



# CITTA' DI TORINO

DIVISIONE SERVIZI TECNICI - COORDINAMENTO  
SERVIZIO EDILIZIA ABITATIVA PUBBLICA E PER IL SOCIALE

## INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE URBANISTICA IN TORINO - PIAZZA DELLA REPUBBLICA 13 - PER LA REALIZZAZIONE DI EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA. LOTTO 2

Responsabile Unico del Procedimento: Ing. Carmelo DI VITA

Supporto al R.U.P.: Arch. Lina MUNARI

Progettista opere : Arch. Alessandra CELORIA

Coprogettista opere : Arch. Diego NOVO

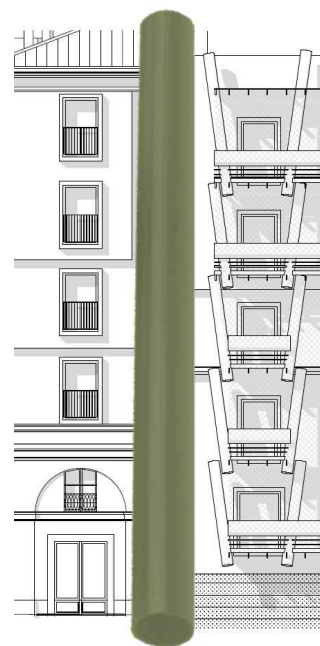
Coordinatrice delle integrazioni specialistiche: Ing. Lucia REDA

Progettista della bonifica ambientale: Ing. Donato FIERRI

Collaboratori alla progettazione: Arch. Sabina CALI'

Geom. Claudio MASTELLOTTO

Geom. Vincenzo TORTOMANO



Progettista opere strutturali: Studio Ing. G. PATTA



Progettista opere Impiantistiche e verifiche requisiti acustici : MTE INGEGNERIA s.r.l.



Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione: SICURCANTIERI CO. s.r.l.

## PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO:

RELAZIONE GEOTECNICA

NOME-FILE TO\_REP19

SCALA

ELABORATO

EMISSIONE 30/09/2019

REVISIONE

# RG



## **INDICE**

<b>1. RELAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>2</b>
1.1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	2
1.2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	2
1.3. TERRENO E STRUTTURA DI FONDAZIONE.....	3
1.4. CRITERI DI ANALISI DELLA SICUREZZA.....	3
1.4.1. Definizione e classificazione.....	3
1.4.2. Metodi di verifica.....	4
<b>2. PARATIA .....</b>	<b>5</b>
2.1. MODELLO STRUTTURALE .....	6
2.1.1. Metodo di calcolo .....	6
2.1.2. Materiali da costruzione impiegati.....	7
2.1.3. Strati .....	8
2.1.4. Geometria della paratia.....	12
2.1.5. Carichi .....	14
2.2. RISULTATI .....	22
2.2.1. Inviluppo delle sollecitazioni .....	28
2.3. VERIFICHE .....	32
2.3.1. Verifiche delle sezioni.....	32
2.3.2. Storia di carico dei tiranti.....	38
2.3.3. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti.....	38
2.3.4. Verifica delle travi di collegamento.....	40
2.3.5. Calcolo dei cedimenti a monte della paratia .....	41
<b>3. PLATEA DI FONDAZIONE .....</b>	<b>42</b>
3.1. STABILITÀ, CAPACITÀ PORTANTE E RESISTENZA A SCORRIMENTO .....	43
3.1.1. Descrizione dei Casi di calcolo e riassunto dei risultati. ....	44
3.1.3. Descrizione della fondazione .....	52
3.1.4. Descrizione del terreno.....	52
3.1.5. Verifiche in condizioni drenate .....	53
3.2. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI .....	62
3.2.1. Descrizione del metodo di calcolo.....	62
3.2.2. Descrizione della fondazione .....	63
3.2.3. Prove penetrometriche.....	63
3.2.4. Risultati.....	64
<b>4. CONCLUSIONI.....</b>	<b>65</b>



## **1. RELAZIONE GEOTECNICA**

### **1.1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA**

Oggetto della presente relazione di calcolo sono le opere geotecniche inerenti la realizzazione di edilizia abitativa pubblica sovvenzionata per anziani (lotto 2), all'interno dell'area di proprietà della Città di Torino situata nell'isolato compreso tra Piazza della Repubblica, Via Cottolengo, Via Lanino, Via Mameli.

Queste comprendono:

- paratie
- platea

### **1.2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

L'analisi della struttura in oggetto e' stata fatta utilizzando i metodi usuali della Scienza delle Costruzioni ed in conformita' alle normative e leggi vigenti:

- DM 17 Gennaio 2018
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617
- Circolare 21 Gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.
- CNR-DT 207/2008 : Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- UNI ENV 1992-1-1 : “Calcestruzzo – Prestazioni, produzione, getto e criteri di conformità”.
- UNI EN 206-1 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità per prescrivere il calcestruzzo;
- la UNI EN 13670-1 Esecuzione di strutture di calcestruzzo – Requisiti comuni.
- UNI EN 1992-1-1 : Progettazione delle strutture in calcestruzzo;
- UNI EN 1993-1-1 : Progettazione delle strutture in acciaio;

### **1.3. TERRENO E STRUTTURA DI FONDAZIONE**

Le caratteristiche del terreno sono ricavate dalla relazione geologica-geotecnica, a firma del Dott. Geol. Mauro BUGNANO, del luglio 2010.

### **1.4. CRITERI DI ANALISI DELLA SICUREZZA**

#### **1.4.1. Definizione e classificazione**

Con riferimento alle normative precedentemente citate, le strutture in oggetto sono progettate secondo il metodo degli *Stati Limite*:

##### **a. Stati limite ultimi**

Gli stati limite ultimi sono quelli associati al collasso o ad altre forme di cedimento strutturale che possono mettere in pericolo la sicurezza delle persone. Le situazioni che precedono il collasso sono trattate anch'esse come stati limite ultimi. Gli stati limite ultimi per cui è richiesta la verifica riguardano:

- la perdita di equilibrio della struttura o di una parte di essa, considerata come corpo rigido;
- il dissesto per deformazione eccessiva, rottura o perdita di stabilità della struttura o di una parte di essa, compresi i vincoli e le fondazioni.

##### **b. Stati limite di esercizio**

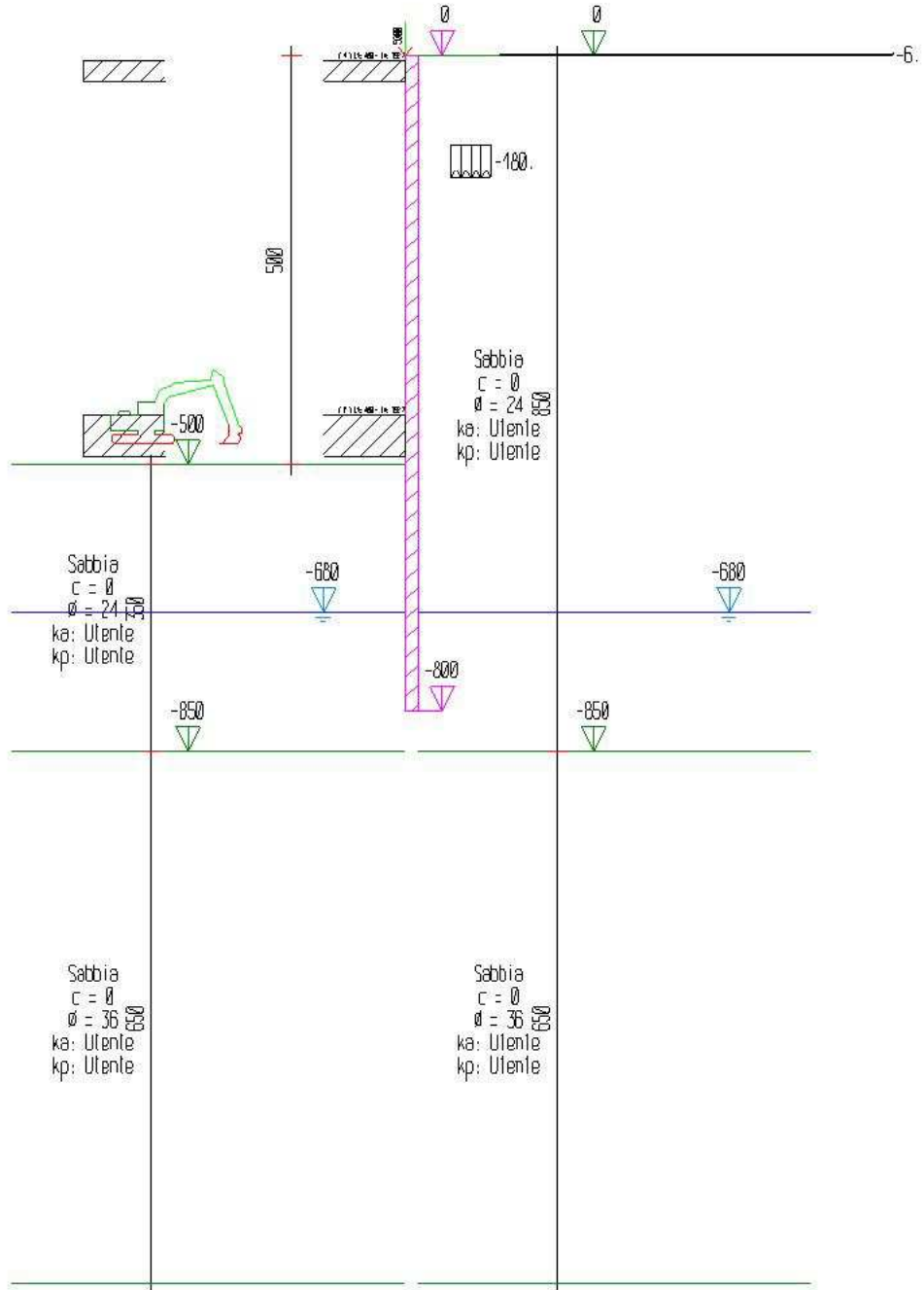
Gli stati limite di esercizio corrispondono a stati al di là dei quali non risultano più soddisfatti i requisiti di uso richiesti. Gli stati limite di esercizio per cui è richiesta la verifica riguardano:

- le deformazioni o inflessioni che nuocciono all'aspetto o modificano la possibilità d'uso della struttura (inclusi i malfunzionamenti di apparecchiature e impianti) o danneggiano le finiture o gli elementi non strutturali;
- la fessurazione del calcestruzzo se può influire negativamente sull'aspetto, sulla durabilità o sulla impermeabilità all'acqua dell'opera;
- il danneggiamento del calcestruzzo in presenza di compressione eccessiva, che può portare a perdita di durabilità;
- le vibrazioni se possono causare disturbo agli occupanti, danno all'edificio o ai beni in esso contenuti o limitarne l'idoneità all'uso.

#### **1.4.2. Metodi di verifica**

Una struttura deve essere verificata per tutti gli stati limite considerati significativi, sia ultimi che di esercizio. Le verifiche agli stati limite di esercizio vengono effettuate utilizzando modelli che ipotizzano il comportamento elastico dei materiali, modificato per tener conto della fessurazione del calcestruzzo (sezione parzializzata omogeneizzata). Il progetto/verifica agli stati limite ultimi si basa su modelli plastici. Per tutti gli stati limite occorre preliminarmente cumulare le azioni permanenti (peso proprio e carichi permanentemente portati) e variabili (carichi di esercizio, vento, neve) mediante idonee “combinazioni di carico” e disporre i carichi variabili sulla struttura in modo da “massimizzare” l’effetto sfavorevole considerato.

## 2. PARATIA





## 2.1. MODELLO STRUTTURALE

Segue la descrizione dei materiali da costruzione impiegati nella definizione del modello di calcolo. Oltre a questi vengono elencati gli elementi strutturali elementari che formano il modello.

### 2.1.1. Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 16" utilizza il metodo di calcolo degli elementi finiti con cui schematizza sia la paratia che il terreno. La paratia è schematizzata con elementi trave a sei gradi di libertà (due traslazioni ed una rotazione per nodo) mentre il terreno è schematizzato con una serie di molle distribuite lungo l'altezza della paratia. Il procedimento iterativo di risoluzione del modello considera il comportamento non lineare del terreno (non linearità meccanica), mentre agli altri elementi assegna un comportamento elastico lineare. I valori numerici utilizzati per il calcolo sono introdotti esplicitamente dall'utente attraverso l'interfaccia grafica del programma, e vengono utilizzati direttamente: in particolare **il programma non adotta alcun coefficiente di sicurezza implicito.**

Il programma "IS Paratie 16" verifica i seguenti meccanismi di stato limite ultimo: stabilità dell'opera (rototraslazione), resistenza degli elementi strutturali che compongono la paratia, resistenza strutturale degli eventuali ancoraggi (tiranti), verifica a sfilamento degli eventuali ancoraggi, verifica della resistenza strutturale delle eventuali travi di collegamento degli ancoraggi, verifica della resistenza strutturale di eventuali puntoni. Tutte le verifiche vengono condotte con riferimento alle combinazioni di carico indicate dall'utente, sia statiche che sismiche.

Le deformazioni e le sollecitazioni cui è soggetta l'opera vengono stabilite utilizzando il metodo FEM con un procedimento iterativo che permette di considerare il comportamento non lineare del terreno. Tutti gli elementi strutturali (paratia, eventuali tiranti, eventuali puntoni) ed il terreno stesso sono schematizzati con elementi finiti e partecipano al calcolo con le proprie caratteristiche di rigidità e resistenza. Qualora il procedimento iterativo di soluzione del sistema di equazioni non lineari non trovi l'equilibrio dell'opera o superi lo spostamento massimo (valore parametrizzato e modificabile dall'utente), il calcolo si interrompe, e viene riportato un messaggio esplicito a video e nell'output di stampa. L'esistenza dei risultati è di per se garanzia che il programma è stato in grado di calcolare una configurazione equilibrata e congruente, cioè una situazione di equilibrio tra le azioni applicate all'opera e la resistenza da questa esplicata, stanti le caratteristiche meccaniche e geometriche della paratia e del terreno ed i coefficienti di sicurezza applicati. Alla situazione di equilibrio determinata, corrispondono spostamenti e sollecitazioni lungo la paratia e gli altri elementi strutturali, che vengono verificati in successione. Tutte queste ulteriori verifiche sono

riportate a schermo e nell'output di stampa e devono essere superate per garantire la sicurezza dell'opera.

La sicurezza dell'opera è valutata in relazione al seguente approccio: **NTC 2008, punto 6.5.3.1.2, Combinazione 2 (A2+M2+R1).**

#### **Metodo di verifica degli elementi strutturali.**

Le verifiche tensionali degli elementi strutturali vengono eseguite col metodo degli stati limite.

#### **Coefficienti sulle azioni.**

L'intensità delle azioni, o dell'effetto delle azioni, è modificata applicando i seguenti coefficienti di sicurezza parziali ai carichi:  $\gamma_{G1} = 1$ ,  $\gamma_{G2} = 1.3$ ,  $\gamma_{Qi} = 1.3$ .

#### **Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.**

Si applicano coefficienti di sicurezza parziali alle caratteristiche meccaniche del terreno:  $\gamma_{\phi} = 1.25$ ,  $\gamma_c = 1.25$ ,  $\gamma_{su} = 1.4$ ,  $\gamma_{\gamma} = 1$ .

#### **Coefficienti per la resistenza a sfilamento dei tiranti.**

Alla resistenza a sfilamento dei tiranti, si applicano i coefficienti di sicurezza suggeriti da Bustamante e Doix, Autori del metodo di calcolo analitico. Tirante attivo, permanente:  $\gamma_R = 2$ . Tirante attivo, temporaneo:  $\gamma_R = 1.8$ . Tirante passivo, permanente:  $\gamma_R = 2.2$ . Tirante passivo, temporaneo:  $\gamma_R = 2$ .

#### **Unità di misura e convenzioni.**

Ove non altrimenti specificato si utilizzano le seguenti unità di misura: daN; cm; cm<sup>2</sup>; daN/cm; daN/cm; daN/cm<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda lo Step di inserimento di un elemento, si intende che quest'ultimo è presente nel modello dall'inizio dello Step. La stessa regola vale per lo Step di rimozione, cioè si intende che un elemento viene rimosso all'inizio dello Step specificato. Il sistema di riferimento utilizzato vede l'asse delle z verticale, orientato verso l'alto, l'asse delle x parallelo al piano di lavoro ed orientato verso destra, e l'asse delle y parallelo allo sviluppo longitudinale della paratia. In quest'ultima direzione viene convenzionalmente considerata una sezione di paratia larga 100 cm.

#### **2.1.2. Materiali da costruzione impiegati**

**Cemento Armato:** Conglomerato Cementizio Rck 300, Barre d'armatura B450C (cls:  $f_{cd} = 141.1$ ; barre:  $f_{yd} = 3913.04$ ).

**Profilati in acciaio:** Acciaio S235 (Fe 360) ( $f_d = 2238.1$ ).

### 2.1.3. Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1	STR_2	STR_3
Descrizione	Sabbia	Sabbia	Sabbia
Quota iniziale [cm]	0	-850	-1500
Grado di preconsolidazione (OCR)	1	1	1
Angolo d'attrito ( $\phi'$ ) [°]	24	36	37
Coesione efficace ( $c'$ ) [daN/cm <sup>2</sup> ]	0	0	0
Resistenza non drenata ( $s_u$ ) [daN/cm <sup>2</sup> ]	0.8	0.8	0.8
Permeabilità (m) [cm/s]	0.001	0.001	0.001
Peso di unità di volume fuori falda ( $\gamma_d$ ) [daN/cm <sup>3</sup> ]	0.0018	0.002	0.0019
Peso di unità di volume sotto falda ( $\gamma_t$ ) [daN/cm <sup>3</sup> ]	0.0018	0.002	0.0019

#### Spinta a riposo

##### STR\_1

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{ OCR}^\alpha.$$

Metodo *Utente* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di  $k_{0,nc}$  è indicato direttamente dall'utente:  $k_{0,nc} = 0.44$ .

