

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

### U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

### PROGETTO DEFINITIVO

## RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

### Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

VI02 – Viadotto Alcantara

Relazione di calcolo opere provvisionali – Parte 1 di 2

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS2S 01 D 09 CL VI0203 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Aut. Ing. e Gest. Variante
A	Emissione Esecutiva	A. Ingletti 	Gennaio 2018	L. Utzeri 	Gennaio 2018	P. Carlesimo 	Gennaio 2018	Aut. Ing. e Gest. Variante del 2018 Ing. Angelo Vitozzi Ingegnere della Provincia di Roma N° 420785 ITALFERR S.p.A.

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO .....	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	5
3.1	ACCIAIO .....	5
3.1.1	<i>Acciaio per armatura strutture in c.a.</i> .....	5
3.1.2	<i>Profilati e piastre metalliche</i> .....	5
3.2	CALCESTRUZZO .....	5
3.2.1	<i>Calcestruzzo magro per getti di livellamento</i> .....	5
3.2.2	<i>Calcestruzzo pali, diaframmi di fondazione, cordoli opere provvisionali</i> .....	5
4	DESCRIZIONE DELL’OPERA .....	7
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	9
5.1	TERRENO .....	9
5.2	JET GROUTING .....	9
6	ANALISI DELL’INTERAZIONE PARATIA-TERRENO .....	9
7	CRITERI DI VERIFICA.....	10
8	ANALISI DELLE OPERE PROVVISORIALI .....	13
8.1	DESCRIZIONE DELL’OPERA .....	13
8.1.1	<i>Sezione P4</i> .....	13
8.1.2	<i>Sezione P6</i> .....	14
8.2	SCHEMA E FASI DI CALCOLO .....	16
8.2.1	<i>Sezione P4</i> .....	16

8.2.2	Sezione P6 .....	20
9	RISULTATI E VERIFICHE PARATIA .....	25
9.1	SEZIONE P4.....	25
9.1.1	RISULTATI (combinazione nominal):.....	25
9.1.2	RISULTATI E VERIFICHE SLU STR PARATIA DI PALI (combinazione AI+MI+RI):.....	26
9.1.3	VERIFICA SLU GEO PARATIA DI PALI (combinazione A2+M2+RI).....	32
9.1.4	VERIFICA SLU UPL.....	32
9.1.5	INCIDENZA PALI.....	34
9.2	SEZIONE P6.....	35
9.2.1	RISULTATI (combinazione nominal):.....	35
9.2.2	RISULTATI E VERIFICHE SLU STR PARATIA DI PALI (combinazione AI+MI+RI):.....	36
9.2.3	VERIFICA SLU GEO PARATIA DI PALI (combinazione A2+M2+RI).....	42
9.2.4	VERIFICA SLU STRU PUNTONE (combinazione AI+MI+RI) .....	42
9.2.5	VERIFICA SLU STRU TRAVE DI RIPARTIZIONE (combinazione AI+MI+RI) .....	45
9.2.6	VERIFICA SLU UPL.....	47
9.2.7	INCIDENZA PALI.....	48

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b>					
	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO</b>					
<b>LOTTO 1: Fiumefreddo – Taormina/Letojanni</b>						
<b>U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI</b> <b>VI02 – Viadotto Alcantara - Relazione di calcolo opere</b> <b>provvisionali – Parte 1 di 2</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS2S	01 D 09	CL	VI0203 004	A	4 di 4

## 1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo delle opere provvisionali si riferisce alla progettazione definitiva del Lotto 1 della Linea Ferroviaria Messina-Catania-Palermo nella tratta Fiumefreddo-Giampilieri, avente uno sviluppo complessivo di circa 42 km. La relazione è relativa al viadotto Alcantara, avente una lunghezza di circa 938 m (VI02).

