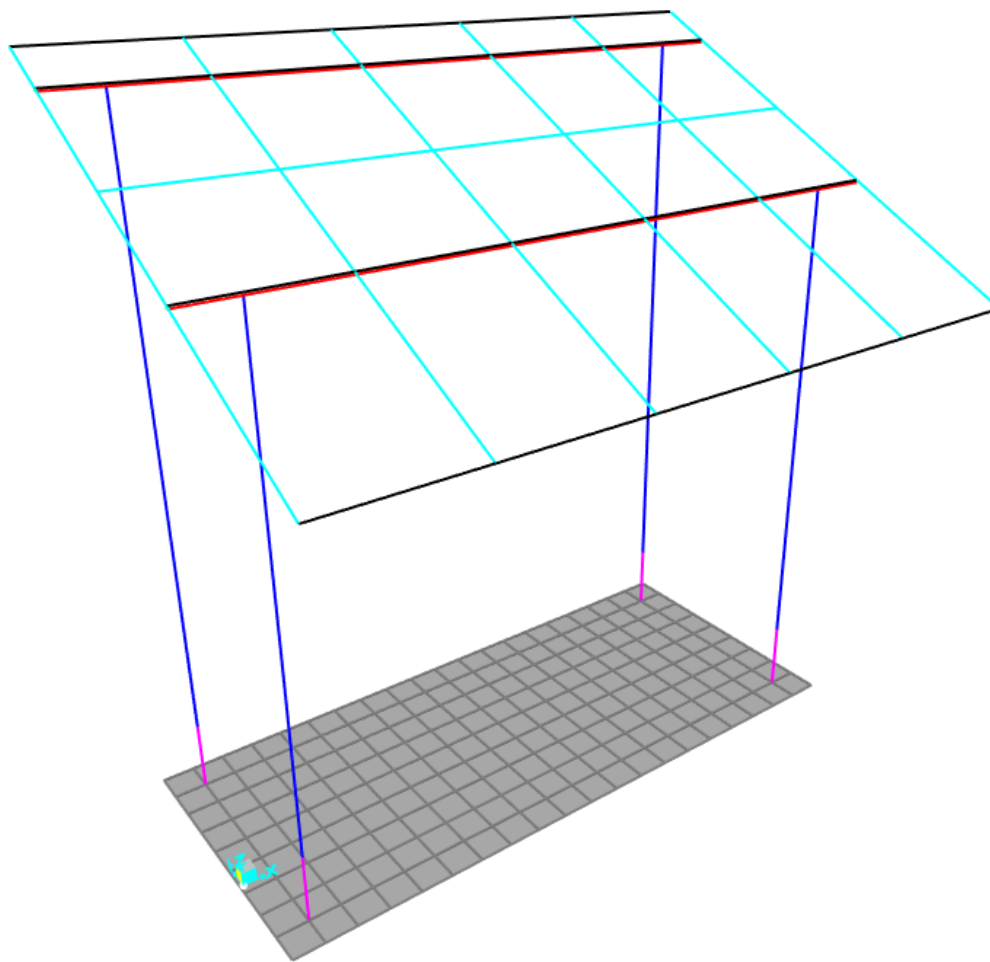


Bulbo delle tensioni massimo



## 11.2. Verifiche strutturali

È stato predisposto un modello agli elementi finiti in SAP2000, modellando la platea su suolo elastico con molle di rigidezza pari a 4500 kN/m3.



Per un calcestruzzo C25/30 la massima tensione è  $f_{cd} = 25/1.5 \cdot 0.85 = 14$  MPa. Il seguente grafico mostra come nessuna area raggiunge tale tensione.

Infatti, un'eventuale tensione superiore a quella limite verrebbe visualizzata come un contour magenta, essendo -14 MPa il limite della scala grafica.

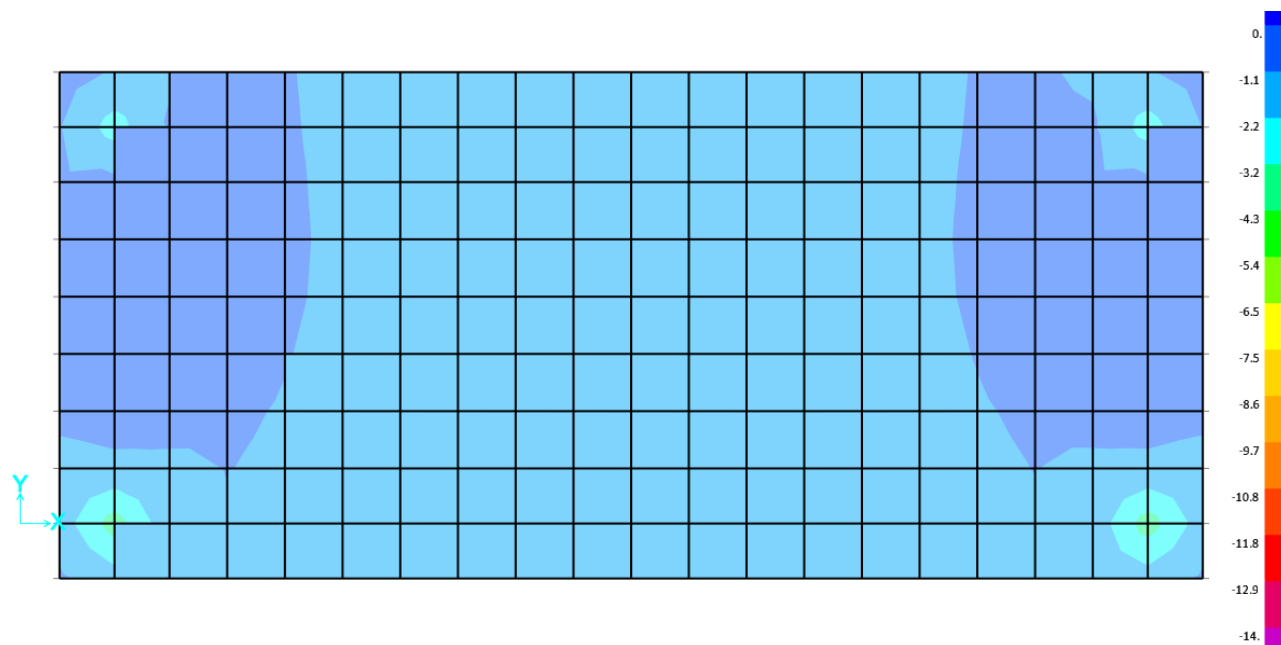
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