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di  $\alpha$  è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.44$$

$$k_{0,oc} = 0.44$$

##### STR\_2

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{ OCR}^\alpha.$$

Metodo *Utente* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di  $k_{0,nc}$  è indicato direttamente dall'utente:  $k_{0,nc} = 0.44$ .

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di  $\alpha$  è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.44$$

$$k_{0,oc} = 0.44$$

### STR\_3

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^{\alpha}.$$

Metodo *Utente* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di  $k_{0,nc}$  è indicato direttamente dall'utente:  $k_{0,nc} = 0.44$ .

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di  $\alpha$  è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.44$$

$$k_{0,oc} = 0.44$$

### Pressione limite attiva e passiva

#### STR\_1

Metodo *Utente* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - c_a$$

Il valori di  $k_{a,h}$  e  $c_a$  sono indicati direttamente dall'utente e vengono considerati valori di calcolo (non si applicano coefficienti di sicurezza):

$$k_{a,h} = 0.26$$

$$c_a = 0$$

Metodo *Utente* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h} \sigma'_v + c_p$$

Il valori di  $k_{p,h}$  e  $c_p$  sono indicati direttamente dall'utente e vengono considerati valori di calcolo (non si applicano coefficienti di sicurezza):

$$k_{p,h} = 5.2$$

$$c_p = 0$$

#### STR\_2

Metodo *Utente* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h}\sigma'_v - c_a$$

Il valori di  $k_{a,h}$  e  $c_a$  sono indicati direttamente dall'utente e vengono considerati valori di calcolo (non si applicano coefficienti di sicurezza):

$$k_{a,h} = 0.26$$

$$c_a = 0$$

Metodo *Utente* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h}\sigma'_v + c_p$$

Il valori di  $k_{p,h}$  e  $c_p$  sono indicati direttamente dall'utente e vengono considerati valori di calcolo (non si applicano coefficienti di sicurezza):

$$k_{p,h} = 5.2$$

$$c_p = 0$$

### **STR\_3**

Metodo *Utente* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h}\sigma'_v - c_a$$

Il valori di  $k_{a,h}$  e  $c_a$  sono indicati direttamente dall'utente e vengono considerati valori di calcolo (non si applicano coefficienti di sicurezza):

$$k_{a,h} = 0.26$$

$$c_a = 0$$

Metodo *Utente* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h}\sigma'_v + c_p$$

Il valori di  $k_{p,h}$  e  $c_p$  sono indicati direttamente dall'utente e vengono considerati valori di calcolo (non si applicano coefficienti di sicurezza):

$$k_{p,h} = 5.2$$

$$c_p = 0$$

## **Deformabilità**

### **STR\_1**

Metodo *Utente* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione seguente:

$$k_s = A_s + B_s z$$

I valori di  $A_s$  e di  $B_s$  sono definiti direttamente dall'utente.

$$A_s = 5, B_s = 0$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico/scarico rispetto a quello in compressione vergine è altresì definito dall'utente e vale 1.

### **STR\_2**

Metodo *Utente* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione seguente:

$$k_s = A_s + B_s z$$

I valori di  $A_s$  e di  $B_s$  sono definiti direttamente dall'utente.

$$A_s = 5, B_s = 0$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico/scarico rispetto a quello in compressione vergine è altresì definito dall'utente e vale 1.

### **STR\_3**

Metodo *Utente* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione seguente:

$$k_s = A_s + B_s z$$

I valori di  $A_s$  e di  $B_s$  sono definiti direttamente dall'utente.

$$A_s = 5, B_s = 0$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico/scarico rispetto a quello in compressione vergine è altresì definito dall'utente e vale 1.

### 2.1.4. Geometria della paratia

Il modello comprende una sola paratia (PAR\_1), alta 800 cm.

La paratia PAR\_1 utilizza la sezione trasversale SEZ\_2. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 1.

#### Sezioni

Segue la descrizione delle sezioni trasversali utilizzate dagli elementi del modello.

	SEZ_1	SEZ_2	SEZ_3	SEZ_4	SEZ_5
Tipo	TUBO CIRCOLARE	RETTANGOLARE	RETTANGOLARE	RETTANGOLARE	P_HEA180
Descrizione	micropalo	pali+ca	soffitto	platea	trave collegamento
Materiale	Acciaio	C.A.	C.A.	C.A.	Acciaio
Modulo di Young [daN/cm <sup>2</sup> ]	2100000.	314472.	314472.	314472.	2100000.
Numero di sezioni per metro	1.25	1.25	1.	1.	1.
Area [cm <sup>2</sup> ]	42.65	1469.	2500.	5000.	45.37
Momento d'inerzia Z [cm <sup>4</sup> ]	1537.	26417.	130208.	1041667.	2516.
Momento d'inerzia Y [cm <sup>4</sup> ]	1537.	1224167.	2083333.	4166667.	925.
Ferri superiori	-	nessun ferro	5d12	5d12	-
Ferri inferiori	-	nessun ferro	5d12	5d12	-

### Tiranti

Segue la descrizione dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1
Quota di applicazione [cm]	-180
Angolo di inclinazione [°]	30
Lunghezza libera [cm]	305
Lunghezza sigillatura [cm]	800
Diametro nominale dei trefoli [cm]	1.52
Numero di trefoli	3
Area resistente [cm <sup>2</sup> ]	5.47
Modulo elastico [daN/cm <sup>2</sup> ]	1950000
Tensione massima [daN/cm <sup>2</sup> ]	18600
Tensione ammissibile [daN/cm <sup>2</sup> ]	11625
Tensione iniziale [daN/cm <sup>2</sup> ]	0
Numero al metro	0.5
Step di attivazione	3
Step di rimozione	6

Segue la tabella di tesatura dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1
Step di inserimento	3
Tiro iniziale [daN]	0
Tiro massimo ammesso [daN]	63617.12

### Puntoni

Segue la descrizione dei puntoni impiegati nel modello.

	PUN_1	PUN_2
Quota di applicazione [cm]	-20	-465
Lunghezza [cm]	400	400
Rotazione [°]	0	0



Sezione trasversale	SEZ_3	SEZ_4
Vincolo agli estremi	Cerniera	Cerniera
Step di attivazione	6	5
Step di rimozione	-	-

### 2.1.5. Carichi

#### Carichi nastriformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi nastriformi distribuiti sul terreno nella zona a monte. I carichi sono dati in daN/cm, per ogni metro di estensione longitudinale della paratia. Il valore dichiarato rappresenta quindi il carico distribuito su una striscia di 1x100 cm.

	CUD_1_1	CUD_1_2
Quota di applicazione [cm]	0	-150
Distanza dalla paratia [cm]	100	40
Larghezza [cm]	600	50
Carico distribuito [daN/cm]	-6	-180
Carico distribuito [daN/cm <sup>2</sup> ]	-0.06	-1.8
Tipologia	variabile	perm. non strutt.
Step di attivazione	1	1
Step di rimozione	-	-

#### Peso proprio

Alla paratia PAR\_1, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definita dalla propria sezione trasversale.

Ai puntoni, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definite dalle rispettive sezioni.

#### Carichi esterni applicati agli elementi strutturali

Segue la descrizione dei carichi esterni applicati al modello. I carichi concentrati sono dati in daN, quelli distribuiti in daN/cm, per ogni metro di estensione trasversale della paratia.

Forza concentrata	QES_1
-------------------	-------

Applicato a	Paratia
Coordinata	0
Intensità - x [daN]	0
Intensità - z [daN]	-5000
Tipologia	perm. non strutt.
Step di attivazione	6
Step di rimozione	-

### **Step di progetto**

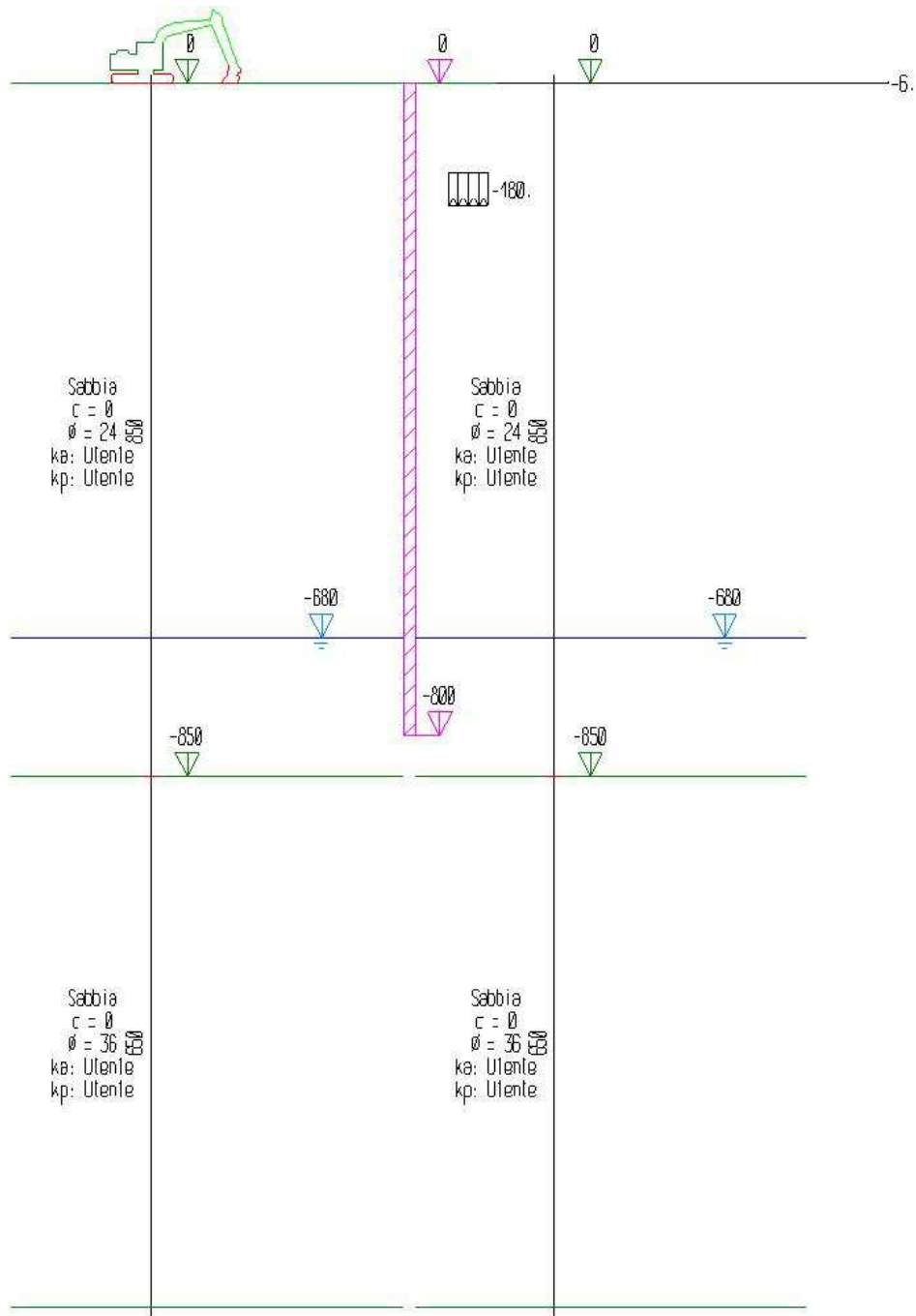
Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

#### **Step 1**

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico nastriforme su terreno: CUD\_1\_1

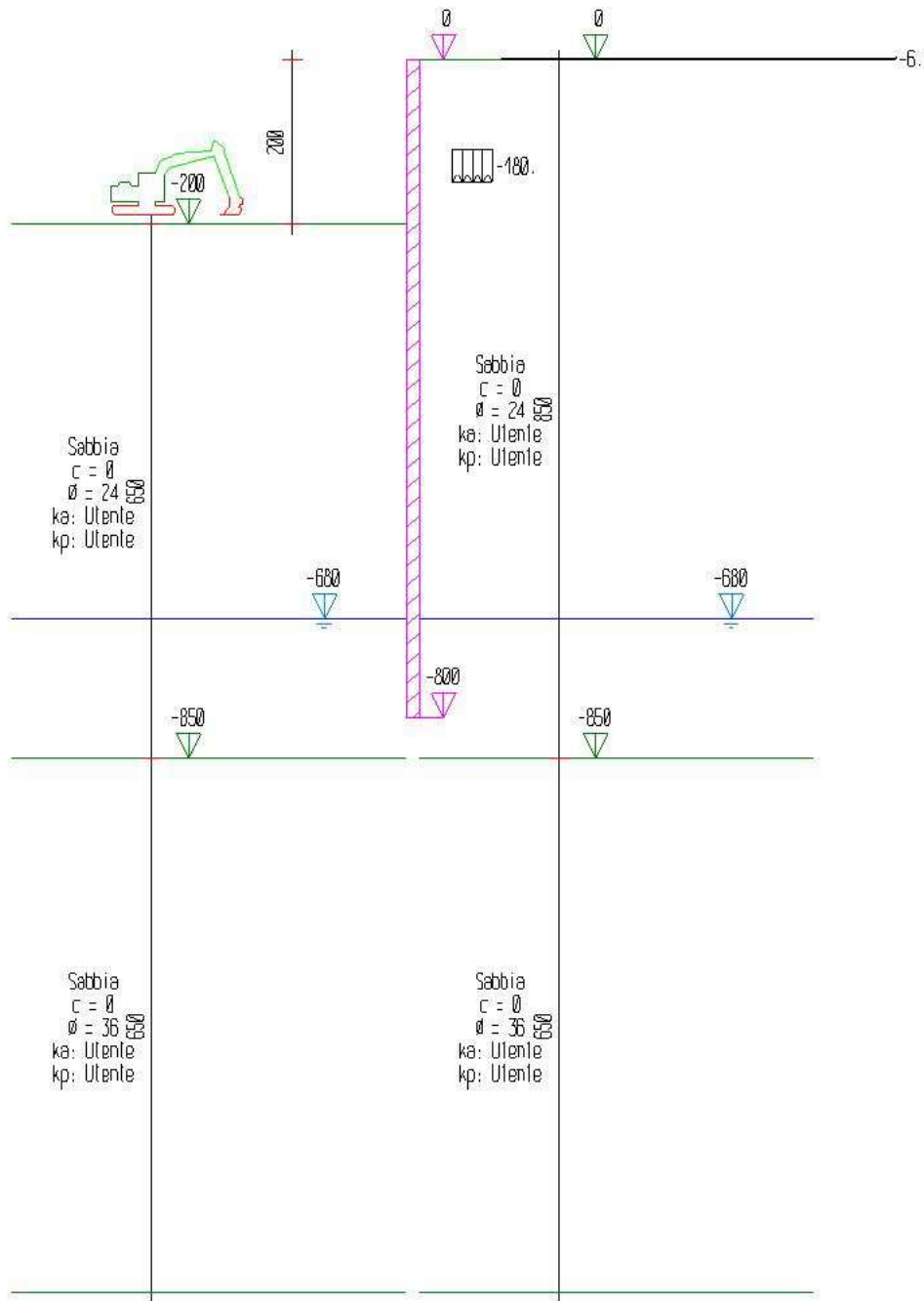
Inserimento carico nastriforme su terreno: CUD\_1\_2



## Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

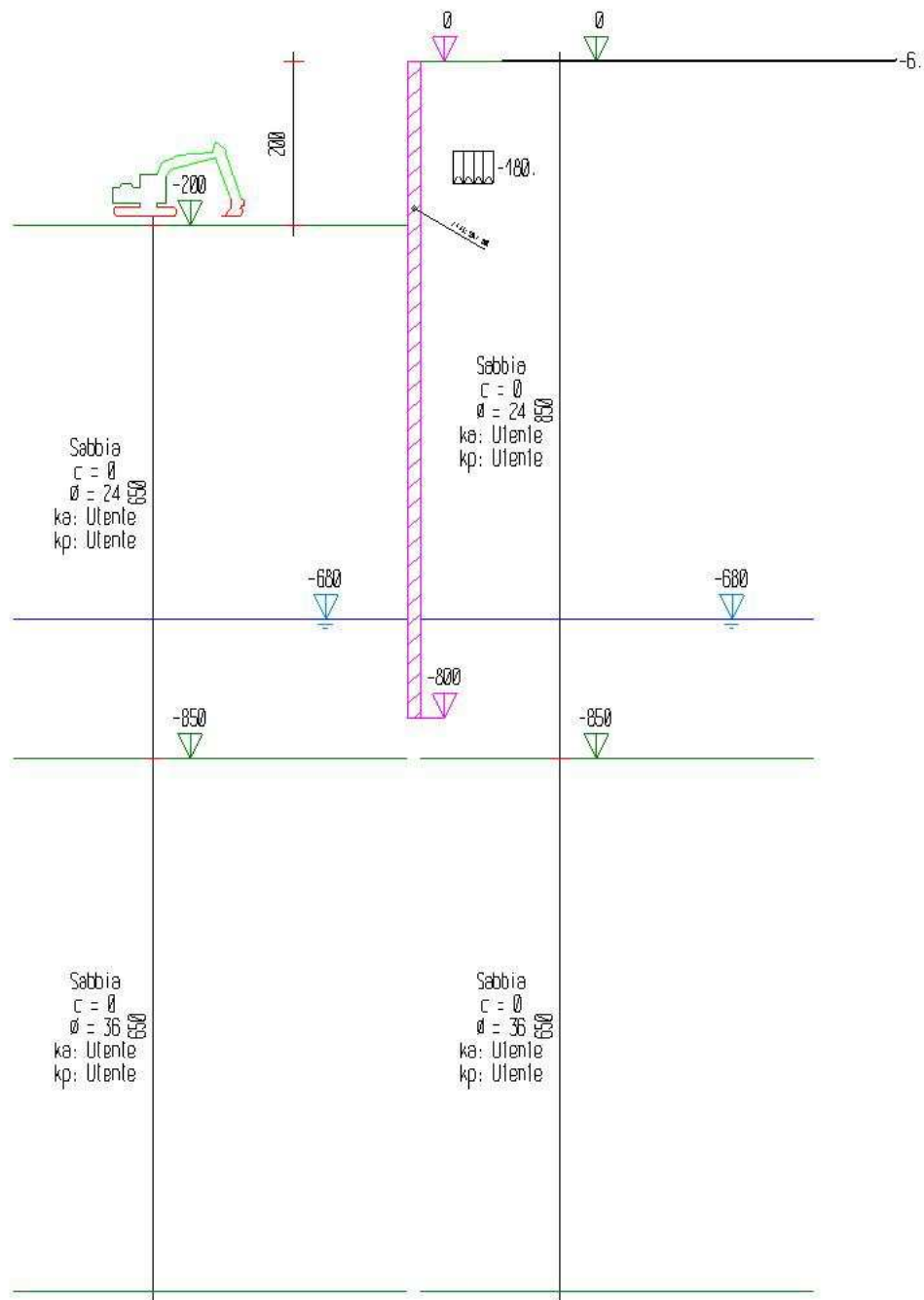
Scavo portato a quota: -200



### Step 3

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

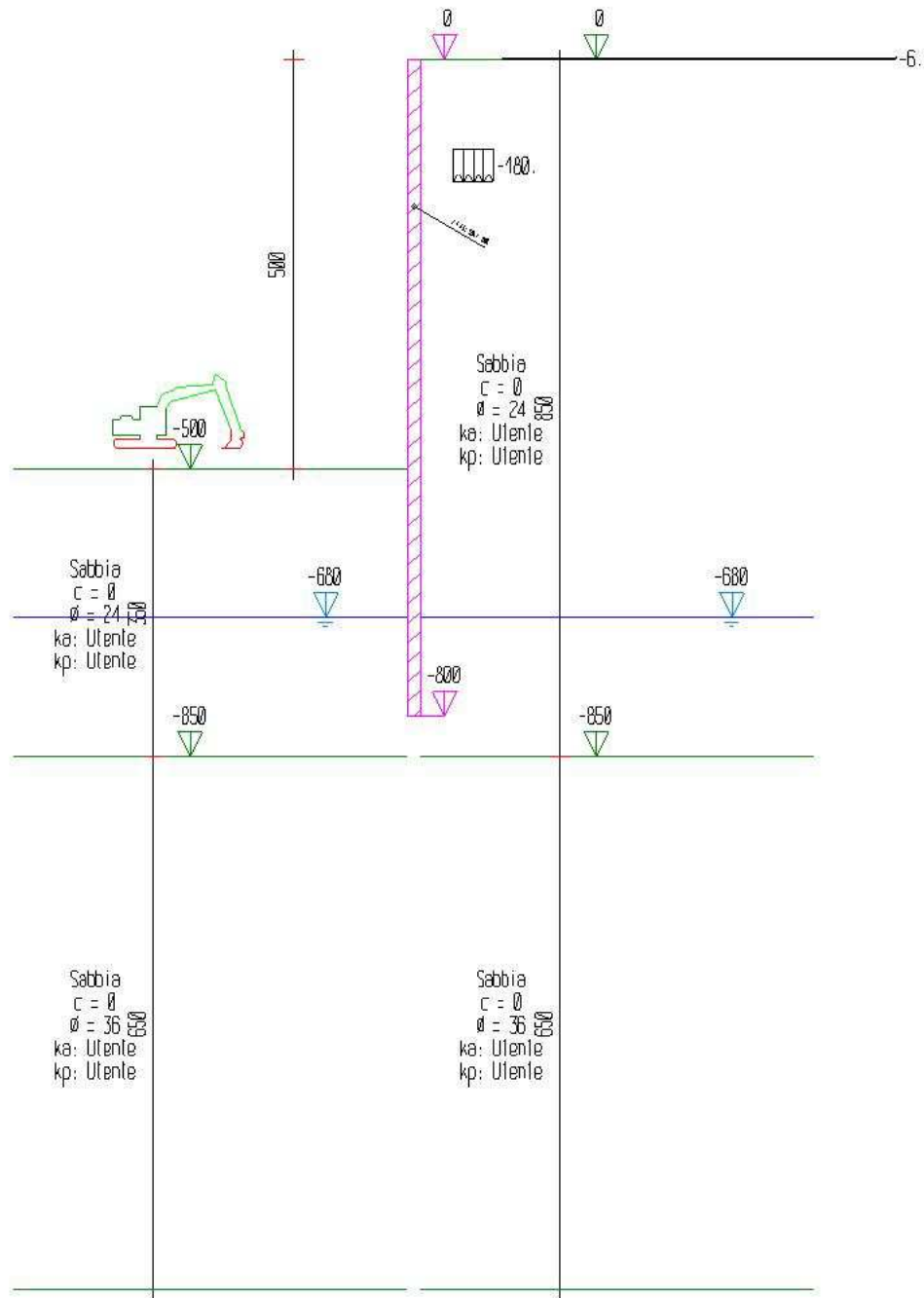
Inserimento tirante: TIR\_1\_1



#### Step 4

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

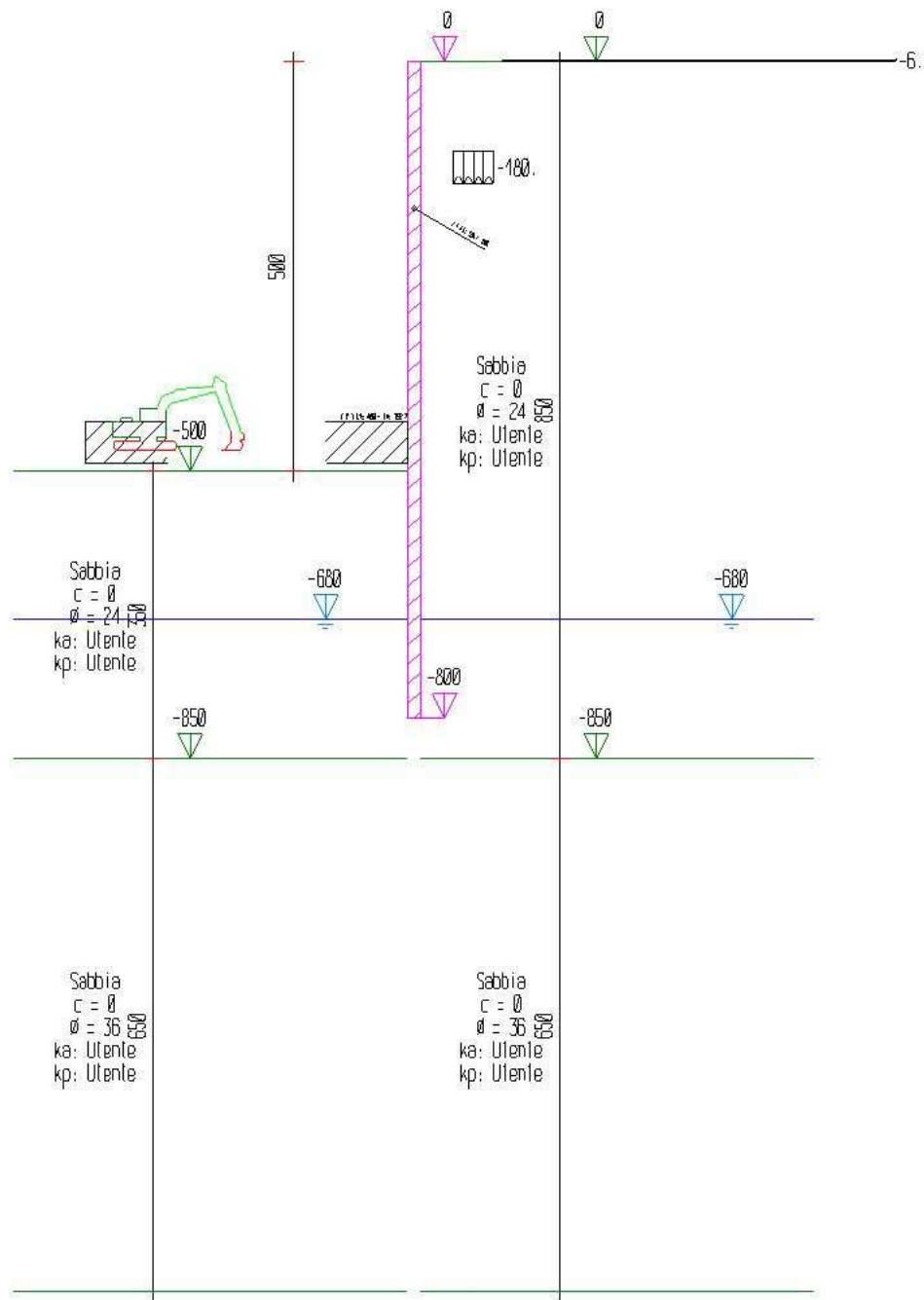
Scavo portato a quota: -500



### Step 5

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento puntone: PUN\_2



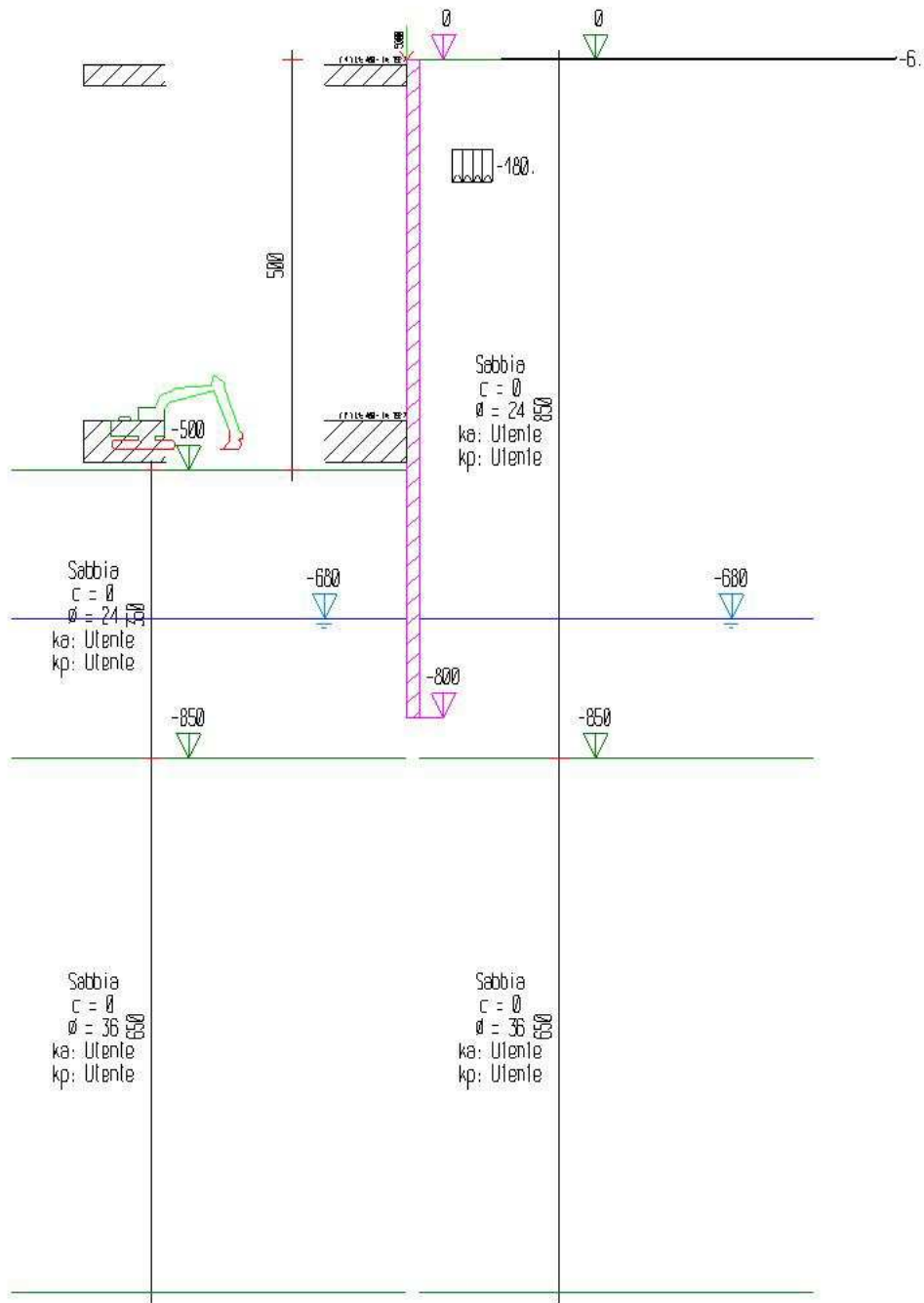
### Step 6

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Rimozione tirante: TIR\_1\_1

Inserimento puntone: PUN\_1

Inserimento carico esterno: QES\_1





### Tabella riassuntiva

La seguente tabella riassume le caratteristiche del modello strutturale nell'insieme degli step considerati.

Step	Quota scavo	Strati		Tiranti	Puntoni	Carichi terreno	Carichi struttura
1	0	STR_1	STR_1 STR_2 STR_3			CUD_1_1 CUD_1_2	
2	-200	STR_1	STR_1			CUD_1_1 CUD_1_2	
3	-200	STR_1	STR_1	TIR_1_1		CUD_1_1 CUD_1_2	
4	-500	STR_1	STR_1	TIR_1_1		CUD_1_1 CUD_1_2	
5	-500	STR_1	STR_1	TIR_1_1	PUN_2	CUD_1_1 CUD_1_2	
6	-500	STR_1	STR_1		PUN_1 PUN_2	CUD_1_1 CUD_1_2	QES_1

## 2.2. RISULTATI

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 6 Step.

### Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

### Step 6

In questo Step si hanno le seguenti sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari, pressioni nel terreno e risultanti delle spinte.

Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-10	-1.1306	-0.015	-117.007	11.7	-6545.9

-20	-1.1809	-0.014	-1170.862	105.4	-6591.8
-34.4	-1.2534	-0.014	33817.474	-2422.3	-7908.1
-48.9	-1.3252	-0.014	68466.284	-2398.8	-7974.4
-63.3	-1.3957	-0.014	102629.652	-2365.2	-8040.7
-77.8	-1.4641	-0.014	136159.513	-2321.3	-8107
-92.2	-1.5298	-0.013	168906.277	-2267.1	-8173.4
-106.7	-1.5921	-0.013	200719.531	-2202.5	-8239.7
-121.1	-1.6503	-0.013	231448.633	-2127.4	-8306
-135.6	-1.7039	-0.013	260943.125	-2041.9	-8372.3
-150	-1.7523	-0.013	289053	-1946.1	-8438.6
-160	-1.7824	-0.012	307621.767	-1856.9	-8484.5
-170	-1.8096	-0.012	325388.879	-1776.7	-8530.4
-180	-1.8336	-0.012	342212.214	-1682.3	-8576.3
-190	-1.8543	-0.012	357878.086	-1566.6	-8622.2
-200	-1.8716	-0.012	372150.521	-1427.2	-8668.1
-213.9	-1.8897	-0.012	389332.753	-1231.9	-8732.2
-227.9	-1.9005	-0.011	402905.64	-973.2	-8796.2
-241.8	-1.9038	-0.011	412531.175	-690.1	-8860.2
-255.8	-1.8994	-0.011	417977.029	-390.5	-8924.2
-269.7	-1.8872	-0.011	419083.009	-79.3	-8988.3
-283.7	-1.8671	-0.011	415734.801	240.1	-9052.3
-297.6	-1.8392	-0.01	407845.68	565.6	-9116.3
-311.6	-1.8037	-0.01	395344.463	896.3	-9180.3
-325.5	-1.7609	-0.01	378167.818	1231.5	-9244.4
-339.5	-1.7109	-0.01	356255.476	1571.1	-9308.4
-353.4	-1.6543	-0.009	329547.307	1914.9	-9372.4
-367.4	-1.5916	-0.009	297981.598	2263.2	-9436.5
-381.3	-1.5232	-0.009	261494.079	2616.1	-9500.5
-395.3	-1.45	-0.009	220017.428	2973.8	-9564.5
-409.2	-1.3727	-0.009	173481.071	3336.6	-9628.5
-423.2	-1.2922	-0.008	121811.155	3704.6	-9692.6
-437.1	-1.2094	-0.008	64930.632	4078.2	-9756.6