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Decreto Ministeriale del 14/01/2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04/02/2008, Supplemento Ordinario n.30.
- Circolare 01/02/2009, n.617 – Istruzione per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008.
- DM 06/05/2008 – “Integrazione al DM 14/01/2008 di approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- RFI DTC SI MA IFS 001 A – “Manuale di progettazione delle opere civili”
- RFI DTC SI SP IFS 001 A – “Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili”
- UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### 2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti elaborati:

- RS2S01D78RHOC0005002B - Relazione geotecnica generale 2/3
- RS2S01D78F6OC0005002B - Profilo longitudinale geotecnico - Tav.2/3
- RS2S01D09CLVI0203005A – Relazione di calcolo opere provvisionali – Parte 2 di 2.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

#### 3.1 Acciaio

##### 3.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} \geq 540$  MPa
- tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} \geq 450$  MPa
- allungamento caratteristico:  $\geq 7.5$  %
- rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:  $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

##### 3.1.2 Profilati e piastre metalliche

- Acciaio tipo: EN 10025-S275 JR
- Tensione di rottura a trazione:  $f_{tk} \geq 430$  MPa
- Tensione di snervamento:  $f_{yk} \geq 275$  MPa

#### 3.2 Calcestruzzo

##### 3.2.1 Calcestruzzo magro per getti di livellamento

- Classe di resistenza: C12/15
- classe di esposizione: X0

##### 3.2.2 Calcestruzzo pali, diaframmi di fondazione, cordoli opere provvisionali

- Classe di resistenza: C25/30

- classe di esposizione: XC2
- classe di consistenza: S4
- dimensione massima dell'inerte:  $D_{\max} = 32 \text{ mm}$
- copriferro minimo:  $c_{f,\min} \geq 60 \text{ mm}$

#### 4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione di calcolo tratta delle analisi delle sollecitazioni e delle verifiche di resistenza delle opere provvisionali previste per i lavori di realizzazione del viadotto. In particolare sono studiate le opere provvisionali previste in corrispondenza delle pile P4, P6, P8 (la verifica della sezione P8 è riportata nella Relazione di calcolo opere provvisionali - Parte 2 di 2). Tali sezioni sono state considerate le più gravose per la loro tipologia e per questo motivo sono oggetto di studio, in termini di verifiche geotecniche e strutturali, nella relazione corrente.

In Figura 1 è rappresentata la sezione P4 costituita da una paratia di pali  $\Phi 600$  di lunghezza pari a  $L=11$  m, posti ad interasse  $i=0.8$ m.

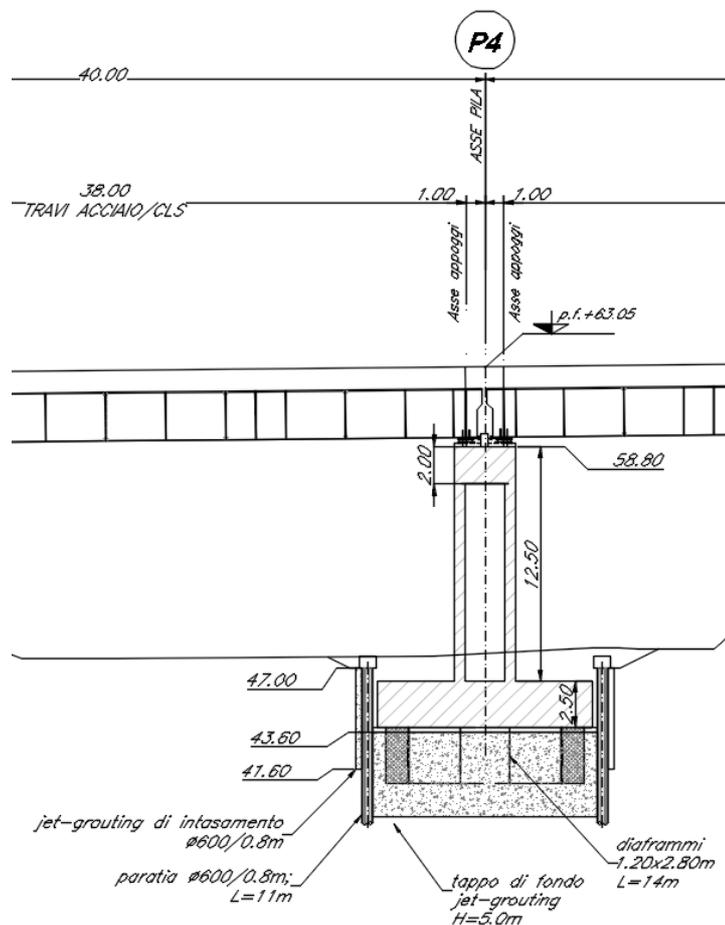


Figura 1

In Figura 2 è rappresentata la sezione P6 costituita da una paratia di pali  $\Phi 600$  di lunghezza pari a  $L=11$  m, posti ad interasse  $i=0.8$  m, sostenuta da un livello di puntoni.