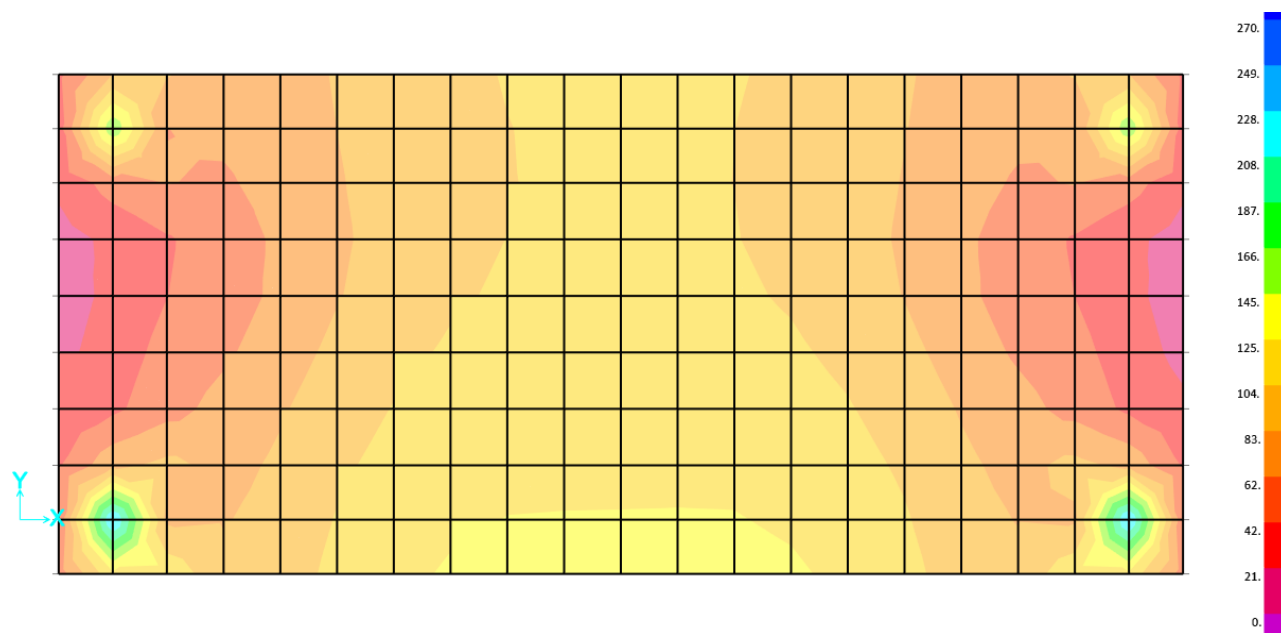
PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 146/187



*Compressione sul calcestruzzo*



*Trazione necessaria in direzione X – armatura adottata  $\phi 14/20$*

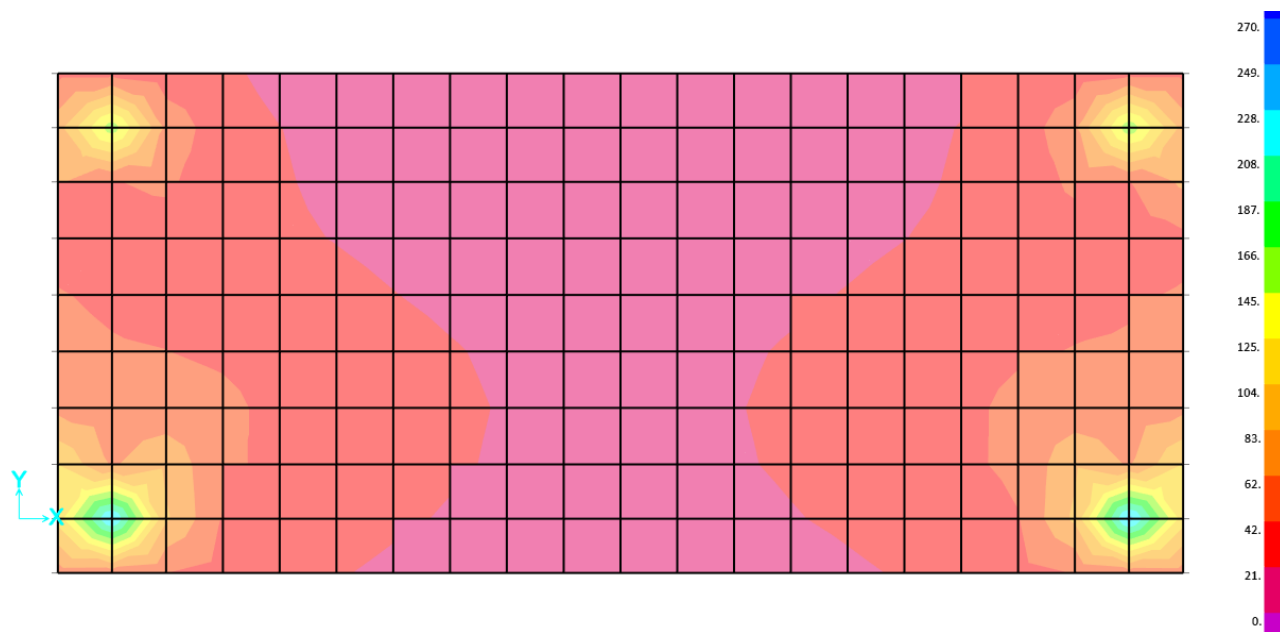
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 147/187

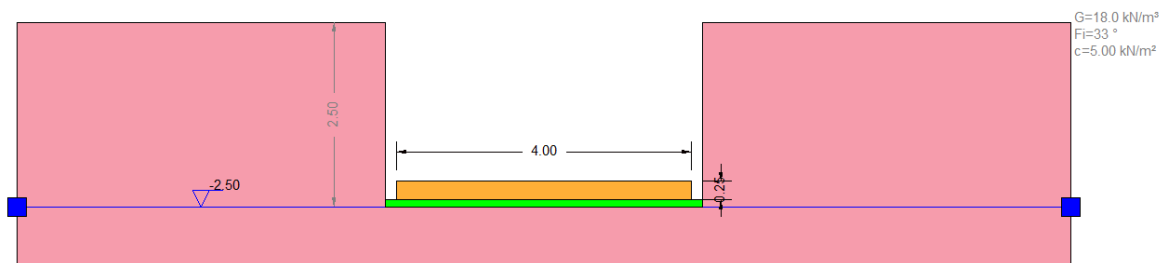


*Trazione necessaria in direzione Y – armatura adottata  $\phi 14/20$*



## 12. PLATEA CABINA DI MANOVRA – 400X450X25 CM

### 12.1. Verifiche geotecniche



Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	837.00	230.00	230.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	0.00	390.00	160.00	495.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	40.66	392.00	162.00	177.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	31.05	390.00	320.00	15.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume in copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 149/187

4	No	1	1	1	1	1	1	1
---	----	---	---	---	---	---	---	---

#### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SISMA

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 119.97 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto[Rd] 66.65 kN/m<sup>2</sup>

Tensione [Ed] 55.63 kN/m<sup>2</sup>

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 2.16

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

#### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 4798.95 kN/m<sup>3</sup>

#### A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattore forma [Sc] 0.18

Fattore profondità [Dc] 0.23

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 142.05 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 61.76 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)



=====

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.7

Fattore forma [Sc] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

Carico limite 121.38 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 52.77 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

=====

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattore forma [Sc] 1.18

Fattore profondità [Dc] 1.12

Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

Fattore forma [Sq] 1.0

Fattore profondità [Dq] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0

Fattore profondità [Dg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

Carico limite 135.45 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 58.89 kN/m<sup>2</sup>



Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

=====

Fattore  $[N_q]$  1.0

Fattore  $[N_c]$  5.14

Fattore forma  $[Sc]$  1.18

Fattore profondità  $[D_c]$  1.0

Fattore inclinazione carichi  $[I_c]$  1.0

Fattore inclinazione pendio  $[G_c]$  1.0

Fattore inclinazione base  $[B_c]$  1.0

Fattore correzione sismico inerziale  $[z_q]$  1.0

Fattore correzione sismico inerziale  $[z_g]$  1.0

Fattore correzione sismico inerziale  $[z_c]$  1.0

=====

Carico limite 126.03 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 54.8 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica  $[Ed \leq Rd]$  Verificata

=====

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

=====

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore  $[N_q]$  1.0

Fattore  $[N_c]$  5.14

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore  $[N_q]$  1.0





Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 700.3 kN/m<sup>2</sup>

Carico limite strato 1 (qt) 166.08 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 95.0 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0

Rapporto (q1/q2) 4.0

=====

Carico limite 166.08 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 72.21 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

## SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

=====

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattore forma [Sc] 0.09

Fattore profondità [Dc] 0.23

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

Carico limite 135.99 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 75.55 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata



Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

=====

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.7

Fattore forma [Sc] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

Carico limite 121.38 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 67.43 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