-451.1	-1.1253	-0.008	2759.404	4457.6	-9820.6
-465	-1.0413	-0.008	-64785.507	4842.8	-9884.6
-476.7	-0.9718	-0.007	-64860.82	6.5	-12438.2
-488.3	-0.9031	-0.007	-69421.75	390.9	-12491.8
-500	-0.8353	-0.007	-79027.911	823.4	-12545.3
-513.8	-0.7562	-0.007	-97484.95	1333	-12608.9
-527.7	-0.679	-0.006	-123887.852	1906.9	-12672.4
-541.5	-0.6041	-0.006	-156075.259	2324.6	-12736
-555.4	-0.5321	-0.006	-191563.169	2563	-12799.6
-569.2	-0.4636	-0.005	-227655.26	2606.7	-12863.1
-583.1	-0.3993	-0.005	-261520.793	2445.8	-12926.7
-596.9	-0.3398	-0.005	-290256.454	2075.4	-12990.3
-610.8	-0.2856	-0.004	-310933.674	1493.4	-13053.8
-624.6	-0.2372	-0.004	-320633.225	700.5	-13117.4
-638.5	-0.1946	-0.004	-316469.007	-300.7	-13180.9
-652.3	-0.1579	-0.003	-300250.063	-1171.4	-13244.5
-666.2	-0.1266	-0.003	-275148.646	-1812.9	-13308.1
-680	-0.1005	-0.003	-243840.349	-2261.2	-13371.6
-693.3	-0.0795	-0.003	-209926.002	-2543.6	-13432.8
-706.7	-0.0621	-0.002	-174002.784	-2694.2	-13494
-720	-0.0477	-0.002	-137458.835	-2740.8	-13555.3
-733.3	-0.0357	-0.002	-101730.35	-2679.6	-13616.5
-746.7	-0.0254	-0.001	-68918.675	-2460.9	-13677.7
-760	-0.0163	-0.001	-40815.468	-2107.7	-13738.9
-773.3	-0.0079	-0.001	-19001.581	-1636	-13800.1
-786.7	0.0001	0	-4931.712	-1055.2	-13861.3
-800	0.0081	0	0	-369.9	-13922.5

Sollecitazioni - Puntone PUN_1					
Progressiva	Spont. x [cm]	Spont. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
40	-0.118	-0.017	-45000	-1000	-2539.8
80	-0.236	-0.033	-80000	-750	-2539.8

120	-0.354	-0.046	-105000	-500	-2539.8
160	-0.472	-0.054	-120000	-250	-2539.8
200	-0.59	-0.058	-125000	0	-2539.8
240	-0.709	-0.057	-120000	250	-2539.8
280	-0.827	-0.052	-105000	500	-2539.8
320	-0.945	-0.042	-80000	750	-2539.8
360	-1.063	-0.029	-45000	1000	-2539.8
400	-1.181	-0.014	0	1250	-2539.8

Sollecitazioni - Puntone PUN_2					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
40	-0.104	-0.005	-90000	-2000	-5195.6
80	-0.208	-0.009	-160000	-1500	-5195.6
120	-0.312	-0.013	-210000	-1000	-5195.6
160	-0.417	-0.015	-240000	-500	-5195.6
200	-0.521	-0.017	-250000	0	-5195.6
240	-0.625	-0.017	-240000	500	-5195.6
280	-0.729	-0.016	-210000	1000	-5195.6
320	-0.833	-0.014	-160000	1500	-5195.6
360	-0.937	-0.011	-90000	2000	-5195.6
400	-1.041	-0.008	0	2500	-5195.6

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	13923.	-
Puntone	PUN_1	2539.8	1250.	0.
Puntone	PUN_2	5195.6	2500.	0.

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm <sup>2</sup> ]						Pres. Valle [daN/cm <sup>2</sup> ]					
	$\sigma_v$	$\sigma_h$	u	$\sigma'_v$	$\sigma'_h$	$\tau$	$\sigma_v$	$\sigma_h$	u	$\sigma'_v$	$\sigma'_h$	$\tau$
0	0.005	0.023	0	0.005	0.023	0	0	0	0	0	0	0

-10	0.018	0.094	0	0.018	0.094	0	0	0	0	0	0	0
-20	0.038	0.01	0	0.038	0.01	0	0	0	0	0	0	0
-34.44	0.063	0.016	0	0.063	0.016	0	0	0	0	0	0	0
-48.89	0.089	0.023	0	0.089	0.023	0	0	0	0	0	0	0
-63.33	0.117	0.03	0	0.117	0.03	0	0	0	0	0	0	0
-77.78	0.144	0.038	0	0.144	0.038	0	0	0	0	0	0	0
-92.22	0.172	0.045	0	0.172	0.045	0	0	0	0	0	0	0
-106.67	0.2	0.052	0	0.2	0.052	0	0	0	0	0	0	0
-121.11	0.228	0.059	0	0.228	0.059	0	0	0	0	0	0	0
-135.56	0.255	0.066	0	0.255	0.066	0	0	0	0	0	0	0
-150	0.281	0.073	0	0.281	0.073	0	0	0	0	0	0	0
-160	0.308	0.08	0	0.308	0.08	0	0	0	0	0	0	0
-170	0.363	0.094	0	0.363	0.094	0	0	0	0	0	0	0
-180	0.445	0.116	0	0.445	0.116	0	0	0	0	0	0	0
-190	0.536	0.139	0	0.536	0.139	0	0	0	0	0	0	0
-200	0.627	0.163	0	0.627	0.163	0	0	0	0	0	0	0
-213.95	0.714	0.186	0	0.714	0.186	0	0	0	0	0	0	0
-227.89	0.78	0.203	0	0.78	0.203	0	0	0	0	0	0	0
-241.84	0.826	0.215	0	0.826	0.215	0	0	0	0	0	0	0
-255.79	0.858	0.223	0	0.858	0.223	0	0	0	0	0	0	0
-269.74	0.881	0.229	0	0.881	0.229	0	0	0	0	0	0	0
-283.68	0.898	0.233	0	0.898	0.233	0	0	0	0	0	0	0
-297.63	0.912	0.237	0	0.912	0.237	0	0	0	0	0	0	0
-311.58	0.924	0.24	0	0.924	0.24	0	0	0	0	0	0	0
-325.53	0.936	0.243	0	0.936	0.243	0	0	0	0	0	0	0
-339.47	0.948	0.247	0	0.948	0.247	0	0	0	0	0	0	0
-353.42	0.96	0.25	0	0.96	0.25	0	0	0	0	0	0	0
-367.37	0.973	0.253	0	0.973	0.253	0	0	0	0	0	0	0
-381.32	0.986	0.256	0	0.986	0.256	0	0	0	0	0	0	0
-395.26	1	0.26	0	1	0.26	0	0	0	0	0	0	0
-409.21	1.015	0.264	0	1.015	0.264	0	0	0	0	0	0	0
-423.16	1.03	0.268	0	1.03	0.268	0	0	0	0	0	0	0

-437.11	1.046	0.272	0	1.046	0.272	0	0	0	0	0	0	0
-451.05	1.062	0.276	0	1.062	0.276	0	0	0	0	0	0	0
-465	1.079	0.28	0	1.079	0.28	0	0	0	0	0	0	0
-476.67	1.094	0.33	0	1.094	0.33	0	0	0	0	0	0	0
-488.33	1.109	0.371	0	1.109	0.371	0	0	0	0	0	0	0
-500	1.125	0.4	0	1.125	0.4	0	0.001	0	0	0.001	0	0
-513.85	1.142	0.421	0	1.142	0.421	0	0.025	0.006	0	0.025	0.006	0
-527.69	1.161	0.431	0	1.161	0.431	0	0.05	0.13	0	0.05	0.13	0
-541.54	1.18	0.434	0	1.18	0.434	0	0.075	0.262	0	0.075	0.262	0
-555.38	1.2	0.431	0	1.2	0.431	0	0.1	0.399	0	0.1	0.399	0
-569.23	1.219	0.424	0	1.219	0.424	0	0.125	0.541	0	0.125	0.541	0
-583.08	1.239	0.416	0	1.239	0.416	0	0.15	0.684	0	0.15	0.684	0
-596.92	1.26	0.407	0	1.26	0.407	0	0.174	0.828	0	0.174	0.828	0
-610.77	1.28	0.399	0	1.28	0.399	0	0.199	0.971	0	0.199	0.971	0
-624.62	1.301	0.391	0	1.301	0.391	0	0.224	1.114	0	0.224	1.114	0
-638.46	1.322	0.384	0	1.322	0.384	0	0.249	1.013	0	0.249	1.013	0
-652.31	1.343	0.379	0	1.343	0.379	0	0.274	0.843	0	0.274	0.843	0
-666.15	1.364	0.376	0	1.364	0.376	0	0.299	0.699	0	0.299	0.699	0
-680	1.385	0.374	0	1.385	0.374	0	0.324	0.581	0	0.324	0.581	0
-693.33	1.406	0.383	0.013	1.393	0.37	0	0.348	0.496	0.013	0.335	0.483	0
-706.67	1.427	0.393	0.026	1.401	0.367	0	0.372	0.428	0.026	0.346	0.402	0
-720	1.448	0.42	0.039	1.409	0.381	0	0.396	0.375	0.039	0.357	0.335	0
-733.33	1.469	0.497	0.052	1.417	0.445	0	0.42	0.333	0.052	0.368	0.281	0
-746.67	1.49	0.565	0.065	1.425	0.5	0	0.444	0.301	0.065	0.379	0.235	0
-760	1.512	0.628	0.078	1.433	0.549	0	0.468	0.274	0.078	0.39	0.195	0
-773.33	1.533	0.686	0.092	1.442	0.595	0	0.492	0.251	0.092	0.4	0.159	0
-786.67	1.555	0.743	0.105	1.45	0.639	0	0.516	0.229	0.105	0.411	0.125	0
-800	1.571	0.796	0.114	1.456	0.681	0	0.534	0.241	0.114	0.42	0.126	0

$\sigma_v$  = tensione verticale totale

$\sigma_h$  = tensione orizzontale totale

u = pressione neutra

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace

$\sigma'_h$  = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
$R_h$	-22636.5	$b_h$	534.8	$R_h$	14901.2	$b_h$	646.9
$R'_h$	-21932.6	$b'_h$	527.6	$R'_h$	14197.3	$b'_h$	641.2
$R_u$	-703.9	$b_u$	760.4	$R_u$	703.9	$b_u$	760.4
<p>R = risultanti delle spinte, b = bracci rispetto alla testa della paratia.            pedice h = risultante delle pressioni totali sulla paratia.            pedice 'h = risultante delle pressioni efficaci sulla paratia.            pedice u = risultante delle pressioni neutre sulla paratia.</p>							

### 2.2.1. Inviluppo delle sollecitazioni

Segue l'inviluppo dei risultati ottenuti negli Step considerati.

Inviluppo - Paratia PAR_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
-10.	-117.	0.	0.	11.7	-6546.	-45.9
-20.	-1171.	0.	0.	105.4	-6592.	-91.8
-34.4	-310.1	33818.	-2422.	17.4	-7908.	-158.1
-48.9	-901.1	68466.	-2399.	40.9	-7974.	-224.4
-63.3	-1978.	102630	-2365.	74.5	-8041.	-290.7
-77.8	-3688.	136160	-2321.	118.4	-8107.	-357.
-92.2	-6181.	168906	-2267.	172.6	-8173.	-423.4
-106.7	-9607.	200720	-2203.	237.2	-8240.	-489.7
-121.1	-14117	231449	-2127.	312.3	-8306.	-556.
-135.6	-19862	260943	-2042.	397.7	-8372.	-622.3
-150.	-26991	289053	-1946.	493.6	-8439.	-688.6
-160.	-32819	307622	-1857.	582.8	-8485.	-734.5
-170.	-39447	325389	-1777.	662.9	-8530.	-780.4
-180.	-47020	342212	-1682.	757.3	-8576.	-826.3

-190.	-55749	357878	-3828.	873.	-8622.	-872.2
-200.	-65872	372151	-3689.	1012.3	-8668.	-918.1
-213.9	-82560	389333	-3493.	1196.5	-8732.	-982.2
-227.9	-.1E6	402906	-3235.	1273.2	-8796.	-1046.
-241.8	-.12E6	412531	-2952.	1192.	-8860.	-1110.
-255.8	-.13E6	417977	-2652.	945.4	-8924.	-1174.
-269.7	-.14E6	419083	-2341.	528.2	-8988.	-1238.
-283.7	-.14E6	415735	-2021.	240.1	-9052.	-1302.
-297.6	-.13E6	407846	-1696.	565.6	-9116.	-1366.
-311.6	-.13E6	395345	-1365.	896.3	-9180.	-1430.
-325.5	-.11E6	378168	-1030.	1231.5	-9244.	-1494.
-339.5	-.1E6	356256	-902.3	1571.1	-9308.	-1558.
-353.4	-88454	332472	-982.	1914.9	-9372.	-1622.
-367.4	-74356	332445	-1011.	2263.2	-9437.	-1687.
-381.3	-60687	327496	-980.	2616.1	-9501.	-1751.
-395.3	-48012	317557	-908.8	2973.8	-9565.	-1815.
-409.2	-36677	302560	-812.7	3336.6	-9629.	-1879.
-423.2	-26861	282428	-703.8	3704.6	-9693.	-1943.
-437.1	-18614	257087	-591.4	4078.2	-9757.	-2007.
-451.1	-11888	226455	-482.2	4457.6	-9821.	-2071.
-465.	-64786	190451	-380.8	4842.8	-9885.	-2135.
-476.7	-64861	156144	-297.3	2940.6	-12438	-2188.
-488.3	-69422	117967	-229.9	3272.3	-12492	-2242.
-500.	-79028	75866.	-171.2	3608.6	-12545	-2295.
-513.8	-97485	20828.	-116.7	3975.	-12609	-2359.
-527.7	-.12E6	4142.3	-69.	4206.7	-12672	-2422.
-541.5	-.16E6	4584.2	-31.9	4265.6	-12736	-2486.
-555.4	-.19E6	4643.	-4.2	4152.	-12800	-2550.
-569.2	-.23E6	4429.9	0.	3865.8	-12863	-2613.
-583.1	-.26E6	4037.5	0.	3407.4	-12927	-2677.
-596.9	-.29E6	3540.5	0.	2776.6	-12990	-2740.
-610.8	-.32E6	2997.2	0.	1973.9	-13054	-2804.



-624.6	-.33E6	2451.5	0.	999.2	-13117	-2867.
-638.5	-.33E6	1934.9	-300.7	37.3	-13181	-2931.
-652.3	-.32E6	1468.5	-1171.	33.7	-13245	-2995.
-666.2	-.29E6	1064.8	-1856.	29.2	-13308	-3058.
-680.	-.26E6	729.7	-2363.	24.2	-13372	-3122.
-693.3	-.22E6	472.3	-2682.	19.3	-13433	-3183.
-706.7	-.18E6	276.4	-2852.	14.7	-13494	-3244.
-720.	-.15E6	136.7	-2905.	10.5	-13555	-3305.
-733.3	-.11E6	46.2	-2839.	6.8	-13617	-3367.
-746.7	-73023	0.	-2607.	3.7	-13678	-3428.
-760.	-43254	0.	-2233.	1.4	-13739	-3489.
-773.3	-20146	0.	-1733.	0.	-13800	-3550.
-786.7	-5237.	0.	-1118.	0.	-13861	-3611.
-800.	0.	0.	-392.8	0.	-13923	-3673.

Inviluppo - Tirante TIR_1_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						
94.5	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
189.	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
283.5	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
378.	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
472.5	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
567.	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
661.5	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
756.	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
850.5	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2
945.	0.	0.	0.	0.	0.	5428.2

Sollecitazioni - Puntone PUN_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						

40.	-45000	-45000	-1000.	-1000.	-2540.	-2540.
80.	-80000	-80000	-750.	-750.	-2540.	-2540.
120.	-.11E6	-.11E6	-500.	-500.	-2540.	-2540.
160.	-.12E6	-.12E6	-250.	-250.	-2540.	-2540.
200.	-.13E6	-.13E6	0.	0.	-2540.	-2540.
240.	-.12E6	-.12E6	250.	250.	-2540.	-2540.
280.	-.11E6	-.11E6	500.	500.	-2540.	-2540.
320.	-80000	-80000	750.	750.	-2540.	-2540.
360.	-45000	-45000	1000.	1000.	-2540.	-2540.
400.	0.	0.	1250.	1250.	-2540.	-2540.

Sollecitazioni - Puntone PUN_2						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
40.	-90000	-90000	-2000.	-2000.	-5196.	-1.9
80.	-.16E6	-.16E6	-1500.	-1500.	-5196.	-1.9
120.	-.21E6	-.21E6	-1000.	-1000.	-5196.	-1.9
160.	-.24E6	-.24E6	-500.	-500.	-5196.	-1.9
200.	-.25E6	-.25E6	0.	0.	-5196.	-1.9
240.	-.24E6	-.24E6	500.	500.	-5196.	-1.9
280.	-.21E6	-.21E6	1000.	1000.	-5196.	-1.9
320.	-.16E6	-.16E6	1500.	1500.	-5196.	-1.9
360.	-90000	-90000	2000.	2000.	-5196.	-1.9
400.	0.	0.	2500.	2500.	-5196.	-1.9

## 2.3. VERIFICHE

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 6 Step.

### 2.3.1. Verifiche delle sezioni

Le verifiche tensionali vengono eseguite col metodo degli stati limite. Le sezioni degli elementi strutturali sono verificate a pressoflessione retta, sollecitate dai valori di momento flettente e sforzo normale derivanti dal calcolo.