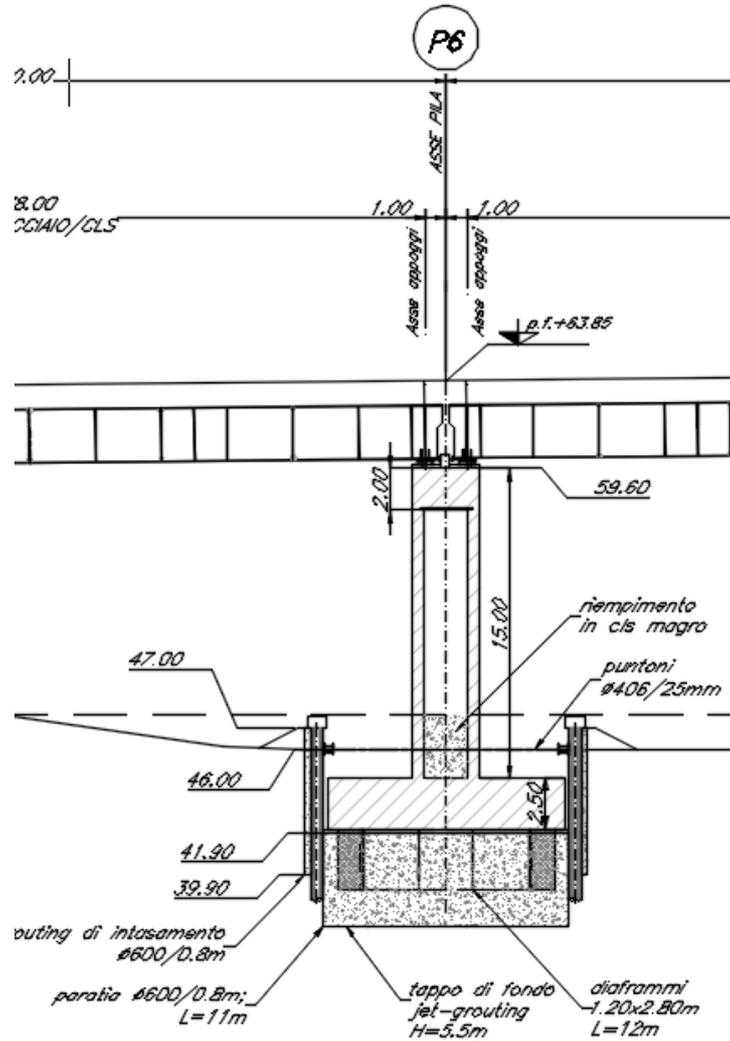


Figura 2

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO</b> <b>LOTTO 1: Fiumefreddo – Taormina/Letojanni</b>					
	<b>U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI</b> <b>VI02 – Viadotto Alcantara - Relazione di calcolo opere</b> <b>provvisionali – Parte 1 di 2</b>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>01 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0203 004</b>	REV. <b>A</b>

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 Terreno

Per quanto riguarda la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni presenti in corrispondenza del viadotto si rimanda alla relazione geotecnica generale 2/3.

Dall'insieme dei dati forniti dalle indagini, per la tratta interessata dal viadotto in oggetto, le opere sono interessate dalle unità litologiche riportate in Tabella 1.

Tipologia	$\gamma$	$c'$	$\varphi'$	E	k
	kN/m <sup>3</sup>	kPa	°	MPa	m/s
Basalti	25.5	50	45	1540	10 <sup>-7</sup>
Alluvioni	18.5	0	35	32.5	10 <sup>-3</sup>

Tabella 1

Per quanto concerne la falda, nella zona in esame il livello è a quota 41 m slm circa, come si evince dal profilo geotecnico di riferimento. Per il dimensionamento delle opere provvisionali, il livello è stato posto a testa paratia.