=====

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattore forma [Sc] 1.09

Fattore profondità [Dc] 1.12

Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

Fattore forma [Sq] 1.0

Fattore profondità [Dq] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0

Fattore profondità [Dg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

Carico limite 128.69 kN/m<sup>2</sup>



Resistenza di progetto 71.5 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

=====

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattore forma [Sc] 1.09

Fattore profondità [Dc] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0

Fattore inclinazione base [Bc] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

Carico limite 119.97 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 66.65 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

=====

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

=====

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Fattori di capacità portante strato 2

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 155/187

Fattore [Nq] 1.0

Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 700.3 kN/m<sup>2</sup>

Carico limite strato 1 (qt) 166.08 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 95.0 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente di punzonamento (ks) 0.0

Rapporto (q1/q2) 4.0

Carico limite 166.08 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 92.26 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

## CEDIMENTI PER OGNI STRATO

**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto 31.05 kN/m<sup>2</sup>

Cedimento dopo T anni 15.0

Distanza 0.00 m

Angolo 0.00 °

Cedimento totale 0 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

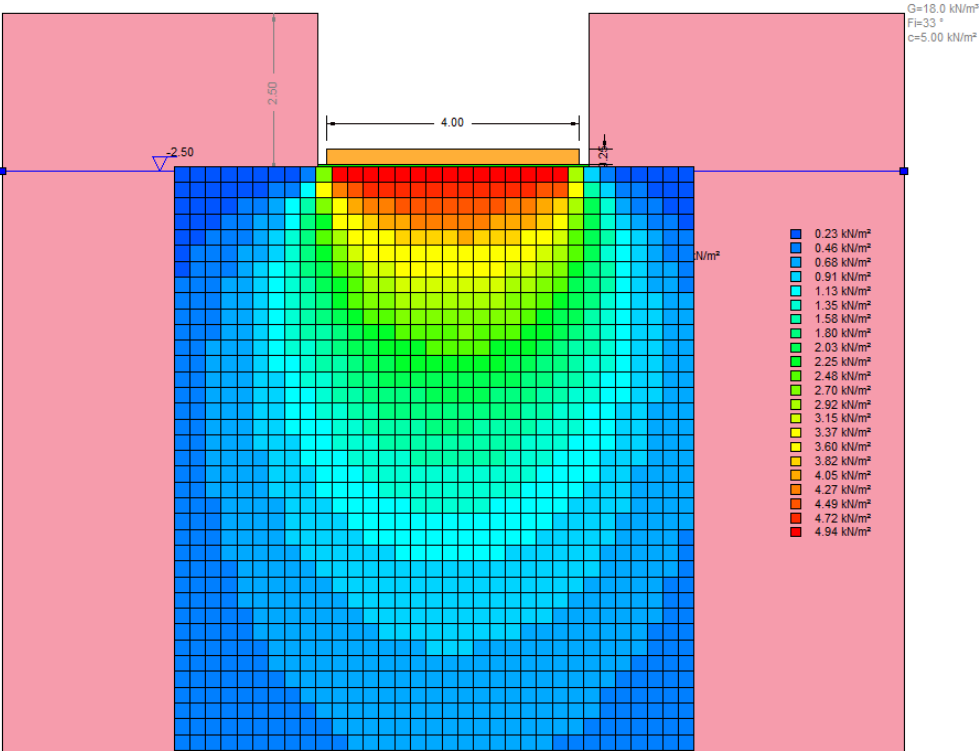
Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	7.25	83.917	0	Edometrico	0	--	0

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

2	18	177.992	0	Edometrico	0	--	0
---	----	---------	---	------------	---	----	---

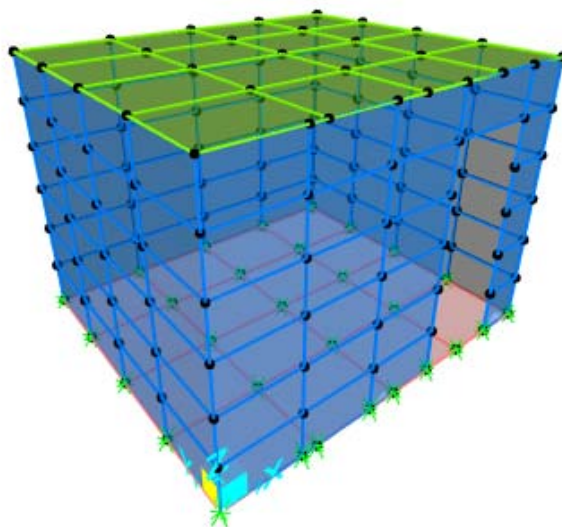


Bulbo delle tensioni massimo



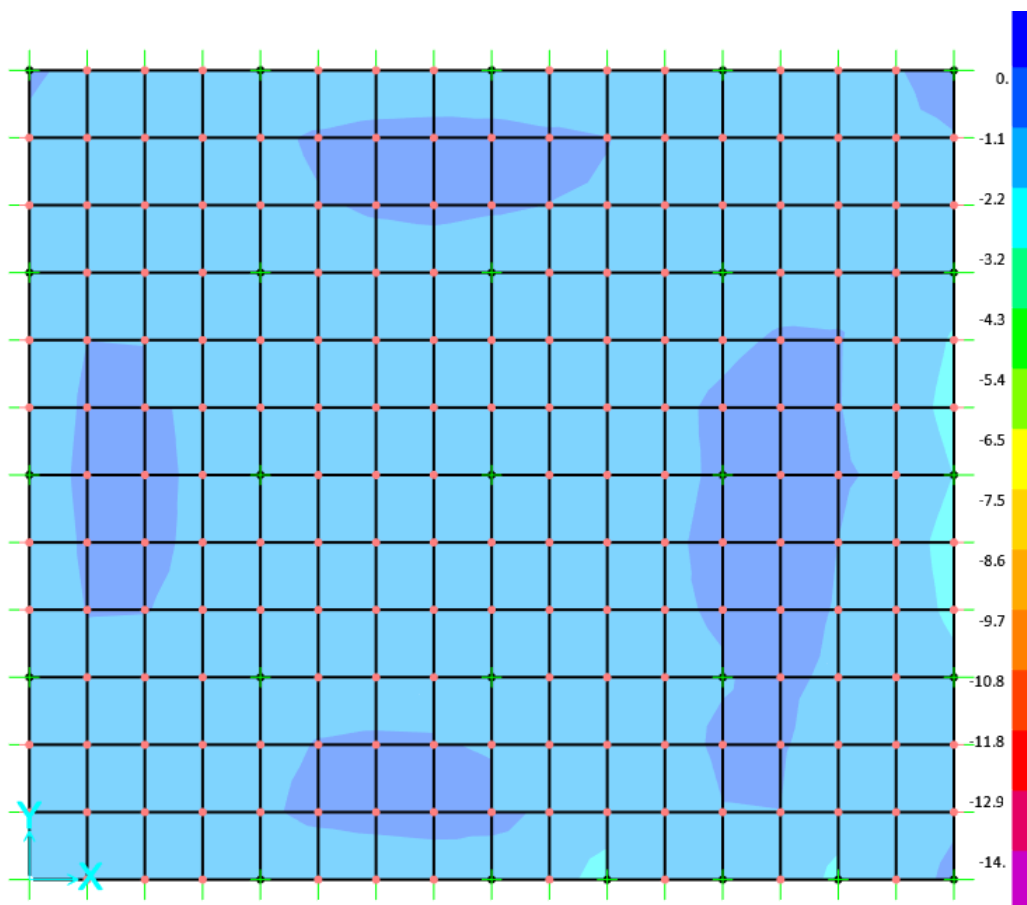
## 12.2. Verifiche strutturali

È stato predisposto un modello agli elementi finiti in SAP2000, modellando la platea su suolo elastico.