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

#### Step 6

In questo Step si hanno i seguenti valori di tensione:

Tensioni - Paratia PAR_1 - Porzione 1 (acciaio:2238.1)								-		
$\sigma$ max = max tens. di compressione, $\sigma$ max2 = max tens. di trazione, $\epsilon$ max = max defo. di compressione, $\epsilon$ max2 = max defo. di trazione.								-		
Progressiva	M [daN cm]	N [daN]	$\sigma$ max [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma$ max2 [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\epsilon$ max [%]	$\epsilon$ max2 [%]	Verifica	-	-	-
0	0	-5200	-121.9	-121.9	- 0.01	-0.01	Soddisfatta	-	-	-
-10	-93.6	-5236.7	-123.3	-122.2	- 0.01	-0.01	Soddisfatta	-	-	-
-20	-936.7	-5273.4	-129	-118.2	- 0.01	-0.01	Soddisfatta	-	-	-
-34.4	27054	-6326.5	-304.8	8.1	- 0.01	0	Soddisfatta	-	-	-
-48.9	54773	-6379.5	-466.3	167.2	- 0.02	0.01	Soddisfatta	-	-	-
-63.3	82103.7	-6432.6	-625.6	324	- 0.03	0.02	Soddisfatta	-	-	-
-77.8	108927.6	-6485.6	-782	477.9	- 0.04	0.02	Soddisfatta	-	-	-
-92.2	135125	-6538.7	-934.7	628.2	-	0.03	Soddisfatta			

					0.04			-	-	-
-106.7	160575.6	-6591.7	-1083.2	774.1	-	0.04	Soddisfatta	-	-	-
					0.05			-	-	-
-121.1	185158.9	-6644.8	-1226.6	915	-	0.04	Soddisfatta	-	-	-
					0.06			-	-	-
-135.6	208754.5	-6697.8	-1364.3	1050.2	-	0.05	Soddisfatta	-	-	-
					0.06			-	-	-
-150	231242.4	-6750.9	-1495.6	1179	-	0.06	Soddisfatta	-	-	-
					0.07			-	-	-
-160	246097.4	-6787.6	-1582.3	1264.1	-	0.06	Soddisfatta	-	-	-
					0.08			-	-	-
-170	260311.1	-6824.3	-1665.4	1345.4	-	0.06	Soddisfatta	-	-	-
					0.08			-	-	-
-180	273769.8	-6861.1	-1744.1	1422.4	-	0.07	Soddisfatta	-	-	-
					0.08			-	-	-
-190	286302.5	-6897.8	-1817.4	1494	-	0.07	Soddisfatta	-	-	-
					0.09			-	-	-
-200	297720.4	-6934.5	-1884.3	1559.2	-	0.07	Soddisfatta	-	-	-
					0.09			-	-	-
-213.9	311466.2	-6985.7	-1965	1637.5	-	0.08	Soddisfatta	-	-	-
					0.09			-	-	-
-227.9	322324.5	-7036.9	-2029	1699.1	-0.1	0.08	Soddisfatta	-	-	-
								-	-	-
-241.8	330024.9	-7088.2	-2074.8	1742.4	-0.1	0.08	Soddisfatta	-	-	-
								-	-	-
-255.8	334381.6	-7139.4	-2101.2	1766.4	-0.1	0.08	Soddisfatta	-	-	-
								-	-	-
-269.7	335266.4	-7190.6	-2107.5	1770.3	-0.1	0.08	Soddisfatta	-	-	-
								-	-	-
-283.7	332587.8	-7241.8	-2093.2	1753.6	-0.1	0.08	Soddisfatta	-	-	-
								-	-	-
-297.6	326276.5	-7293.1	-2057.9	1715.9	-0.1	0.08	Soddisfatta	-	-	-
								-	-	-

								-	-	-
-311.6	316275.6	-7344.3	-2001.2	1656.9	-0.1	0.08	Soddisfatta			
								-	-	-
-325.5	302534.3	-7395.5	-1923	1576.2	-	0.08	Soddisfatta			
					0.09			-	-	-
-339.5	285004.4	-7446.7	-1822.8	1473.6	-	0.07	Soddisfatta			
					0.09			-	-	-
-353.4	263637.8	-7497.9	-1700.4	1348.9	-	0.06	Soddisfatta			
					0.08			-	-	-
-367.4	238385.3	-7549.2	-1555.6	1201.6	-	0.06	Soddisfatta			
					0.07			-	-	-
-381.3	209195.3	-7600.4	-1388	1031.6	-	0.05	Soddisfatta			
					0.07			-	-	-
-395.3	176013.9	-7651.6	-1197.3	838.5	-	0.04	Soddisfatta			
					0.06			-	-	-
-409.2	138784.9	-7702.8	-983.2	622	-	0.03	Soddisfatta			
					0.05			-	-	-
-423.2	97448.9	-7754	-745.3	381.8	-	0.02	Soddisfatta			
					0.04			-	-	-
-437.1	51944.5	-7805.3	-483.4	117.4	-	0.01	Soddisfatta			
					0.02			-	-	-
-451.1	2207.5	-7856.5	-197	-171.4	-	-0.01	Soddisfatta			
					0.01			-	-	-
-465	-51828.4	-7907.7	-485.1	114.3	-	0.01	Soddisfatta			
					0.02			-	-	-
-476.7	-51888.7	-9950.6	-533.4	66.8	-	0	Soddisfatta			
					0.03			-	-	-
-488.3	-55537.4	-9993.4	-555.5	86.9	-	0	Soddisfatta			
					0.03			-	-	-
-500	-63222.3	-	-600.9	130.3	-	0.01	Soddisfatta			
		10036.3			0.03			-	-	-
-513.8	-77988	-	-687.5	214.5	-	0.01	Soddisfatta			

		10087.1			0.03			-	-	-
-527.7	-99110.3	-10138	-810.8	335.5	-	0.02	Soddisfatta			
					0.04			-	-	-
-541.5	-	-	-961	483.2	-	0.02	Soddisfatta			
	124860.2	10188.8			0.05			-	-	-
-555.4	-	-	-1126.3	646.2	-	0.03	Soddisfatta			
	153250.5	10239.7			0.05			-	-	-
-569.2	-	-	-1294.5	812	-	0.04	Soddisfatta			
	182124.2	10290.5			0.06			-	-	-
-583.1	-	-	-1452.4	967.5	-	0.05	Soddisfatta			
	209216.6	10341.4			0.07			-	-	-
-596.9	-	-	-1586.5	1099.2	-	0.05	Soddisfatta			
	232205.2	10392.2			0.08			-	-	-
-610.8	-	-	-1683.4	1193.7	-	0.06	Soddisfatta			
	248746.9	10443.1			0.08			-	-	-
-624.6	-	-	-1729.4	1237.4	-	0.06	Soddisfatta			
	256506.6	10493.9			0.08			-	-	-
-638.5	-	-	-1711.4	1216.9	-	0.06	Soddisfatta			
	253175.2	10544.8			0.08			-	-	-
-652.3	-	-	-1637.5	1140.7	-	0.05	Soddisfatta			
	240200.1	10595.6			0.08			-	-	-
-666.2	-	-	-1522.6	1023.4	-	0.05	Soddisfatta			
	220118.9	10646.5			0.07			-	-	-
-680	-	-	-1378.9	877.3	-	0.04	Soddisfatta			
	195072.3	10697.3			0.07			-	-	-
-693.3	-	-	-1223.2	719.3	-	0.03	Soddisfatta			
	167940.8	10746.3			0.06			-	-	-
-706.7	-	-	-1058.1	551.9	-	0.03	Soddisfatta			
	139202.2	10795.2			0.05			-	-	-
-720	-	-	-890.2	381.7	-	0.02	Soddisfatta			
	109967.1	10844.2			0.04			-	-	-
-733.3	-81384.3	-	-726	215.3	-	0.01	Soddisfatta			

		10893.2			0.03			-	-	-
-746.7	-55134.9	- 10942.1	-575.4	62.3	- 0.03	0	Soddisfatta	-	-	-
-760	-32652.4	- 10991.1	-446.5	-68.8	- 0.02	0	Soddisfatta	-	-	-
-773.3	-15201.3	- 11040.1	-346.7	-170.9	- 0.02	-0.01	Soddisfatta	-	-	-
-786.7	-3945.4	-11089	-282.8	-237.2	- 0.01	-0.01	Soddisfatta	-	-	-
-800	0	-11138	-261.1	-261.1	- 0.01	-0.01	Soddisfatta	-	-	-

Pressoflessione - Puntone PUN_1 (cls: 141.1 - barre: 3913.04)								Taglio		
$\sigma$ cls = max tens. di compressione nel cls, $\sigma$ acc = max tens. nell'armatura, $\epsilon$ cls = max defo. nel cls, $\epsilon$ acc = max defo. nell'armatura.								Ved = max taglio agente, Vrd = taglio resistente		
Progressiva	M [daN cm]	N [daN]	$\sigma$ cls [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma$ acc [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\epsilon$ cls [%]	$\epsilon$ acc [%]	Verifica	Ved [daN]	Vrd [daN]	Verifica
0	0	- 2539.8	-1	-14.2	0	0	Soddisfatta	-1250	10825.8	Soddisfatta
40	-45000	- 2539.8	-7.6	187.9	- 0.01	0.01	Soddisfatta	-1000	10825.8	Soddisfatta
80	-80000	- 2539.8	-13.8	486.7	- 0.01	0.02	Soddisfatta	-750	10825.8	Soddisfatta
120	- 105000	- 2539.8	-18.1	704.4	- 0.01	0.03	Soddisfatta	-500	10825.8	Soddisfatta
160	- 120000	- 2539.8	-20.6	835.5	- 0.02	0.04	Soddisfatta	-250	10825.8	Soddisfatta
200	- 125000	- 2539.8	-21.5	879.3	- 0.02	0.04	Soddisfatta	0	10825.8	Soddisfatta
240	- 120000	- 2539.8	-20.6	835.5	- 0.02	0.04	Soddisfatta	250	10825.8	Soddisfatta

280	- 105000	- 2539.8	-18.1	704.4	- 0.01	0.03	Soddisfatta	500	10825.8	Soddisfatta
320	-80000	- 2539.8	-13.8	486.7	- 0.01	0.02	Soddisfatta	750	10825.8	Soddisfatta
360	-45000	- 2539.8	-7.6	187.9	- 0.01	0.01	Soddisfatta	1000	10825.8	Soddisfatta
400	0	- 2539.8	-1	-14.2	0	0	Soddisfatta	1250	10825.8	Soddisfatta

Pressoflessione - Puntone PUN_2 (cls: 141.1 - barre: 3913.04)								Taglio		
$\sigma$ cls = max tens. di compressione nel cls, $\sigma$ acc = max tens. nell'armatura, $\epsilon$ cls = max defo. nel cls, $\epsilon$ acc = max defo. nell'armatura.								Ved = max taglio agente, Vrd = taglio resistente		
Progressiva	M [daN cm]	N [daN]	$\sigma$ cls [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma$ acc [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\epsilon$ cls [%]	$\epsilon$ acc [%]	Verifica	Ved [daN]	Vrd [daN]	Verifica
0	0	- 5195.6	-1	-15	0	0	Soddisfatta	-2500	18167.1	Soddisfatta
40	-90000	- 5195.6	-3.6	-48.3	0	0	Soddisfatta	-2000	18167.1	Soddisfatta
80	- 160000	- 5195.6	-7.7	236.2	- 0.01	0.01	Soddisfatta	-1500	18167.1	Soddisfatta
120	- 210000	- 5195.6	-10.6	421.4	- 0.01	0.02	Soddisfatta	-1000	18167.1	Soddisfatta
160	- 240000	- 5195.6	-12.2	536.5	- 0.01	0.03	Soddisfatta	-500	18167.1	Soddisfatta
200	- 250000	- 5195.6	-12.8	575.2	- 0.01	0.03	Soddisfatta	0	18167.1	Soddisfatta
240	- 240000	- 5195.6	-12.2	536.5	- 0.01	0.03	Soddisfatta	500	18167.1	Soddisfatta
280	- 210000	- 5195.6	-10.6	421.4	- 0.01	0.02	Soddisfatta	1000	18167.1	Soddisfatta
320	-	-	-7.7	236.2	-	0.01	Soddisfatta	1500	18167.1	Soddisfatta



	160000	5195.6			0.01					
360	-90000	- 5195.6	-3.6	-48.3	0	0	Soddisfatta	2000	18167.1	Soddisfa
400	0	- 5195.6	-1	-15	0	0	Soddisfatta	2500	18167.1	Soddisfa

### 2.3.2. Storia di carico dei tiranti

Segue la tabella del tiro massimo in ogni step per i tiranti definiti.

	TIR_1_1 (63617[daN])
Step 1	-
Step 2	-
Step 3	0
Step 4	10856
Step 5	10849
Step 6	-

### 2.3.3. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti

La verifica della lunghezza del bulbo di ancoraggio viene eseguita secondo il metodo proposto e discusso da Bustamante e Doix (1985), per il quale si adotta l'espressione:

$$T_L = \pi D_s L_s q_s$$

dove  $T_L$  è la trazione limite del tirante o del micropalo isolato,  $D_s$  è il diametro medio del bulbo della sigillatura,  $L_s$  è la lunghezza del tratto sigillato, e  $q_s$  è l'attrito laterale unitario limite lungo la superficie laterale del bulbo.

Il valore del diametro del bulbo di ancoraggio  $D_s$  viene valutato in funzione del diametro di perforazione  $D_d$  e della natura del terreno, con la relazione  $D_s = \alpha D_d$ , in cui il coefficiente di maggiorazione dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) oltre che dalla natura del terreno, e viene quantificato per mezzo di apposite tabelle. Le stesse forniscono anche il quantitativo minimo di malta  $V_i$  che è consigliato immettere nel tratto  $L_s$ . Il valore di  $q_s$  dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) e dalla natura del terreno, e viene quantificato con appositi abaci. La verifica viene effettuata considerando un fattore di sicurezza  $\eta$  che dipende dalla tipologia strutturale (tirante o micropalo) e dalla durata di utilizzo (provvisorio o permanente).

La lunghezza libera di un tirante deve essere sufficiente per garantire che il volume di suolo raccolto nell'intorno dell'elemento e ad esso strettamente associato nel tratto della sigillatura non corra alcun rischio di rottura d'insieme.

In quest'ottica si valuterà che tale lunghezza sia sufficiente a portare le fondazioni oltre il cuneo di spinta, con un ulteriore franco di sicurezza pari ad un terzo dell'altezza di scavo.

Segue la descrizione dei dati relativi all'ancoraggio.

	SVA_1
Suolo	Sabbia limosa
Iniezione	IGU
Tipologia	Tirante
Durata	Provvisorio
$\eta$	1.8
$D_d$ [cm]	15
$\alpha$	1.2
$N_{SPT}$	14
usa $l_{eff}$	no
$\varphi$ $l_{lib}$	30
sisma $l_{lib}$	si

Segue la verifica della lunghezza sigillata e della lunghezza libera per i tiranti definiti.

	TIR_1_1
Tiro max. [daN]	10856.5
Step	STEP_4
Dati	SVA_1
$D_s$	18
$q_s$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	0.717
$V_{i,min}$ [cm <sup>3</sup> ]	102161
$L_{sig}$ [cm]	800
$L_{sig,min}$ [cm]	481.8
$\eta_{eff}$	3
$L_{sig} > L_{sig,min}$ ?	Si

	TIR_1_1
Dati	SVA_1
$L_{lib}$ [cm]	305
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_3)	67.7
$L_{lib} > L_{lib,min}$ ? (STEP_3)	Si
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_4)	304.3
$L_{lib} > L_{lib,min}$ ? (STEP_4)	Si
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_5)	304.3
$L_{lib} > L_{lib,min}$ ? (STEP_5)	Si

### 2.3.4. Verifica delle travi di collegamento

La verifica delle travi di collegamento fra i tiranti viene eseguita con il modello di trave continua sollecitata da un carico uniformemente distribuito. Gli appoggi intermedi sono posti ad una distanza pari all'interasse fra i tiranti, e l'entità del carico distribuito viene valutata come rapporto fra il tiro massimo e tale distanza. Si utilizza per la verifica la sola componente orizzontale del tiro, mentre quella verticale si assume sia sopportata dalla paratia.

Il valore del momento di verifica viene valutato con la formula  $M_i = \eta q L_i^2$ , in cui  $\eta$  assume il valore di 1/12.

Segue la verifica per i tiranti definiti.