### 5.2 Jet grouting

Per il jet grouting sono state assunte le seguenti caratteristiche:

- $c' = 100$  kPa
- $\varphi' = 35^\circ$
- $E = 212.5$  MPa (5 volte il terreno in posto)

## 6 ANALISI DELL'INTERAZIONE PARATIA-TERRENO

Al fine di rappresentare il comportamento delle paratie durante le varie fasi di lavoro (scavi e/o eventuale inserimento degli elementi di contrasto), è necessario l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

Allo scopo si impiega il codice di calcolo "PARATIE PLUS" Versione 17.0 della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b>					
	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO</b> <b>LOTTO 1: Fiumefreddo – Taormina/Letojanni</b>					
<b>U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI</b> <b>VI02 – Viadotto Alcantara - Relazione di calcolo opere</b> <b>provvisionali – Parte 1 di 2</b>	COMMESSA RS2S	LOTTO 01 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0203 004	REV. A	FOGLIO 10 di 10

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatica, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".

Con tale metodologia, si può quindi seguire analiticamente la successione delle fasi di costruzione, di carico e di contrasto, consentendo di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle deformazioni e sugli effetti che esse inducono sul diagramma delle pressioni esercitate dal terreno sulla paratia.

Il metodo sopra esposto è sicuramente valido per il calcolo delle sollecitazioni all'interno della struttura che, come noto (cfr. [Becci & Nova, 1987], [Dhouib, 1995]), sono praticamente indipendenti dalla rigidità delle molle che simulano il terreno. Permangono le limitazioni intrinseche al metodo ed in particolare quella di non permettere la determinazione degli spostamenti del piano campagna.

## 7 CRITERI DI VERIFICA

Seguendo le prescrizioni contenute nelle Norme tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008) per il dimensionamento delle paratie, si è assicurato che sia verificata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

### SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;

- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;

#### **SLU di tipo strutturale (STR)**

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Le verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

- C1 : (A1+M1+R1)
- C2 : (A2+ M2+R1)

La circolare 02.02.2009 n.617 chiarisce:

- Verifiche STRU: C1
- Verifiche GEO: C2

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio1:

- C2 : (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.

Le azioni di progetto Ed sono quindi state ottenute applicando i coefficienti A1 e A2 riportati in Tabella 6.2.I (NTC2008) alle azioni caratteristiche.

La resistenza di progetto Rd è stata ottenuta applicando i coefficienti parziali M1 e M2 di Tabella 6.2.II ai parametri del terreno, ed i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nella Tabella 6.5.I alle resistenze.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\psi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_r$	1,0	1,0

**Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

**Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.**

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1,1

Per le verifiche delle membrature in acciaio si è fatto riferimento ai fattori parziali di Tabella 4.2.V.

**Tabella 4.2.V Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità**

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO</b> <b>LOTTO 1: Fiumefreddo – Taormina/Letojanni</b>					
<b>U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI</b> <b>VI02 – Viadotto Alcantara - Relazione di calcolo opere</b> <b>provvisoriale – Parte 1 di 2</b>	COMMESSA RS2S	LOTTO 01 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0203 004	REV. A	FOGLIO 13 di 13

Per acciaio da armatura o in trefoli si è adottato un coefficiente  $\gamma_M = 1.15$ .

Le verifiche sismiche sono state omesse poiché le opere oggetto di studio sono opere provvisorie con durata prevista inferiore a due anni.

## 8 ANALISI DELLE OPERE PROVVISORIALI

### 8.1 Descrizione dell'opera

#### 8.1.1 Sezione P4

Paratia di pali:

$D_p = 600$  mm                      diametro di perforazione

$i = 0.80$  m                        interasse longitudinale tra i pali

$L = 11.0$  m                        lunghezza del palo

Armatura longitudinale B450C:

$\phi = 16$  mm                        diametro armatura longitudinale

$n = 12$                               numero barre

Armatura trasversale B450C:

$\phi = 8$  mm                        diametro armatura trasversale

$s = 0.25$  m                        passo equivalente dell'elica

La Figura 3 mostra la pianta dello scavo della sezione P4

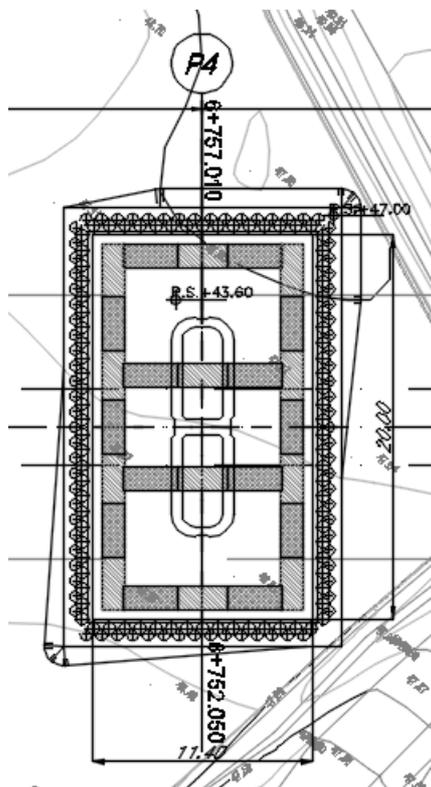


Figura 3

### 8.1.2 Sezione P6

#### Paratia di pali:

$D_p = 600 \text{ mm}$  diametro di perforazione

$i = 0.80 \text{ m}$  interasse longitudinale tra i pali

$L = 11.0 \text{ m}$  lunghezza del palo

#### Armatura longitudinale B450C:

$\phi = 16 \text{ mm}$  diametro armatura longitudinale

$n = 12$  numero barre

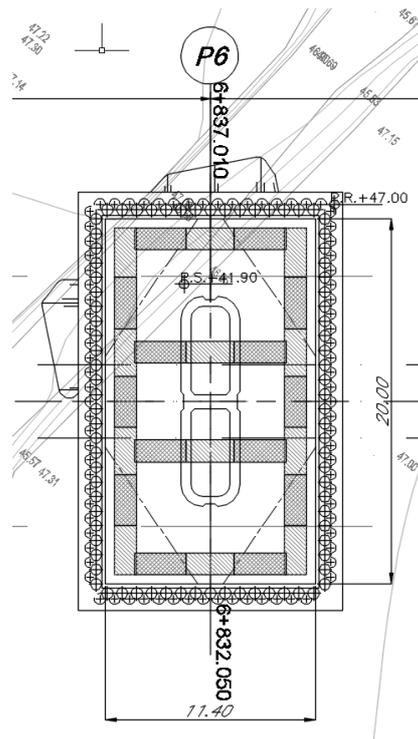
#### Armatura trasversale B450C:

$\phi = 8 \text{ mm}$  diametro armatura trasversale

s = 0.25 m

passo equivalente elica

La Figura 4 mostra la pianta dello scavo della sezione P6.



**Figura 4**

I puntone sono sezioni circolari cave in acciaio (S275) aventi  $\Phi 406.5$  s=30mm inclinati di  $33^\circ$ .

La rigidità del puntone è stata valutata tramite una modellazione agli elementi finiti in ambiente SAP2000 . Alla trave di ripartizione è stato applicato un carico uniformemente distribuito di 1 KN/m e si è mediato lo spostamento in corrispondenza della mezziera della trave di ripartizione del punto medio (sempre sulla trave di ripartizione) tra appoggio e collegamento trave/puntone =  $5.5 \cdot 10^{-4}$  m. Tramite la formula  $k = \frac{1}{u}$  si valuta la rigidità  $k \approx 18000$  kN/m da applicare alle molle nel modello in Paratie Plus. La Figura 5 mostra lo schema statico utilizzato in SAP2000:

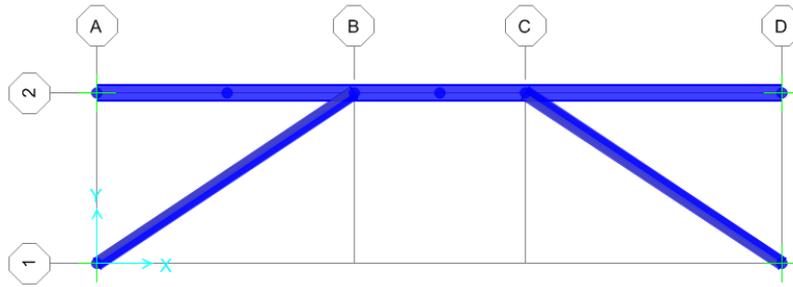
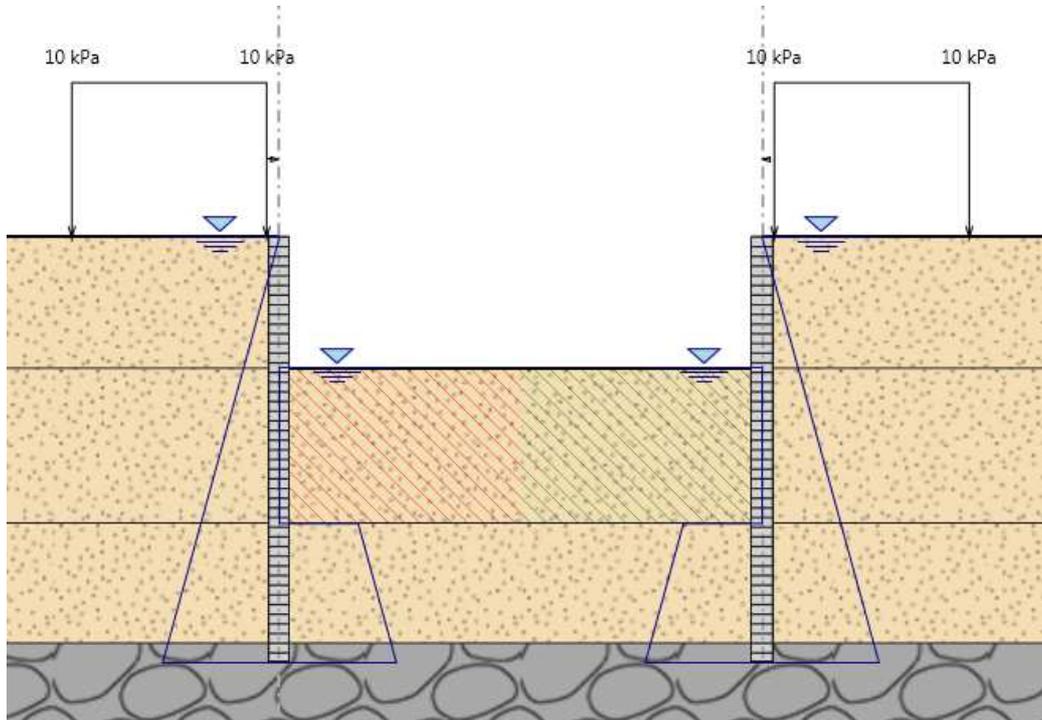


Figura 5

## 8.2 Schema e fasi di calcolo

### 8.2.1 Sezione P4

#### GEOMETRIA SEZIONE P4



Tipo paratia: **Paratia di pali destra e sinistra**

Altezza fuori terra	3.4	[m]
Profondità di infissione	7.6	[m]
Altezza totale della paratia	11	[m]
Numero di file di pali	1	[m]

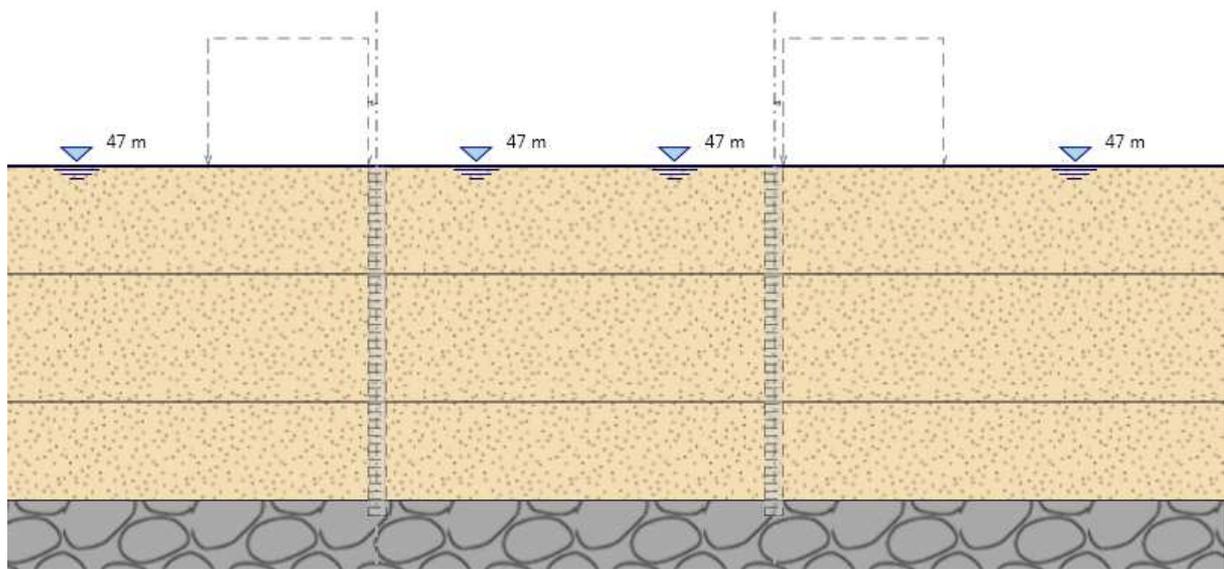
La massima altezza di scavo è di 3.4 m.