Per un calcestruzzo C25/30 la massima tensione è  $f_{cd} = 25/1.5 \cdot 0.85 = 14$  MPa. Il seguente grafico mostra come nessuna area raggiunge tale tensione.

Infatti, un'eventuale tensione superiore a quella limite verrebbe visualizzata come un contour magenta, essendo -14 MPa il limite della scala grafica.



*Compressione sul calcestruzzo*

La progettazione dell'armatura è stata eseguita secondo il modello sandwich delle piastre, dimensionando le armature in base al valore di trazione che devono sopportare.

Una maglia  $\phi 14/20 \times 20$  assorbe una trazione pari a:

$$N = 0.9 \cdot 5 \cdot 153 \text{ mm}^2 \cdot \frac{450}{1.15} = 270 \text{ kN}$$

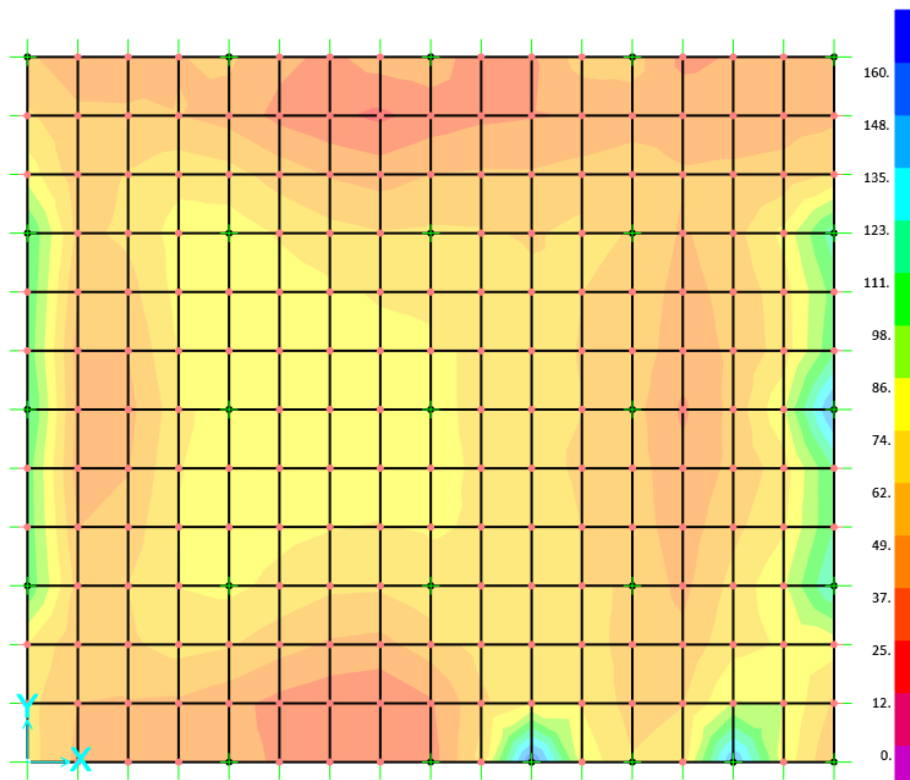
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 159/187



*Trazione necessaria in direzione X – armatura adottata  $\phi 14/20$*



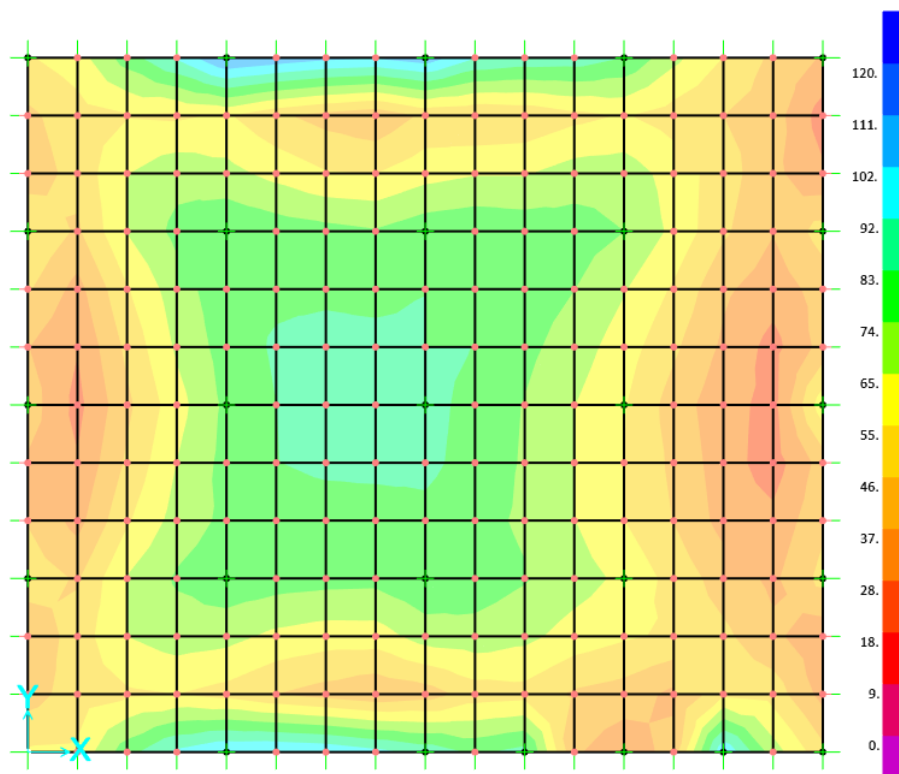
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 160/187

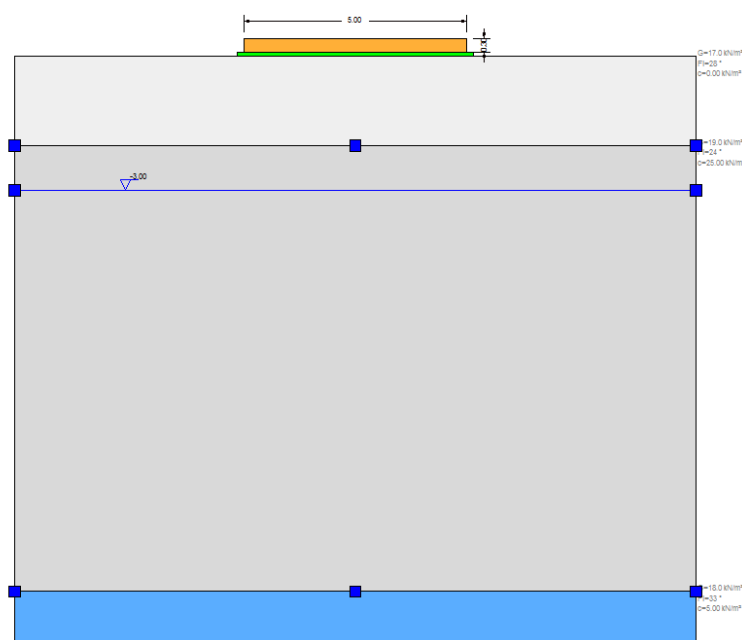


*Trazione necessaria in direzione Y – armatura adottata  $\phi 14/20$*



## 13. PLATEA AREA MACCHINE – 500X500X30 CM

### 13.1. Verifiche geotecniche



Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	M <sub>x</sub> [kN·m]	M <sub>y</sub> [kN·m]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	325.00	29.00	75.00	0.00	0.00	Progetto
2	S.L.E.	9.00	245.00	7.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970)



Carico limite [Qult] 32.67 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto [Rd] 14.2 kN/m<sup>2</sup>  
Tensione [Ed] 13.12 kN/m<sup>2</sup>  
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 2.49  
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)  
Costante di Winkler 1306.71 kN/m<sup>3</sup>