	TIR_1_1
Sezione	SEZ_5
N° sez. accoppiate	1
Tiro max. [daN]	9402
Step	STEP_4
Interasse $L_i$ [cm]	200
Carico distribuito $q$ [daN/cm]	47
Momento $M_i$ [daN cm]	156699.69
Tens. max. [daN/cm <sup>2</sup> ]	532.49
Defo. max. [%]	0.03
Verifica	Si

### 2.3.5. Calcolo dei cedimenti a monte della paratia

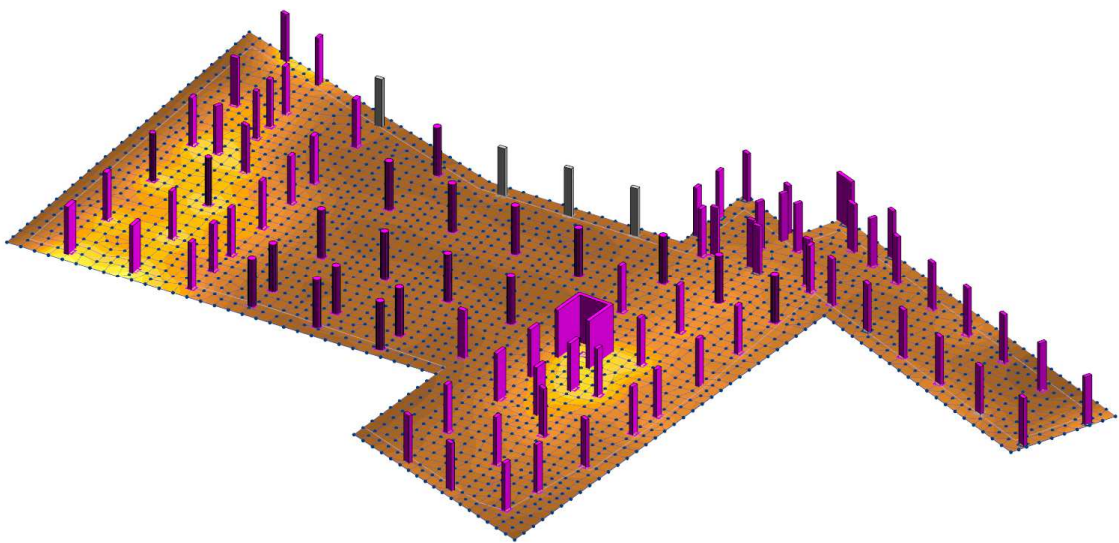
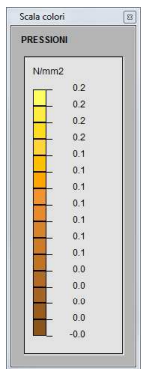
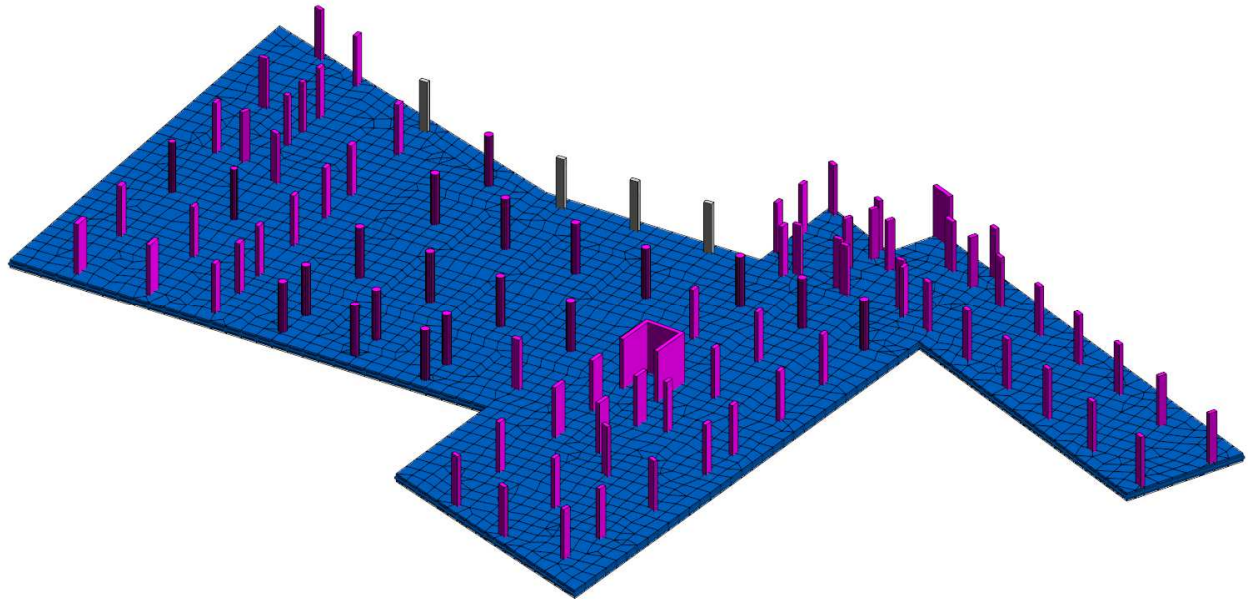
Metodo *Volume* per il calcolo dei cedimenti a monte della paratia.

Si ipotizza che la variazione di volume complessiva del terreno coinvolto nel processo deformativo sia nulla (deformandosi, i terreni tendono a dilatare). In questo caso, definito il cuneo di spinta, si ha uguaglianza tra il volume che il terreno occupa in seguito allo spostamento della paratia e quello che il terreno libera per i cedimenti verticali a monte dell'opera.

Segue il calcolo per lo Step in cui si verifica il cedimento massimo (Step 6 di 6).

Paratia PAR_1 Step 6		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -786.7[\text{cm}]$ $L_{ced} = 454.2[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.94
50	50	0.83
100	100	0.73
150	150	0.63
200	200	0.52
250	250	0.42
300	300	0.32
350	350	0.21
400	400	0.11
450	450	0.01
454.2	454.2	0

### 3. PLATEA DI FONDAZIONE



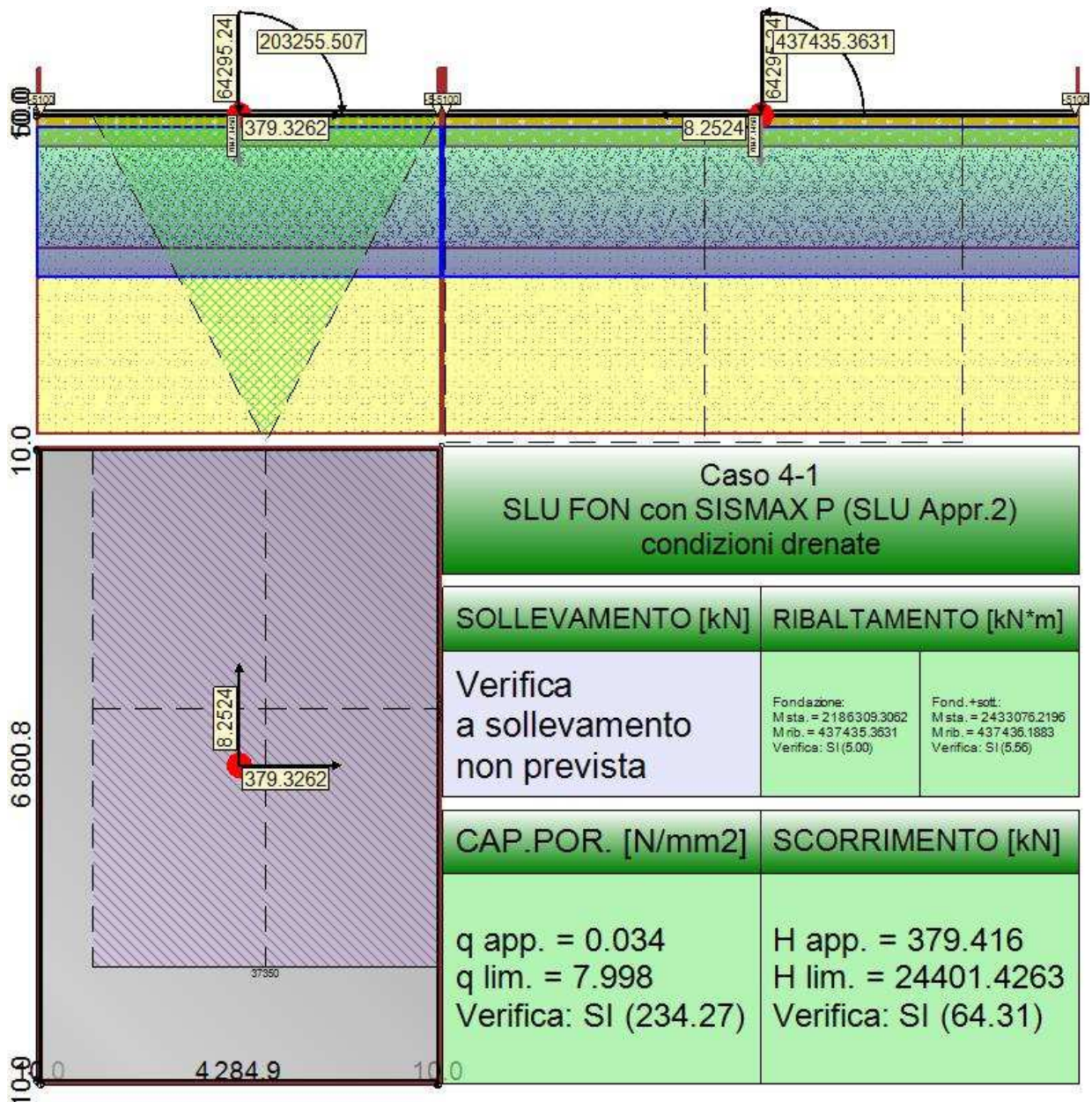
*distribuzione delle pressioni sul terreno*

### 3.1. STABILITÀ, CAPACITÀ PORTANTE E RESISTENZA A SCORRIMENTO

Segue il riassunto delle verifiche delle fondazioni analizzate.

Fondazione	Cap.Portante	Scorrimento	Ribaltamento	Sollevamento	Verifica
c:_03.ifo	144.38	27.99	5.00	1.00	SI

Segue la verifica in dettaglio per il caso più severo tra tutti quelli analizzati.



Rappresentazione della fondazione.

### 3.1.1. Descrizione dei Casi di calcolo e riassunto dei risultati.

Segue il riassunto dei Casi di calcolo analizzati. I dettagli di ciascun Caso (sollecitazioni, verifiche, ecc.) sono specificati nei paragrafi successivi.

Indici e nomi dei casi di carico			Elenco delle verifiche eseguite per ciascun caso				Sisma
Caso	Nome	Sestetti	Ver. dren.	Ver. non dren.	Ver. equ.	Ver. upl.	Coef. sism.
1	SLU SENZA SISMA (SLU Appr.2)	1-1	Si	No	Si	No	Non sismico
1-1 Caso 1-1							
2	SLU con SISMAX PRINC (SLU Appr.2)	da 2-1 a 2-4	Si	No	Si	No	$k_{h,x} = 0.03$ , $k_{h,y} = 0.00$
2-1 Caso 4-1; 2-2 Caso 4-2; 2-3 Caso 4-3; 2-4 Caso 4-4							
3	SLU con SISMAX PRINC (SLU Appr.2)	da 3-1 a 3-4	Si	No	Si	No	$k_{h,x} = 0.00$ , $k_{h,y} = 0.03$
3-1 Caso 5-1; 3-2 Caso 5-2; 3-3 Caso 5-3; 3-4 Caso 5-4							
4	SLU FON con SISMAX P (SLU Appr.2)	da 4-1 a 4-4	Si	No	Si	No	$k_{h,x} = 0.03$ , $k_{h,y} = 0.00$
4-1 Caso 8-1; 4-2 Caso 8-2; 4-3 Caso 8-3; 4-4 Caso 8-4							
5	SLU FON con SISMAX P (SLU Appr.2)	da 5-1 a 5-4	Si	No	Si	No	$k_{h,x} = 0.00$ , $k_{h,y} = 0.03$
5-1 Caso 9-1; 5-2 Caso 9-2; 5-3 Caso 9-3; 5-4 Caso 9-4							
6	SLD con SISMAX PRINC (SLD)	da 6-1 a 6-4	Si	No	Si	No	$k_{h,x} = 0.03$ , $k_{h,y} = 0.00$
6-1 Caso 6-1; 6-2 Caso 6-2; 6-3 Caso 6-3; 6-4 Caso 6-4							
7	SLD con SISMAX PRINC (SLD)	da 7-1 a 7-4	Si	No	Si	No	$k_{h,x} = 0.00$ , $k_{h,y} = 0.03$
7-1 Caso 7-1; 7-2 Caso 7-2; 7-3 Caso 7-3; 7-4 Caso 7-4							

La seguente tabella elenca i coefficienti di sicurezza parziali, applicati alle caratteristiche meccaniche del terreno, alla capacità portante, alla resistenza a scorrimento e del terreno, per ciascun Caso di calcolo.

Caso	$\gamma_{G1, fav}$	$\gamma_{G1, sfa}$	$\gamma_{G2, fav}$	$\gamma_{G2, sfa}$	$\gamma_{Qi, fav}$	$\gamma_{Qi, sfa}$
1	1.00	1.30	0.80	1.50	0.00	1.50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-

Caso	$\gamma_{\gamma}$	$\gamma_{\phi}$	$\gamma_c$	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,h}$	$\gamma_{R,e}$	$\gamma_{R, equ}$	$\gamma_{R, upl}$
1	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	1.00	1.00	1.00
2	-	-	-	1.80	1.10	1.30	1.00	1.00
3	-	-	-	1.80	1.10	1.30	1.00	1.00
4	-	-	-	1.80	1.10	1.30	1.00	1.00
5	-	-	-	1.80	1.10	1.30	1.00	1.00
6	-	-	-	2.30	1.10	1.30	-	-
7	-	-	-	2.30	1.10	1.30	-	-



Segue la tabella riassuntiva di tutte le verifiche a **ribaltamento**.

Caso	Fondazione			Fondazione e Sottofondo		
	$R_d$ [kN*m]	$E_d$ [kN*m]	Verifica	$R_d$ [kN*m]	$E_d$ [kN*m]	Verifica
1-1	3186897.679	628851.11	SI (3186897.679/628851.11 = 5.07 >= 1.0)	3508708.351	628864.46	SI (3508708.351/628864.46 = 5.58 >= 1.0)
2-1	2182780.349	435715.048	SI (2182780.349/435715.048 = 5.01 >= 1.0)	2429536.884	435716.558	SI (2429536.884/435716.558 = 5.58 >= 1.0)
2-2	2182333.873	435020.771	SI (2182333.873/435020.771 = 5.02 >= 1.0)	2429089.096	435021.82	SI (2429089.096/435021.82 = 5.58 >= 1.0)
2-3	2113210.1	402554.674	SI (2113210.1/402554.674 = 5.25 >= 1.0)	2359762.043	402570.352	SI (2359762.043/402570.352 = 5.86 >= 1.0)
2-4	2112713.299	401810.712	SI (2112713.299/401810.712 = 5.26 >= 1.0)	2359263.78	401825.928	SI (2359263.78/401825.928 = 5.87 >= 1.0)
3-1	2159016.841	424982.198	SI (2159016.841/424982.198 = 5.08 >= 1.0)	2405703.493	424989.206	SI (2405703.493/424989.206 = 5.66 >= 1.0)
3-2	2138058.002	414947.992	SI (2138058.002/414947.992 = 5.15 >= 1.0)	2384683.017	414959.25	SI (2384683.017/414959.25 = 5.75 >= 1.0)
3-3	2157351.315	422494.62	SI (2157351.315/422494.62 = 5.11 >= 1.0)	2404033.068	422500.088	SI (2404033.068/422500.088 = 5.69 >= 1.0)
3-4	2136463.204	412529.321	SI (2136463.204/412529.321 = 5.18 >= 1.0)	2383083.53	412539.04	SI (2383083.53/412539.04 = 5.78 >= 1.0)
4-1	2186309.306	437435.363	SI (2186309.306/437435.363 = 5.00 >= 1.0)	2433076.22	437436.188	SI (2433076.22/437436.188 = 5.56 >= 1.0)
4-2	2185800.603	436654.636	SI (2185800.603/436654.636 = 5.01 >= 1.0)	2432566.02	436654.953	SI (2432566.02/436654.953 = 5.57 >= 1.0)
4-3	2109758.332	400935.611	SI (2109758.332/400935.611 = 5.26 >= 1.0)	2356300.124	400952.021	SI (2356300.124/400952.021 = 5.88 >= 1.0)
4-4	2109211.205	400116.837	SI (2109211.205/400116.837 = 5.27 >= 1.0)	2355751.387	400132.738	SI (2355751.387/400132.738 = 5.89 >= 1.0)
5-1	2160096.475	425557.665	SI (2160096.475/425557.665 = 5.08 >= 1.0)	2406786.302	425564.538	SI (2406786.302/425564.538 = 5.66 >= 1.0)
5-2	2137114.045	414590.731	SI (2137114.045/414590.731 = 5.15 >= 1.0)	2383736.284	414602.278	SI (2383736.284/414602.278 = 5.75 >= 1.0)

5-3	2158310.914	422866.913	SI (2158310.914/422866.913 = 5.10 >= 1.0)	2404995.489	422872.092	SI (2404995.489/422872.092 = 5.69 >= 1.0)
5-4	2135336.305	411907.307	SI (2135336.305/411907.307 = 5.18 >= 1.0)	2381953.316	411917.161	SI (2381953.316/411917.161 = 5.78 >= 1.0)
6-1	2173361.52	431159.976	SI (2173361.52/431159.976 = 5.04 >= 1.0)	2420090.357	431163.33	SI (2420090.357/431163.33 = 5.61 >= 1.0)
6-2	2173008.217	430626.197	SI (2173008.217/430626.197 = 5.05 >= 1.0)	2419736.014	430629.214	SI (2419736.014/430629.214 = 5.62 >= 1.0)
6-3	2122496.312	406910.711	SI (2122496.312/406910.711 = 5.22 >= 1.0)	2369075.563	406924.421	SI (2369075.563/406924.421 = 5.82 >= 1.0)
6-4	2122095.062	406329.333	SI (2122095.062/406329.333 = 5.22 >= 1.0)	2368673.134	406342.705	SI (2368673.134/406342.705 = 5.83 >= 1.0)
7-1	2155915.317	423240.837	SI (2155915.317/423240.837 = 5.09 >= 1.0)	2402592.847	423248.209	SI (2402592.847/423248.209 = 5.68 >= 1.0)
7-2	2140747.736	416056.259	SI (2140747.736/416056.259 = 5.15 >= 1.0)	2387380.661	416066.738	SI (2387380.661/416066.738 = 5.74 >= 1.0)
7-3	2154728.57	421452.2	SI (2154728.57/421452.2 = 5.11 >= 1.0)	2401402.61	421458.447	SI (2401402.61/421458.447 = 5.70 >= 1.0)
7-4	2139497.061	414205.029	SI (2139497.061/414205.029 = 5.17 >= 1.0)	2386126.308	414214.383	SI (2386126.308/414214.383 = 5.76 >= 1.0)

Segue la tabella riassuntiva di tutte le verifiche di **capacità portante**, i dettagli sono riportati nei paragrafi successivi.