### A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 6.16  
Fattore [Nc] 14.47  
Fattore [Ng] 1.34  
Fattore forma [Sc] 1.4  
Fattore profondità [Dc] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.34  
Fattore profondità [Dq] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 0.62  
Fattore profondità [Dg] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 32.67 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 14.2 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 7.14  
Fattore [Nc] 17.24  
Fattore [Ng] 4.74  
Fattore forma [Sc] 1.0  
Fattore forma [Sg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0



Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 203.97 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 88.68 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 6.16

Fattore [Nc] 14.47

Fattore [Ng] 0.89

Fattore forma [Sc] 1.38

Fattore profondità [Dc] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

Fattore forma [Sq] 1.19

Fattore profondità [Dq] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.19

Fattore profondità [Dg] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 41.66 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 18.11 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq] 6.16

Fattore [Nc] 14.47

Fattore [Ng] 1.78

Fattore forma [Sc] 1.4

Fattore profondità [Dc] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0

Fattore inclinazione base [Bc] 1.0

Fattore forma [Sq] 1.34

Fattore profondità [Dq] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0

Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0

Fattore inclinazione base [Bq] 1.0

Fattore forma [Sg] 0.72

Fattore profondità [Dg] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0

Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0



Fattore inclinazione base [Bg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 50.17 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 21.81 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1  
Fattore [Nq] 14.72  
Fattore [Nc] 25.8  
Fattore [Ng] 3.42

Fattori di capacità portante strato 2  
Fattore [Nq] 1.0  
Fattore [Nc] 5.14

Carico limite strato 2 (qb) 527.44 kN/m<sup>2</sup>  
Carico limite strato 1 (qt) 159.92 kN/m<sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1 34.8 kN/m<sup>2</sup>  
Coefficiente di punzonamento (ks) 4.81  
Rapporto (q1/q2) 2.83

Carico limite 159.92 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 69.53 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto 40.66 kN/m<sup>2</sup>  
Cedimento dopo T anni 15.0  
Distanza 0.00 m  
Angolo 0.00 °  
Cedimento totale 0 cm

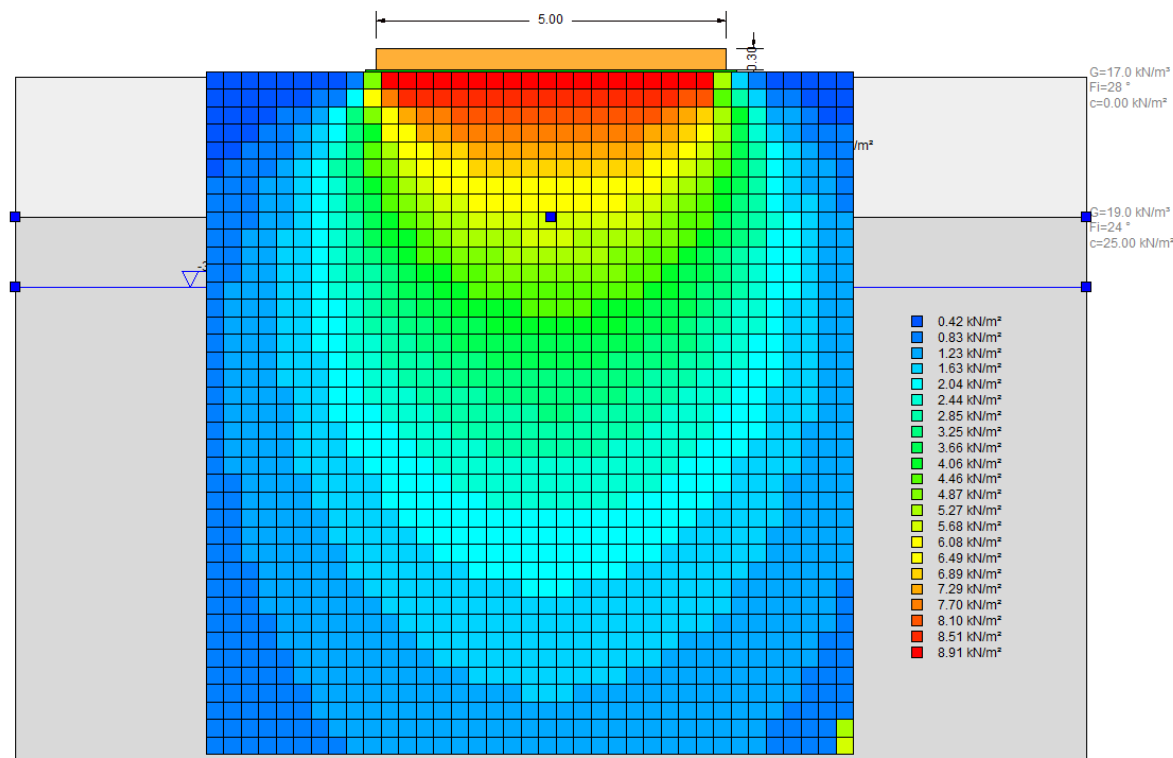
Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	7.25	83.917	0	Edometrico	0	--	0
2	18	177.992	0	Edometrico	0	--	0

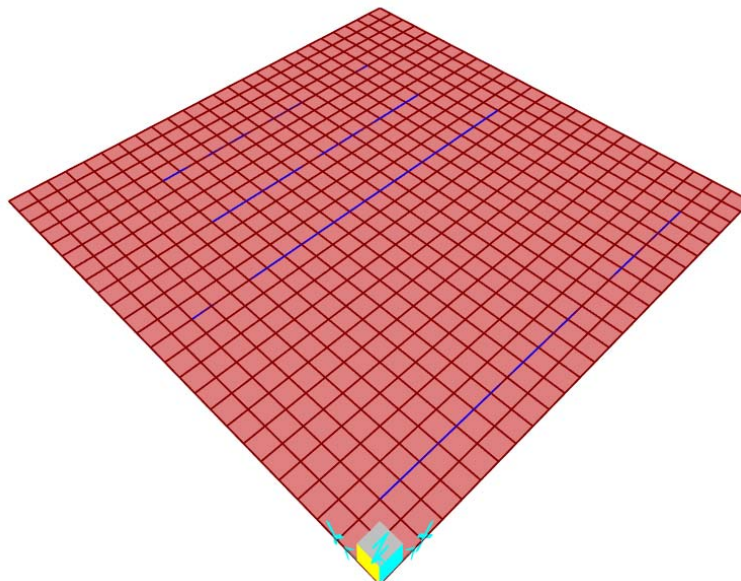


Bulbo delle tensioni massimo



### 13.2. Verifiche strutturali

È stato predisposto un modello agli elementi finiti in SAP2000, modellando la platea su suolo elastico.



Per un calcestruzzo C25/30 la massima tensione è  $f_{cd} = 25/1.5 \cdot 0.85 = 14$  MPa. Il seguente grafico mostra come nessuna area raggiunge tale tensione.

Infatti, un'eventuale tensione superiore a quella limite verrebbe visualizzata come un contour magenta, essendo -14 MPa il limite della scala grafica.

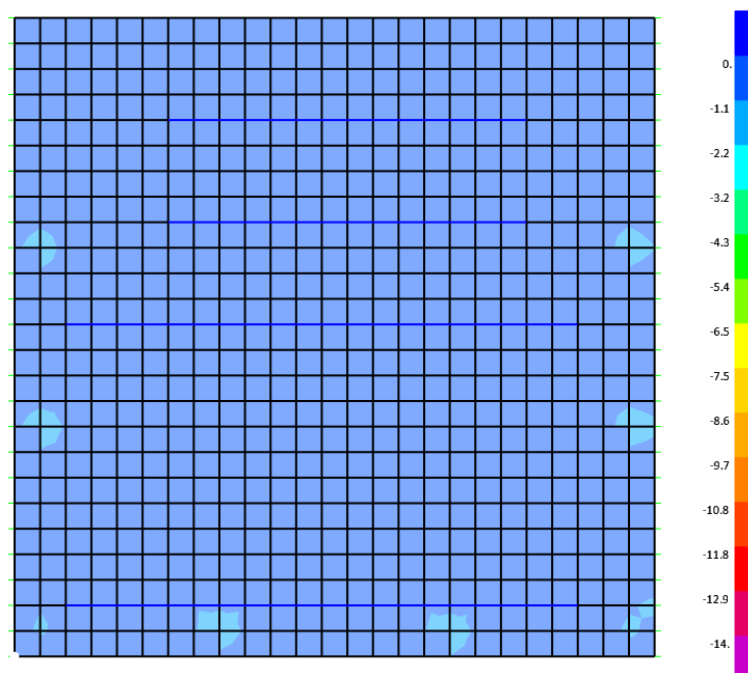
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 167/187



*Compressione sul calcestruzzo*

La progettazione dell'armatura è stata eseguita secondo il modello sandwich delle piastre, dimensionando le armature in base al valore di trazione che devono sopportare.

Una maglia  $\phi 14/20 \times 20$  assorbe una trazione pari a:

$$N = 0.9 \cdot 5 \cdot 153 \text{ mm}^2 \cdot \frac{450}{1.15} = 270 \text{ kN}$$



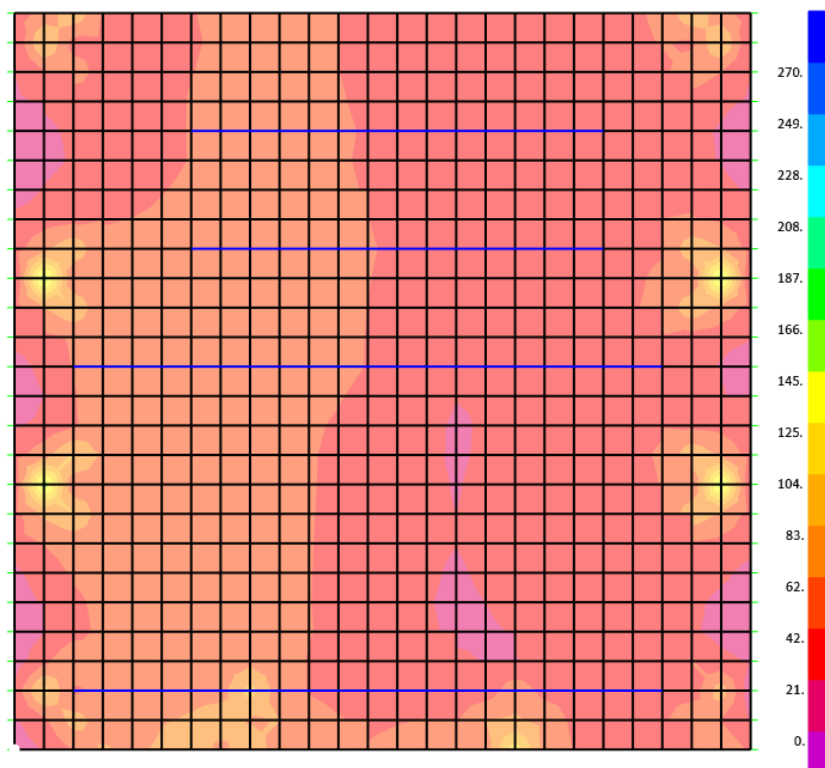
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 168/187



*Trazione necessaria in direzione X – armatura adottata  $\phi 14/20$*

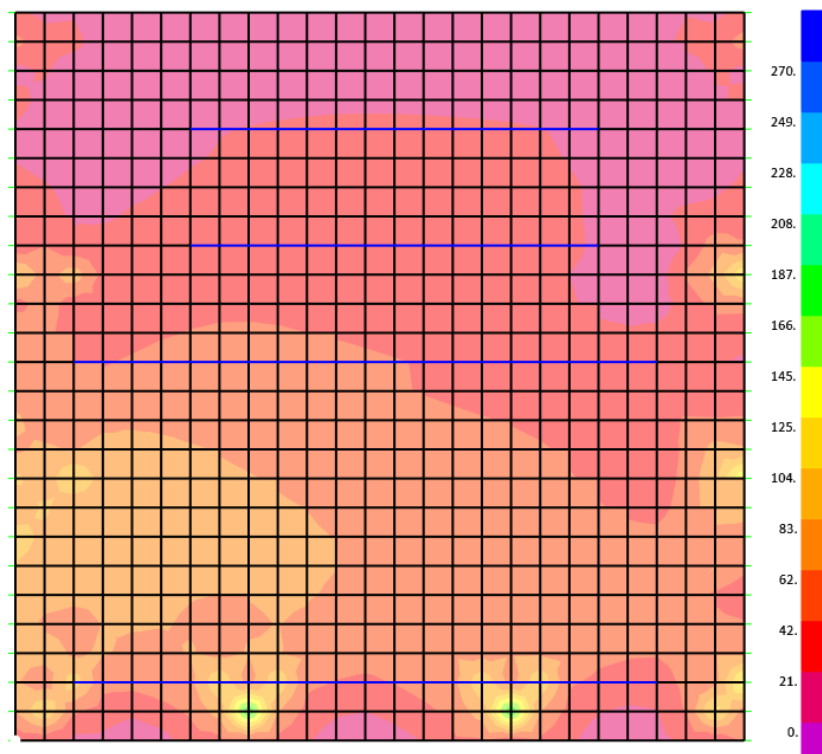
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 169/187

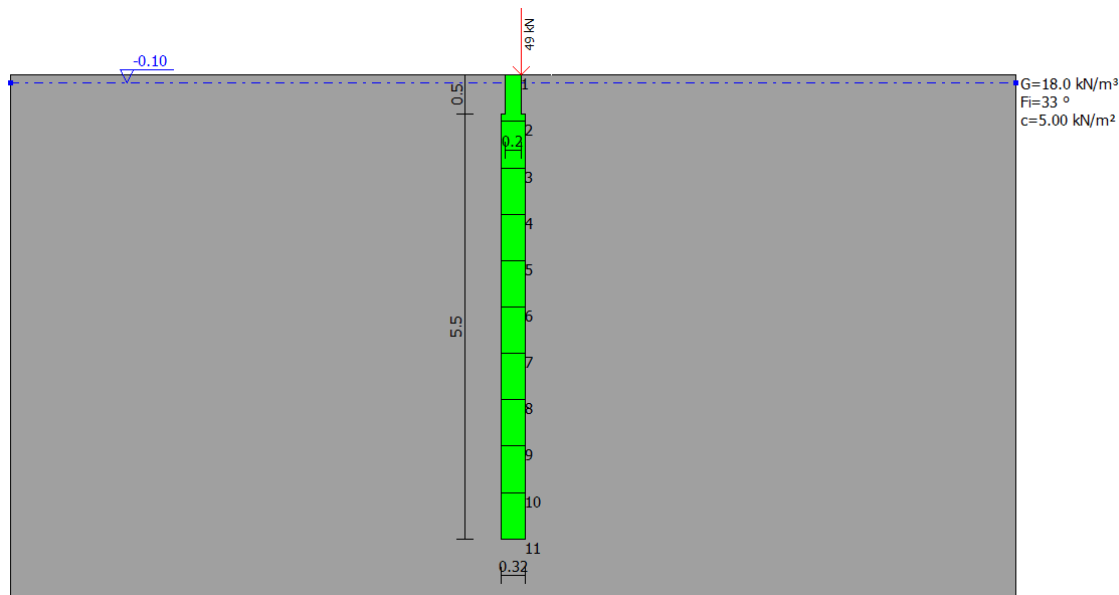


*Trazione necessaria in direzione Y – armatura adottata  $\phi 14/20$*



## 14. MICROPALO SCALA G – TUBO 146X8 MM L=6M

### 14.1. Verifiche geotecniche



Descrizione	Micropalo scala G
Tipologia	TUBIFIX
Iniezione	IRS: Iniezione ripetitiva e selettiva
Pressione limite di iniezione	350.00 kN/m²
Diametro di perforazione	0.20 m
Alfa	1.60
Diametro bulbo	0.32 m
Lunghezza bulbo	5.50 m
Lunghezza fusto	0.50 m
Diametro esterno tubolare	146.00 mm
Spessore tubolare	8.00 mm
Calcestruzzo tipo	2
Acciaio tipo	5

### Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kN/m²]	Peso palo [kN]	Carico limite punta [kN]	Carico limite laterale [kN]	Carico limite [kN]	Attrito negativo [kN]	Carico limite orizzontale [kN]
A1+M1+R3	43.24	65.04	33/5.00	13.54	0.00	197.10	183.56	--	62.38 [Lungo]

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 172/187

### Resistenza di progetto carichi assiali

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3

Numero verticali di indagine	1		
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)	1.70		
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)	1.70		
	Rc, Min	Rc, Media	Rc, Max
	[kN]	[kN]	[kN]
Base	--	--	--
Laterale	197.10	197.10	197.10
Totale	183.56	183.56	183.56
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		R3	
Laterale		1.15	
Resistenza di progetto laterale		100.82 kN	
Resistenza di progetto		87.28 kN	
Azioni di progetto		48.50 kN	
Fattore sicurezza verticale		1.80	

### Resistenza di progetto carichi trasversali

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione A1+M1+R3

Numero verticali di indagine	1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)	1.70
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)	1.70
Momento plasticizzazione	44.50 kNm

Rc, Min	Rc, Media	Rc, Max
[kN]	[kN]	[kN]
62.37941	62.37941	62.37941

Coefficiente parziale resistenza caratteristica	1.3
Resistenza di progetto	28.23 kN

### Cedimento (Fleming 1992)

Lunghezza	6.00	m
Diametro testa	0.20	m
Diametro punta	0.32	m
Tratto attrito laterale nullo	0.00	m
Modulo elastico sezione	3.15E+07	kN/mq
Punto di applicazione risultante resistenza attiva	0.45	
Fattore flessibilità terreno/palo	1.00E-03	
Carico applicato	33.50	kN
Carico limite laterale	100.00	kN
Modulo elastico terreno corrispondente	1.00E+04	kN/mq
Accorciamento elastico	0.09	mm
Cedimento rigido	0.10	mm
Cedimento totale	0.19	mm

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 173/187

## 14.2. Verifiche strutturali

### Modello ad elementi finiti

Max spostamento lineare del terreno	1.000	cm
Tipo analisi	Lineare	
Massimo numero di iterazioni	20.00	
Fattore di riduzione molla fondo scavo	1.00	
Numero di elementi	10.00	
Nodo sulla superficie del terreno [ $< n^{\circ}$ nodi]	1.00	
Modulo di reazione Ks	Chiarugi-Maia	

### Carichi

Forze orizzontali (Fo) positive dirette da destra a sinistra. Forze verticali (Fv) positive dirette verso il basso. Coppie (M) positive orarie.

Nodo	Fo [kN]	M [kNm]	Fv [kN]
1	2.50	11.00	47.00

### Analisi ad elementi finiti

El. No	Lunghezza [m]	Ks [kN/m <sup>3</sup> ]	Sforzo normale [kN]	Momento [kNm]	Taglio [kN]	Reazione terreno [kN]	Rotazione (°)	Spostament o [m]	Pressione terreno [kN/m <sup>2</sup> ]
1	0.6	0	47	11	2.54	-0.04	0.018	-0.0003	0
2	0.6	3641.213	48.25	9.48	2.61	-0.07	0.015	-0.0001	-0.408
3	0.6	4413.882	49.51	7.91	2.59	0.02	0.012	0	0.111
4	0.6	4699.1	50.76	6.36	2.47	0.12	0.01	0.0001	0.64
5	0.6	4845.27	52.02	4.88	2.26	0.21	0.008	0.0002	1.096
6	0.6	4933.826	53.27	3.52	1.97	0.28	0.006	0.0003	1.479
7	0.6	4993.148	54.53	2.34	1.63	0.35	0.005	0.0004	1.805
8	0.6	5035.638	55.78	1.36	1.23	0.4	0.005	0.0004	2.091
9	0.6	5067.559	57.04	0.63	0.77	0.45	0.005	0.0005	2.353
10	0.6	5092.415	58.29	0.16	0.27	0.5	0.004	0.0005	2.604
11		5112.316	59.55	0	0	0	0	0	0

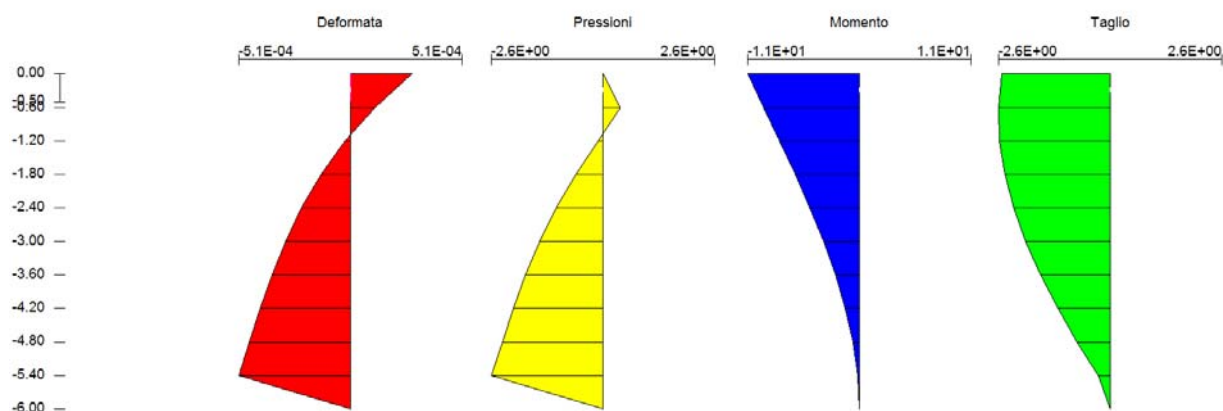
STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 174/187



### Verifiche sezionali

Nodo	Z [m]	Nd [kN]	Md [kNm]	Td [kN]	Nr. Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Presso - Flessione	Def.M ax Cls	Def.M ax Fe	Asse Neutro [cm]	Passo Staffe [cm]	Res. Taglio [kN]	Sicurezza taglio	Cond. Verifica Taglio
1	0	47.00	11.00	2.54		--	--	4.81	Verificata	--	--	--	--	379.60	149.50	Verificata
2	0.6	48.25	9.48	2.61		--	--	5.54	Verificata	--	--	--	--	379.60	145.43	Verificata
3	1.2	49.51	7.91	2.59		--	--	6.56	Verificata	--	--	--	--	379.60	146.61	Verificata
4	1.8	50.76	6.36	2.47		--	--	8.03	Verificata	--	--	--	--	379.60	153.89	Verificata
5	2.4	52.02	4.88	2.26		--	--	9.92	Verificata	--	--	--	--	379.60	168.21	Verificata
6	3	53.27	3.52	1.97		--	--	12.47	Verificata	--	--	--	--	379.60	192.42	Verificata
7	3.6	54.53	2.34	1.63		--	--	15.34	Verificata	--	--	--	--	379.60	233.36	Verificata
8	4.2	55.78	1.36	1.23		--	--	18.67	Verificata	--	--	--	--	379.60	309.83	Verificata
9	4.8	57.04	0.63	0.77		--	--	21.42	Verificata	--	--	--	--	379.60	490.88	Verificata
10	5.4	58.29	0.16	0.27		--	--	23.44	Verificata	--	--	--	--	379.60	1389.81	Verificata
11	6	59.55	0.00	--		--	--	23.75	Verificata	--	--	--	--	379.60	--	Verificata



### Verifica teoria di Broms

Sebbene i pali siano stati studiati inserendoli nel modello in elevazione, vista l'elevata eccentricità tra la quota del terreno e la quota di base della sovrastruttura, è stato eseguito anche uno studio con la teoria classica di Broms. Il micropalo risulta un palo lungo e dunque il suo meccanismo di rottura prevede la formazione di più cerniere plastiche lungo il fusto.