Caso	Cond. drenate			Cond. non drenate		
	$E_d$ [kN]	$R_d$ [kN]	Verifica	$E_d$ [kN]	$R_d$ [kN]	Verifica
1-1	102881.949	14854589.263	SI (14854589.263/102881.949 = 144.38 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
2-1	71238.606	16759162.258	SI (16759162.258/71238.606 = 235.25 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
2-2	71225.476	17220369.833	SI (17220369.833/71225.476 = 241.77 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
2-3	69192.676	17124492.509	SI (17124492.509/69192.676 = 247.49 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
2-4	69178.066	17367524.832	SI (17367524.832/69178.066 = 251.06 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
3-1	70539.766	16231159.636	SI (16231159.636/70539.766 = 230.10 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
3-2	69923.406	16332913.436	SI (16332913.436/69923.406 = 233.58 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
3-3	70490.786	17353822.078	SI (17353822.078/70490.786 = 246.19 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
3-4	69876.506	17398204.427	SI (17398204.427/69876.506 = 248.99 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
4-1	71342.386	16713300.236	SI (16713300.236/71342.386 = 234.27 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
4-2	71327.426	17216658.185	SI (17216658.185/71327.426 = 241.38 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		

4-3	69091.166	17114128.258	SI (17114128.258/69091.166 = 247.70 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
4-4	69075.076	17378713.262	SI (17378713.262/69075.076 = 251.59 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
5-1	70571.516	16135662.17	SI (16135662.17/70571.516 = 228.64 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
5-2	69895.646	16244887.546	SI (16244887.546/69895.646 = 232.42 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
5-3	70519.006	17363092.507	SI (17363092.507/70519.006 = 246.22 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
5-4	69843.366	17411896.786	SI (17411896.786/69843.366 = 249.30 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
6-1	70961.616	13254913.233	SI (13254913.233/70961.616 = 186.79 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
6-2	70951.226	13527569.431	SI (13527569.431/70951.226 = 190.66 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
6-3	69465.766	13466636.73	SI (13466636.73/69465.766 = 193.86 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
6-4	69453.966	13612472.193	SI (13612472.193/69453.966 = 195.99 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
7-1	70448.556	12951211.938	SI (12951211.938/70448.556 = 183.84 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
7-2	70002.506	13009322.833	SI (13009322.833/70002.506 = 185.84 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
7-3	70413.656	13605335.88	SI (13605335.88/70413.656 = 193.22 >= 1.0)	Verifica non richiesta.

7-4	69965.726	13630293.926	SI (13630293.926/69965.726 = 194.81 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
-----	-----------	--------------	--	-------------------------

Segue la tabella riassuntiva di tutte le verifiche di **resistenza a scorrimento**, i dettagli sono riportati nei paragrafi successivi.

Caso	Cond. drenate			Cond. non drenate		
	$E_d$ [kN]	$R_d$ [kN]	Verifica	$E_d$ [kN]	$R_d$ [kN]	Verifica
1-1	138.752	34141.232	SI (34141.232/138.752 = 246.06 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
2-1	347.532	24413.386	SI (24413.386/347.532 = 70.25 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
2-2	92.659	24535.796	SI (24535.796/92.659 = 264.80 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
2-3	212.883	24184.04	SI (24184.04/212.883 = 113.60 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
2-4	332.157	24301.171	SI (24301.171/332.157 = 73.16 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
3-1	791.673	24290.426	SI (24290.426/791.673 = 30.68 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
3-2	736.266	24215.902	SI (24215.902/736.266 = 32.89 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
3-3	677.869	24261.903	SI (24261.903/677.869 = 35.79 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
3-4	743	24166.702	SI (24166.702/743 = 32.53 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
4-1	379.416	24401.426	SI (24401.426/379.416 = 64.31 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
4-2	103.916	24414.422	SI (24414.422/103.916 = 234.94 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
4-3	226.286	24170.395	SI (24170.395/226.286 = 106.81 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
4-4	363.953	24261.717	SI (24261.717/363.953 = 66.66 >= 1.0)			Verifica non richiesta.
5-1	867.55	24283.118	SI (24283.118/867.55 = 28.00 >= 1.0)			Verifica non richiesta.

			= 27.99 >= 1.0)	
5-2	806.085	24192.47	SI (24192.47/806.085 = 30.01 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
5-3	747.619	24249.461	SI (24249.461/747.619 = 32.44 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
5-4	818.827	24139.616	SI (24139.616/818.827 = 29.48 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
6-1	262.94	24481.888	SI (24481.888/262.94 = 93.11 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
6-2	67.434	24820.585	SI (24820.585/67.434 = 368.07 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
6-3	177.199	24200.756	SI (24200.756/177.199 = 136.57 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
6-4	247.989	24397.083	SI (24397.083/247.989 = 98.38 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
7-1	588.068	24326.73	SI (24326.73/588.068 = 41.37 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
7-2	548.963	24296.115	SI (24296.115/548.963 = 44.26 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
7-3	490.911	24319.542	SI (24319.542/490.911 = 49.54 >= 1.0)	Verifica non richiesta.
7-4	539.649	24259.591	SI (24259.591/539.649 = 44.95 >= 1.0)	Verifica non richiesta.

### 3.1.2. Descrizione del metodo di calcolo

Il calcolo della capacità portante viene eseguito secondo la formula trinomia, considerando separatamente i contributi dovuti alla coesione, al sovraccarico laterale ed al peso del terreno. Per le verifiche in condizioni drenate, si utilizzano i coefficienti di capacità portante  $N_q$  (Prandtl, 1921),  $N_c$  (Reissner, 1924),  $N_\gamma$  (Vesic, 1973), i coefficienti correttivi dovuti alla forma della fondazione ( $s$ , Meyerhof, 1951 e 1963), all'approfondimento ( $d$ , Brinch Hansen, 1970), all'inclinazione del carico ( $i$ , Vesic, 1973), all'inclinazione del piano di posa ( $b$ , Vesic, 1973), all'inclinazione del piano campagna ( $g$ , Vesic, 1973), e all'azione sismica ( $h$  - Maugeri e Novità, 2004).

Nel caso di terreno eterogeneo (litologie differenti, presenza di falda), i parametri meccanici utilizzati nel calcolo sono ottenuti come media ponderata dei valori rinvenuti all'interno del cuneo di rottura.

La resistenza a scorrimento, viene ottenuta sommando i contributi del carico normale al piano di posa moltiplicato per il coefficiente d'attrito, e dell'area del piano di posa (eventualmente ridotta per carico verticale eccentrico) per l'adesione fondazione-terreno. In condizioni drenate, l'attrito fondazione terreno è assunto pari all'angolo di resistenza al taglio del terreno moltiplicato per il coefficiente 0.75, l'adesione fondazione terreno è trascurata (assunta pari a 0). Si considera il contributo della pressione del terreno a lato della fondazione. La resistenza laterale del terreno è assunta pari alla resistenza passiva disponibile moltiplicata per 0.50.

### 3.1.3. Descrizione della fondazione

La fondazione ha piano di posa rettangolare, con lato X di 43049.1 [mm], lato Y di 68208.4 [mm], e centro alla quota  $z = -5200$  [mm]. Il piano di posa è orizzontale.

### 3.1.4. Descrizione del terreno

La stratigrafia è eterogenea, presenta 3 strati							
n.	nome	$z_i$ [mm]	$z_f$ [mm]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\phi'$ [°]
1	UNITA' 1 - riporto eterogeneo	0	-8500	18	18	0	24
2	UNITA' 2 - ghiaia eterometrica	-8500	-19500	20	20	0	36
3	UNITA' 3 - sabbia grossolana	-19500	-39500	19	19	0	37
La stratigrafia contiene una falda							
n.		$z_i$ [mm]	$z_f$ [mm]	$\gamma_w$ [kN/m <sup>3</sup> ]			
1		-6360	-22500	9.8			

### 3.1.5. Verifiche in condizioni drenate

#### Sollecitazioni al piano di posa

Si riportano di seguito le componenti della sollecitazione applicata e la distanza del punto di applicazione dal centro del piano di posa della fondazione.

Rispetto al sistema di rif. globale:								
Caso	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]	dx [mm]	dy [mm]	dz [mm]
1-1	37.7969	133.5051	-102881.9495	-628851.1096	282239.4468	0	0	100
2-1	347.2033	15.1051	-71238.6058	-435715.0476	202222.0996	0	0	100
2-2	-92.064	10.4869	-71225.4758	-435020.7709	192915.552	0	0	100
2-3	144.0123	156.7785	-69192.6758	-402554.6744	191085.5422	0	0	100
2-4	-295.255	152.1604	-69178.0658	-401810.7121	181729.7035	0	0	100
3-1	788.565	70.0787	-70539.7658	-424982.1984	209214.272	0	0	100
3-2	727.6077	112.5807	-69923.4058	-414947.9916	205835.6683	0	0	100
3-3	-675.6594	54.6848	-70490.7858	-422494.6198	178075.7316	0	0	100
3-4	-736.6167	97.1868	-69876.5058	-412529.3213	174712.9246	0	0	100
4-1	379.3262	8.2524	-71342.3858	-437435.3631	203255.507	0	0	100
4-2	-103.8678	3.1724	-71327.4258	-436654.6362	193010.4756	0	0	100
4-3	155.8161	164.0931	-69091.1658	-400935.6114	190994.1874	0	0	100
4-4	-327.3779	159.0131	-69075.0758	-400116.8372	180701.4504	0	0	100
5-1	864.8241	68.7233	-70571.5158	-425557.6653	210911.9773	0	0	100
5-2	797.771	115.4755	-69895.6458	-414590.7309	207229.9844	0	0	100
5-3	-745.8227	51.79	-70519.0058	-422866.9133	176682.0992	0	0	100
5-4	-812.8758	98.5422	-69843.3658	-411907.3073	172982.9936	0	0	100
6-1	260.7927	33.5391	-70961.6158	-431159.976	199478.9472	0	0	100
6-2	-60.3117	30.1632	-70951.2258	-430626.1974	192660.2907	0	0	100
6-3	112.26	137.1023	-69465.7658	-406910.7109	191331.2123	0	0	100
6-4	-208.8444	133.7264	-69453.9658	-406329.3329	184476.0065	0	0	100
7-1	583.428	73.7247	-70448.5558	-423240.8369	204553.8081	0	0	100
7-2	538.8683	104.7937	-70002.5058	-416056.2586	202159.3202	0	0	100
7-3	-486.92	62.4718	-70413.6558	-421452.2002	181805.7559	0	0	100
7-4	-531.4797	93.5407	-69965.7258	-414205.0294	179366.0637	0	0	100
Rispetto al sistema di rif. locale (centro piano di posa):								
Caso	Hx [kN]	Hy [kN]	Vz [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]	dx [mm]	dy [mm]	dz [mm]
1-1	37.7969	133.5051	-102881.9495	-628864.4601	282243.2265	-	-	-
2-1	347.2033	15.1051	-71238.6058	-435716.5581	202256.8199	-	-	-
2-2	-92.064	10.4869	-71225.4758	-435021.8196	192906.3455	-	-	-
2-3	144.0123	156.7785	-69192.6758	-402570.3522	191099.9434	-	-	-
2-4	-295.255	152.1604	-69178.0658	-401825.9282	181700.178	-	-	-
3-1	788.565	70.0787	-70539.7658	-424989.2063	209293.1285	-	-	-
3-2	727.6077	112.5807	-69923.4058	-414959.2497	205908.4291	-	-	-
3-3	-675.6594	54.6848	-70490.7858	-422500.0883	178008.1656	-	-	-
3-4	-736.6167	97.1868	-69876.5058	-412539.04	174639.263	-	-	-
4-1	379.3262	8.2524	-71342.3858	-437436.1883	203293.4396	-	-	-
4-2	-103.8678	3.1724	-71327.4258	-436654.9534	193000.0888	-	-	-



4-3	155.8161	164.0931	-69091.1658	-400952.0207	191009.769	-	-	-
4-4	-327.3779	159.0131	-69075.0758	-400132.7385	180668.7126	-	-	-
5-1	864.8241	68.7233	-70571.5158	-425564.5376	210998.4597	-	-	-
5-2	797.771	115.4755	-69895.6458	-414602.2785	207309.7615	-	-	-
5-3	-745.8227	51.79	-70519.0058	-422872.0923	176607.517	-	-	-
5-4	-812.8758	98.5422	-69843.3658	-411917.1615	172901.706	-	-	-
6-1	260.7927	33.5391	-70961.6158	-431163.3299	199505.0265	-	-	-
6-2	-60.3117	30.1632	-70951.2258	-430629.2137	192654.2595	-	-	-
6-3	112.26	137.1023	-69465.7658	-406924.4212	191342.4383	-	-	-
6-4	-208.8444	133.7264	-69453.9658	-406342.7055	184455.1221	-	-	-
7-1	583.428	73.7247	-70448.5558	-423248.2093	204612.1509	-	-	-
7-2	538.8683	104.7937	-70002.5058	-416066.738	202213.207	-	-	-
7-3	-486.92	62.4718	-70413.6558	-421458.4474	181757.0639	-	-	-
7-4	-531.4797	93.5407	-69965.7258	-414214.3834	179312.9158	-	-	-

Le sollecitazioni applicate provocano un' eccentricità lungo X (max = 2989.9 [mm]) e lungo Y (max = 6131.5 [mm]), perciò le verifiche vengono eseguite sulla fondazione ridotta rettangolare.

Caso	ecc. X [mm]	ecc. Y [mm]	Asse B	Asse L
1-1	2743.4	6112.5	asse X	asse Y
2-1	2839.1	6116.3	asse X	asse Y
2-2	2708.4	6107.7	asse X	asse Y
2-3	2761.9	5818.1	asse X	asse Y
2-4	2626.6	5808.6	asse X	asse Y
3-1	2967	6024.8	asse X	asse Y
3-2	2944.8	5934.5	asse X	asse Y
3-3	2525.3	5993.7	asse X	asse Y
3-4	2499.3	5903.8	asse X	asse Y
4-1	2849.5	6131.5	asse X	asse Y
4-2	2705.8	6121.8	asse X	asse Y
4-3	2764.6	5803.2	asse X	asse Y
4-4	2615.5	5792.7	asse X	asse Y
5-1	2989.9	6030.3	asse X	asse Y
5-2	2966	5931.7	asse X	asse Y
5-3	2504.4	5996.6	asse X	asse Y
5-4	2475.6	5897.7	asse X	asse Y
6-1	2811.4	6076	asse X	asse Y
6-2	2715.3	6069.4	asse X	asse Y
6-3	2754.5	5857.9	asse X	asse Y
6-4	2655.8	5850.5	asse X	asse Y
7-1	2904.4	6007.9	asse X	asse Y
7-2	2888.7	5943.6	asse X	asse Y
7-3	2581.3	5985.5	asse X	asse Y
7-4	2562.9	5920.2	asse X	asse Y

## Capacità portante

Le seguenti tabelle elencano il valore dell'angolo di resistenza al taglio, del peso di volume alleggerito, della coesione efficace, del sovraccarico alleggerito, e dei fattori e coefficienti introdotti nel calcolo della capacità portante.

Caso	$\gamma_\phi$	$\gamma_\gamma$	$\phi$ [°]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$N_\gamma$	$s_\gamma$	$d_\gamma$	$i_{b\gamma}$	$i_{i\gamma}$	$b_\gamma$	$g_\gamma$	$h_\gamma$	$q'_{lim,\gamma}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1-1	1.00	1.00	34.2	12.7	42.52	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	12.497
2-1	-	-	34.2	12.7	42.43	1.24	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.90	10.982
2-2	-	-	34.2	12.7	42.55	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	11.24
2-3	-	-	34.2	12.7	42.50	1.24	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.90	11.075
2-4	-	-	34.2	12.7	42.63	1.24	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.90	11.171
3-1	-	-	34.2	12.6	42.30	1.24	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.90	10.629
3-2	-	-	34.2	12.6	42.33	1.24	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.90	10.654
3-3	-	-	34.3	12.7	42.72	1.24	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.90	11.186
3-4	-	-	34.3	12.7	42.74	1.24	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.90	11.164
4-1	-	-	34.2	12.7	42.42	1.24	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.90	10.961
4-2	-	-	34.2	12.7	42.55	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	11.242
4-3	-	-	34.2	12.7	42.50	1.24	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.90	11.063
4-4	-	-	34.2	12.7	42.64	1.24	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.90	11.166
5-1	-	-	34.2	12.6	42.28	1.24	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.90	10.574
5-2	-	-	34.2	12.6	42.31	1.23	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.90	10.6
5-3	-	-	34.3	12.7	42.74	1.24	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.90	11.182
5-4	-	-	34.3	12.7	42.77	1.24	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.90	11.159
6-1	-	-	34.2	12.7	42.45	1.24	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.90	11.039
6-2	-	-	34.2	12.7	42.54	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	11.234
6-3	-	-	34.2	12.7	42.51	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	11.108
6-4	-	-	34.2	12.7	42.60	1.24	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.90	11.184
7-1	-	-	34.2	12.6	42.36	1.24	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.90	10.78
7-2	-	-	34.2	12.6	42.38	1.24	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.90	10.798
7-3	-	-	34.2	12.7	42.67	1.24	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.90	11.195
7-4	-	-	34.2	12.7	42.68	1.24	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.90	11.179
Caso	$\gamma_c$	$c'$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$N_c$	$s_c$	$d_c$	$i_{bc}$	$i_{ic}$	$b_c$	$g_c$	$h_c$	$q'_{lim,c}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
1-1	1.00	0	43.01	1.48	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	-	0		
2-1	-	0	42.96	1.48	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
2-2	-	0	43.03	1.48	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
2-3	-	0	43.00	1.47	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
2-4	-	0	43.07	1.48	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
3-1	-	0	42.89	1.47	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
3-2	-	0	42.90	1.47	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
3-3	-	0	43.12	1.48	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
3-4	-	0	43.14	1.48	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
4-1	-	0	42.95	1.48	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
4-2	-	0	43.03	1.48	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
4-3	-	0	43.00	1.47	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0		
4-4	-	0	43.08	1.48	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0		

5-1	-	0	42.87	1.47	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0
5-2	-	0	42.89	1.47	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0
5-3	-	0	43.14	1.48	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0
5-4	-	0	43.15	1.48	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0
6-1	-	0	42.97	1.48	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0
6-2	-	0	43.02	1.48	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0
6-3	-	0	43.00	1.47	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0
6-4	-	0	43.05	1.48	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0
7-1	-	0	42.92	1.47	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0
7-2	-	0	42.93	1.47	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0
7-3	-	0	43.09	1.48	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0
7-4	-	0	43.10	1.48	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.95	0
Caso	$q'$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$N_q$	$s_q$	$d_q$	$i_{bq}$	$i_{iq}$	$b_q$	$g_q$	$h_q$	$q'_{lim,q}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
1-1	0.094	30.25	1.24	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	-	3.628	
2-1	0.094	30.20	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.364	
2-2	0.094	30.27	1.24	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	3.395	
2-3	0.094	30.24	1.24	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	3.37	
2-4	0.094	30.31	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.37	
3-1	0.094	30.14	1.24	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.93	3.313	
3-2	0.094	30.15	1.24	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.93	3.314	
3-3	0.094	30.37	1.24	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.93	3.361	
3-4	0.094	30.38	1.24	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.93	3.353	
4-1	0.094	30.20	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.362	
4-2	0.094	30.27	1.24	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	3.396	
4-3	0.094	30.24	1.24	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	3.368	
4-4	0.094	30.32	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.368	
5-1	0.094	30.12	1.24	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.93	3.305	
5-2	0.094	30.14	1.23	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.93	3.307	
5-3	0.094	30.38	1.24	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.93	3.358	
5-4	0.094	30.39	1.24	1.04	0.98	1.00	1.00	1.00	0.93	3.349	
6-1	0.094	30.22	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.371	
6-2	0.094	30.27	1.24	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	3.395	
6-3	0.094	30.25	1.24	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	3.375	
6-4	0.094	30.30	1.24	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	3.376	
7-1	0.094	30.17	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.333	
7-2	0.094	30.18	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.334	
7-3	0.094	30.34	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.37	
7-4	0.094	30.35	1.24	1.04	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	3.364	

Segue il confronto fra la pressione limite ed applicata.