Si confronta allora il massimo taglio proveniente dalla sovrastruttura a quota +2 m dalla testa del palo a contatto con il terreno e il taglio resistente della teoria di Broms.

L=	6	[m]
e=	2	[m]
d=	0.147	[m]
My=	44500	[Nm]
L/d=	30	
e/d=	10	
cu=	20000	[Pa]
cu·d²=	800	[N]
TERRENO INCOERENTE PALI IMPEDITI DI RUOTARE		
H corto=	205200	[N]
Mmax=	646380	[Nm]
H medio=	89354	[N]
H lungo=	69975	[N]
Tipo	Lungo	
H=	70	[kN]

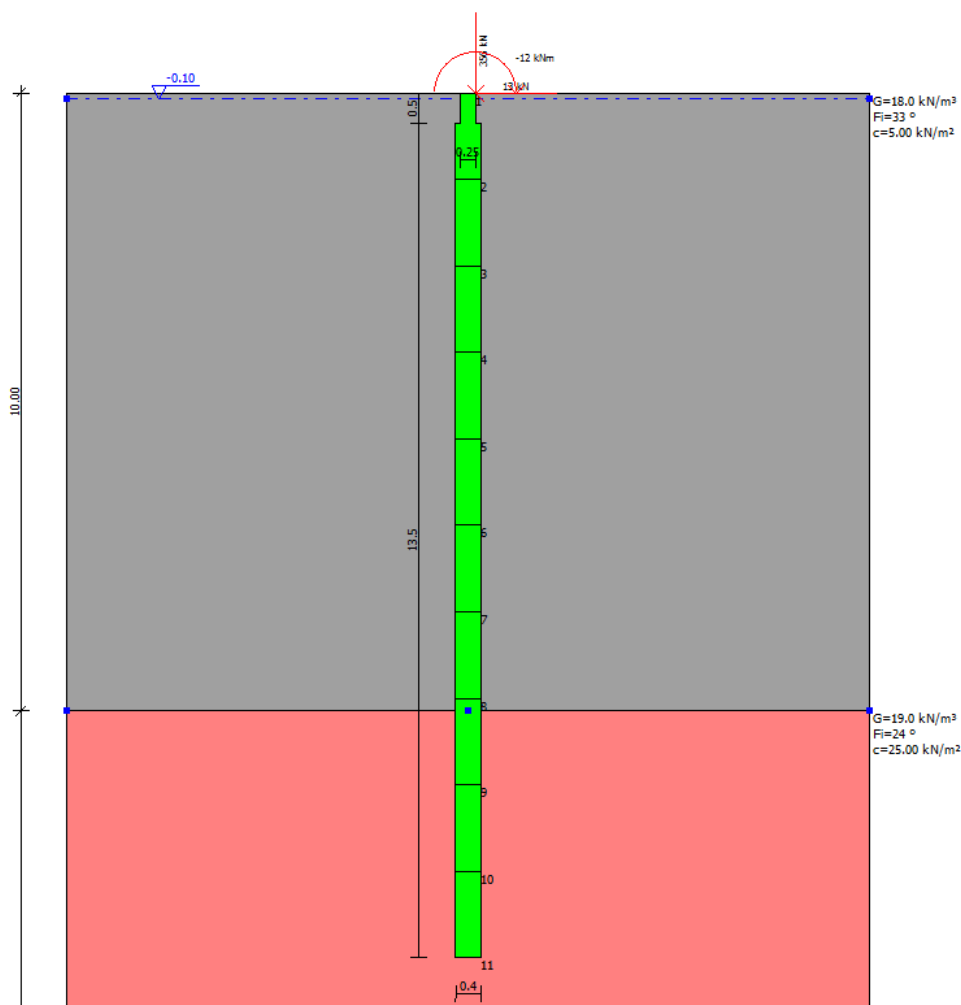
Il massimo taglio applicabile è 70 kN ed è superiore a quello agente.





PROGETTAZIONE:

### 15.1. Verifiche geotecniche



Descrizione	Micropalo graticcia
Tipologia	TUBIFIX
Iniezione	IRS: Iniezione ripetitiva e selettiva
Pressione limite di iniezione	570.00 kN/m <sup>2</sup>
Diametro di perforazione	0.25 m
Alfa	1.60
Diametro bulbo	0.40 m
Lunghezza bulbo	13.50 m
Lunghezza fusto	0.50 m

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 177/187

Diametro esterno tubolare 203.00 mm  
Spessore tubolare 12.50 mm  
Calcestruzzo tipo 2  
Acciaio tipo 5

### Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kN/m²]	Peso palo [kN]	Carico limite punta [kN]	Carico limite laterale [kN]	Carico limite [kN]	Attrito negativo [kN]	Carico limite orizzontale [kN] [Lungo]
A1+M1+R3	6.31	11.92	24/25.00	52.96	0.00	967.30	914.33	--	133.24

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

### Resistenza di progetto carichi assiali

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3

Numero verticali di indagine 1  
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3) 1.70  
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1.70

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	--	--	--
Laterale	967.30	967.30	967.30
Totale	914.33	914.33	914.33

Coefficiente parziale resistenza caratteristica R3  
Laterale 1.15  
Resistenza di progetto laterale 494.78 kN  
Resistenza di progetto 441.82 kN  
Azioni di progetto 356.00 kN  
Fattore sicurezza verticale 1.24

### Resistenza di progetto carichi trasversali

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione A1+M1+R3

Numero verticali di indagine 1  
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3) 1.70  
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1.70  
Momento plasticizzazione 129.50 kNm

Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
-----------------	-------------------	-----------------

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Nettuno (RM)  
Area III Tecnica Assetto del territorio  
Servizio LL.PP. e Manutenzione  
RUP e PO: Arch. J. Stefano Bernicchia



PROGETTAZIONE:

Relazione geotecnica

pag. 178/187

133.2399	133.2399	133.2399
----------	----------	----------

Coefficiente parziale resistenza caratteristica	1.3
Resistenza di progetto	60.29 kN
Azioni di progetto	13.20 kN
Fattore sicurezza orizzontale	4.57

### **Cedimento (Fleming 1992)**

=====		
Lunghezza	13.50	m
Diametro testa	0.40	m
Diametro punta	0.40	m
Tratto attrito laterale nullo	0.00	m
Modulo elastico sezione	3.15E+07	kN/mq
Punto di applicazione risultante resistenza attiva	0.45	
Fattore flessibilità terreno/palo	1.00E-03	
Carico applicato	356.00	kN
Carico limite laterale	500.00	kN
Modulo elastico terreno corrispondente	1.00E+04	kN/mq
Accorciamento elastico	0.55	mm
Cedimento rigido	0.97	mm
Cedimento totale	1.52	mm