Caso	$\gamma_{R,v}$	$q'_{lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	A [m <sup>2</sup> ]	$R_d$ [kN]	$E_d$ [kN]	Verifica
1-1	2.30	7.064	2102.870202	14854589.263	102881.949	SI (14854589.263/102881.949 = 144.38 >= 1.0)
2-1	1.80	8.012	2091.861458	16759162.258	71238.606	SI (16759162.258/71238.606 = 235.25 >= 1.0)
2-2	1.80	8.172	2107.149146	17220369.833	71225.476	SI (17220369.833/71225.476 = 241.77 >= 1.0)
2-3	1.80	8.067	2122.894177	17124492.509	69192.676	SI (17124492.509/69192.676 = 247.49 >= 1.0)
2-4	1.80	8.12	2138.922563	17367524.832	69178.066	SI (17367524.832/69178.066 = 251.06 >= 1.0)
3-1	1.80	7.787	2084.336038	16231159.636	70539.766	SI (16231159.636/70539.766 = 230.10 >= 1.0)
3-2	1.80	7.802	2093.548926	16332913.436	69923.406	SI (16332913.436/69923.406 = 233.58 >= 1.0)
3-3	1.80	8.123	2136.318275	17353822.078	70490.786	SI (17353822.078/70490.786 = 246.19 >= 1.0)
3-4	1.80	8.107	2146.081806	17398204.427	69876.506	SI (17398204.427/69876.506 = 248.99 >= 1.0)
4-1	1.80	7.998	2089.561202	16713300.236	71342.386	SI (16713300.236/71342.386 = 234.27 >= 1.0)
4-2	1.80	8.174	2106.369106	17216658.185	71327.426	SI (17216658.185/71327.426 = 241.38 >= 1.0)
4-3	1.80	8.059	2123.698956	17114128.258	69091.166	SI (17114128.258/69091.166 = 247.72 >= 1.0)

						1.166 = 247.70 >= 1.0)
4-4	1.80	8.116	2141.368391	17378713.262	69075.076	SI (17378713.262/69075.076 = 251.59 >= 1.0)
5-1	1.80	7.752	2081.368402	16135662.17	70571.516	SI (16135662.17/70571.516 = 228.64 >= 1.0)
5-2	1.80	7.768	2091.362213	16244887.546	69895.646	SI (16244887.546/69895.646 = 232.42 >= 1.0)
5-3	1.80	8.119	2138.446368	17363092.507	70519.006	SI (17363092.507/70519.006 = 246.22 >= 1.0)
5-4	1.80	8.101	2149.219297	17411896.786	69843.366	SI (17411896.786/69843.366 = 249.30 >= 1.0)
6-1	2.30	6.318	2097.977947	13254913.233	70961.616	SI (13254913.233/70961.616 = 186.79 >= 1.0)
6-2	2.30	6.413	2109.256393	13527569.431	70951.226	SI (13527569.431/70951.226 = 190.66 >= 1.0)
6-3	2.30	6.35	2120.738993	13466636.73	69465.766	SI (13466636.73/69465.766 = 193.86 >= 1.0)
6-4	2.30	6.383	2132.447186	13612472.193	69453.966	SI (13612472.193/69453.966 = 195.99 >= 1.0)
7-1	2.30	6.189	2092.627224	12951211.938	70448.556	SI (12951211.938/70448.556 = 183.84 >= 1.0)
7-2	2.30	6.197	2099.192383	13009322.833	70002.506	SI (13009322.833/70002.506 = 185.84 >= 1.0)
7-3	2.30	6.386	2130.64415	13605335.88	70413.656	SI (13605335.88/70413.656 = 193.22 >= 1.0)
7-4	2.30	6.376	2137.661109	13630293.926	69965.726	SI (13630293.926/69965.726 = 194.84 >= 1.0)

						5.726 = 194.81 >= 1.0)
--	--	--	--	--	--	---------------------------

## Scorrimento

Le seguenti tabelle elencano il valore dell'angolo di resistenza al taglio, della coesione efficace, dell'attrito e dell'aderenza fondazione-terreno, e della resistenza disponibile sul piano di posa e sulle pareti laterali.

Caso	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\phi$ [°]	$c'$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\delta$ [°]	$a$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_{R,h}$	$\gamma_{R,e}$	$R_h$ [kN]	$R_e$ [kN]
1-1	1.00	1.00	24	0	18	0	1.10	1.00	30389.4289	3751.8033
2-1	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	21042.5692	3370.8168
2-2	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	21038.6909	3497.1054
2-3	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20438.2393	3745.8006
2-4	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20433.9237	3867.2472
3-1	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20836.1448	3454.2809
3-2	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20654.0834	3561.8184
3-3	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20821.677	3440.2258
3-4	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20640.23	3526.4719
4-1	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	21073.2239	3328.2024
4-2	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	21068.805	3345.6168
4-3	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20408.2551	3762.1403
4-4	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20403.5024	3858.2141
5-1	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20845.5231	3437.5952
5-2	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20645.8836	3546.5862
5-3	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20830.0127	3419.4488
5-4	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20630.4411	3509.1747
6-1	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20960.7515	3521.137
6-2	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20957.6825	3862.9026
6-3	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20518.905	3681.8507
6-4	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20515.4195	3881.6633
7-1	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20809.203	3517.5274
7-2	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20677.4481	3618.6665
7-3	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20798.8942	3520.6473
7-4	-	-	24	0	18	0	1.10	1.30	20666.584	3593.0072

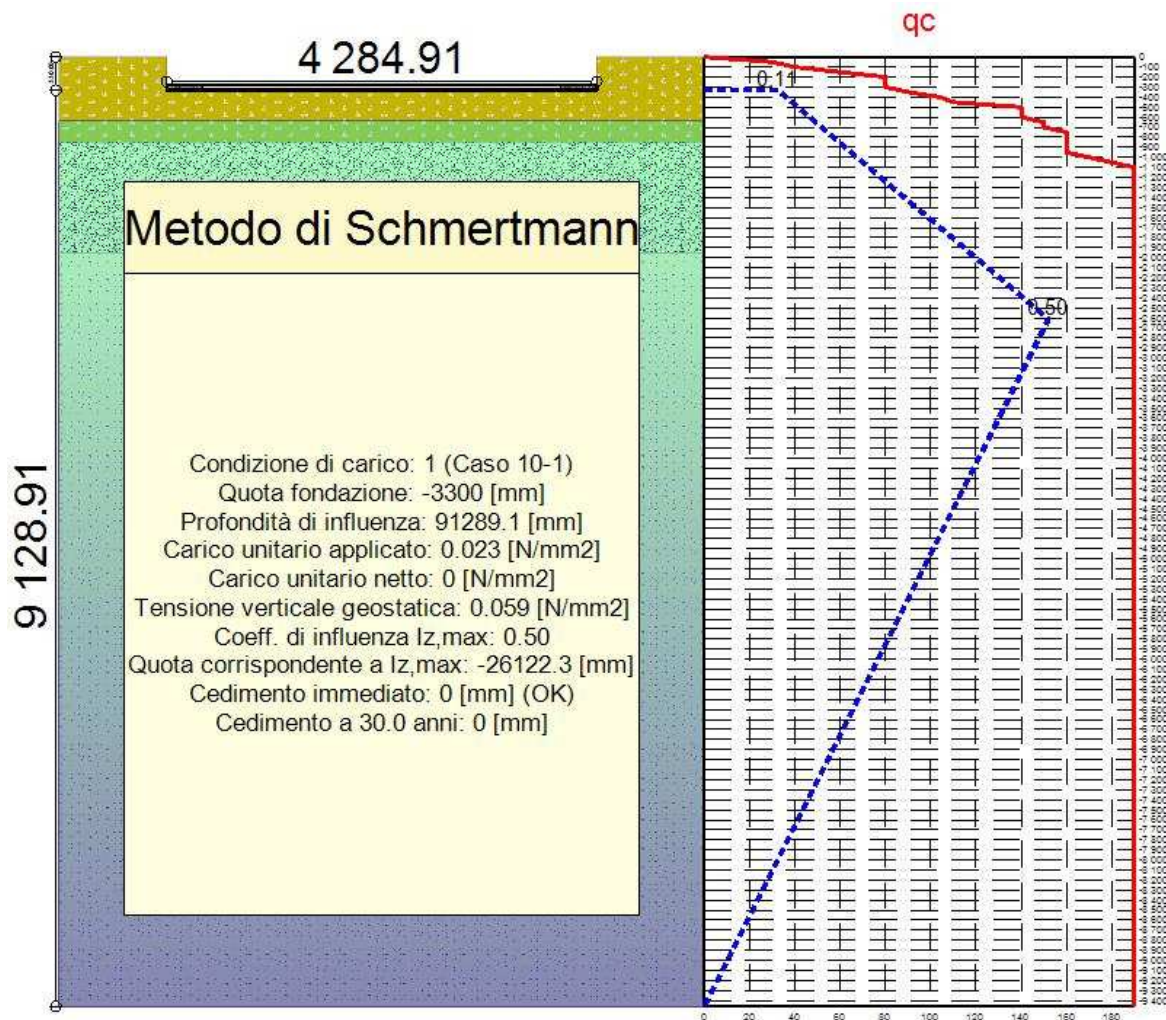
Segue il confronto fra la resistenza a scorrimento e l'azione applicata.

Caso	$R_d$ [kN]	$E_d$ [kN]	Verifica
1-1	34141.232	138.752	SI (34141.232/138.752 = 246.06 >= 1.0)
2-1	24413.386	347.532	SI (24413.386/347.532 = 70.25 >= 1.0)
2-2	24535.796	92.659	SI (24535.796/92.659 = 264.80 >= 1.0)
2-3	24184.04	212.883	SI (24184.04/212.883 = 113.60 >= 1.0)
2-4	24301.171	332.157	SI (24301.171/332.157 = 73.16 >= 1.0)
3-1	24290.426	791.673	SI (24290.426/791.673 = 30.68 >= 1.0)
3-2	24215.902	736.266	SI (24215.902/736.266 = 32.89 >= 1.0)

3-3	24261.903	677.869	SI (24261.903/677.869 = 35.79 >= 1.0)
3-4	24166.702	743	SI (24166.702/743 = 32.53 >= 1.0)
4-1	24401.426	379.416	SI (24401.426/379.416 = 64.31 >= 1.0)
4-2	24414.422	103.916	SI (24414.422/103.916 = 234.94 >= 1.0)
4-3	24170.395	226.286	SI (24170.395/226.286 = 106.81 >= 1.0)
4-4	24261.717	363.953	SI (24261.717/363.953 = 66.66 >= 1.0)
5-1	24283.118	867.55	SI (24283.118/867.55 = 27.99 >= 1.0)
5-2	24192.47	806.085	SI (24192.47/806.085 = 30.01 >= 1.0)
5-3	24249.461	747.619	SI (24249.461/747.619 = 32.44 >= 1.0)
5-4	24139.616	818.827	SI (24139.616/818.827 = 29.48 >= 1.0)
6-1	24481.888	262.94	SI (24481.888/262.94 = 93.11 >= 1.0)
6-2	24820.585	67.434	SI (24820.585/67.434 = 368.07 >= 1.0)
6-3	24200.756	177.199	SI (24200.756/177.199 = 136.57 >= 1.0)
6-4	24397.083	247.989	SI (24397.083/247.989 = 98.38 >= 1.0)
7-1	24326.73	588.068	SI (24326.73/588.068 = 41.37 >= 1.0)
7-2	24296.115	548.963	SI (24296.115/548.963 = 44.26 >= 1.0)
7-3	24319.542	490.911	SI (24319.542/490.911 = 49.54 >= 1.0)
7-4	24259.591	539.649	SI (24259.591/539.649 = 44.95 >= 1.0)



### 3.2. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI



Rappresentazione della fondazione.

#### 3.2.1. Descrizione del metodo di calcolo.

Viene valutato il cedimento di una fondazione nastriforme su suolo sabbioso, utilizzando il metodo di seguito descritto. Il metodo di Schmertmann (1970, 1978), utilizza i dati raccolti con una prova CPT. La deformazione verticale del terreno, entro la profondità di influenza al di sotto della base della fondazione, viene calcolata utilizzando il carico netto applicato ed un indice di influenza, funzione delle dimensioni della fondazione e della resistenza alla punta alla quota di interesse. Il cedimento totale è calcolato discretizzando la profondità di influenza in strati di 50 [mm] e sommando i cedimenti parziali ottenuti.

Si verifica che il cedimento immediato sia minore di 40 [mm], e che il cedimento a lungo termine sia minore di 50 [mm].

### 3.2.2. Descrizione della fondazione.

#### Fondazione

La fondazione ha forma rettangolare, con base  $B = 42849.1$  [mm] e lunghezza  $L = 68008.4$  [mm]. Il piano di posa è approfondito di 3300 [mm].

#### Terreno

La stratigrafia è eterogenea, presenta 3 strati						
n.	nome	$z_i$ [mm]	$z_r$ [mm]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	OCR
1	UNITA' 1 - riporto eterogeneo	0	-8500	18	18	1.00
2	UNITA' 2 - ghiaia eterometrica	-8500	-19500	20	20	1.00
3	UNITA' 3 - sabbia grossolana	-19500	-39500	19	19	1.00
La stratigrafia contiene una falda						
n.		$z_i$ [mm]	$z_r$ [mm]	$\gamma_w$ [kN/m <sup>3</sup> ]		
1		-6360	-22500	9.8		

### 3.2.3. Prove penetrometriche

Segue la tabella dei risultati della prova penetrometrica statica utilizzati nei calcoli.

$z$ [mm]	$q_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]
0	0
-500	3
-1000	4
-1500	6
-2000	8
-2500	8
-3000	8
-3500	9
-4000	10.4
-4500	11
-5000	14
-5500	14
-6000	14
-6500	15
-7000	15
-7500	16
-8000	16
-8500	16
-9000	16
-9500	16
-10000	17
-11000	19
-12000	19

### 3.2.4. Risultati

#### Sollecitazioni

Il calcolo è stato eseguito considerando le seguenti condizioni di carico, costituite da una sollecitazione di sforzo normale, applicata alla fondazione in corrispondenza del centro della base.

Numero	Nome	N [kN]
1	Caso 10-1	68437.11
2	Caso 12-1	63159.39

#### Cedimenti

Segue l'elenco dei cedimenti corrispondenti a ciascuna condizione di carico. I cedimenti differiti sono calcolati per un tempo di 30.0 anni.

Cond. di carico	Ced. immediato [mm]	Ver.	Ced. differito [mm]	Ver.
1) Caso 10-1 (Schmer.)	0	SI	0	-
2) Caso 12-1 (Schmer.)	0	-	0	SI

$$w = C_1 C_2 \Delta q \sum (\Delta z I_z / E)_i$$

Per tenere conto della sovraconsolidazione del terreno ( $OCR = 1.0$ ), il cedimento  $w$  viene diviso per 2.00.

Il sovraccarico trasmesso dalla fondazione non provoca cedimenti.

#### **4. CONCLUSIONI**

In base ai calcoli sopra riportati si può concludere che la struttura in oggetto risulta verificata.

Il Progettista  
Dott. Ing. Gianfranco Patta

Torino, 30 settembre 2019