Nel calcolo si è tenuto conto del carico accidentale dovuto ai mezzi di cantiere  $q_{acc} = 10.0 \text{ kN/m}^2$  uniformemente distribuito su un'area di impronta di 5.0 m posto in prossimità dell'estradosso della paratia.

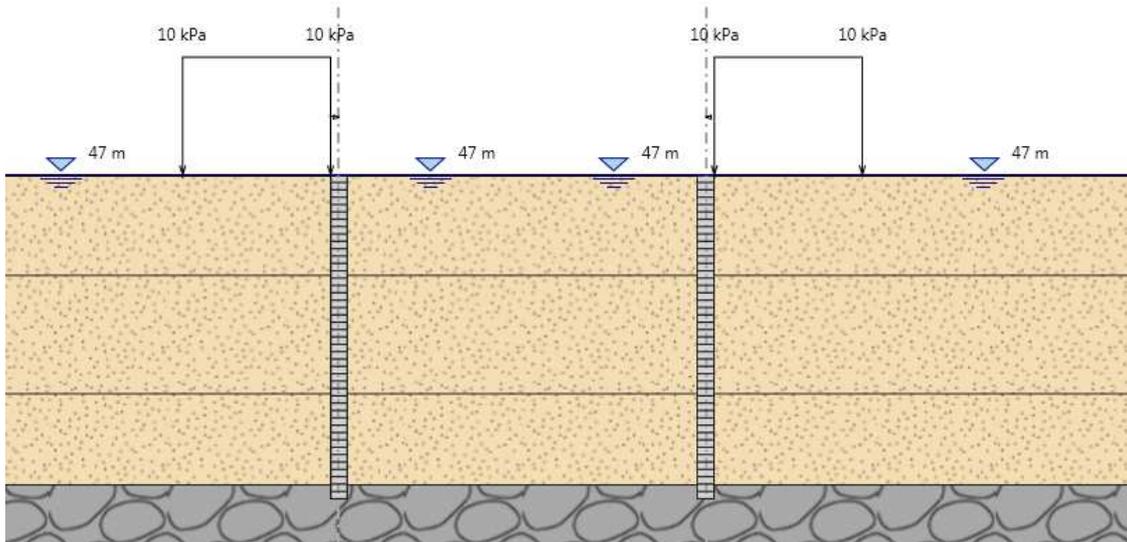
Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione.

**Fasi di calcolo:**

**FASE 0**



FASE 1



Nome: Pali\_D\_06\_m

Inerzia Equivalente: 0.008 m<sup>4</sup>/m

Area Equivalente: 0.3534 m

Mat. omogeneizzazione: C25/30

Da utilizzare per:

- Muri
- Solette (specificare il Dead Load: 5 kN/m)
- Puntelli
- Puntoni

Geometria e materiali

Custom

Materiale: Inerzia m<sup>4</sup>/m Area m<sup>2</sup>/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale: C25/30

Spessore Ct: 0 m

Diametro Cd: 0.6 m

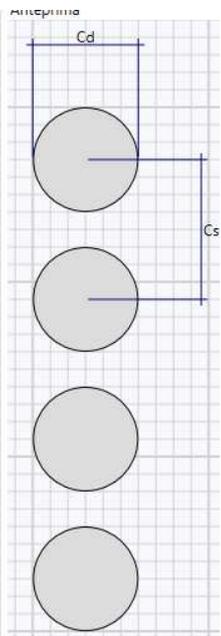
Passo Cs: 0.8 m

Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]: ac 1

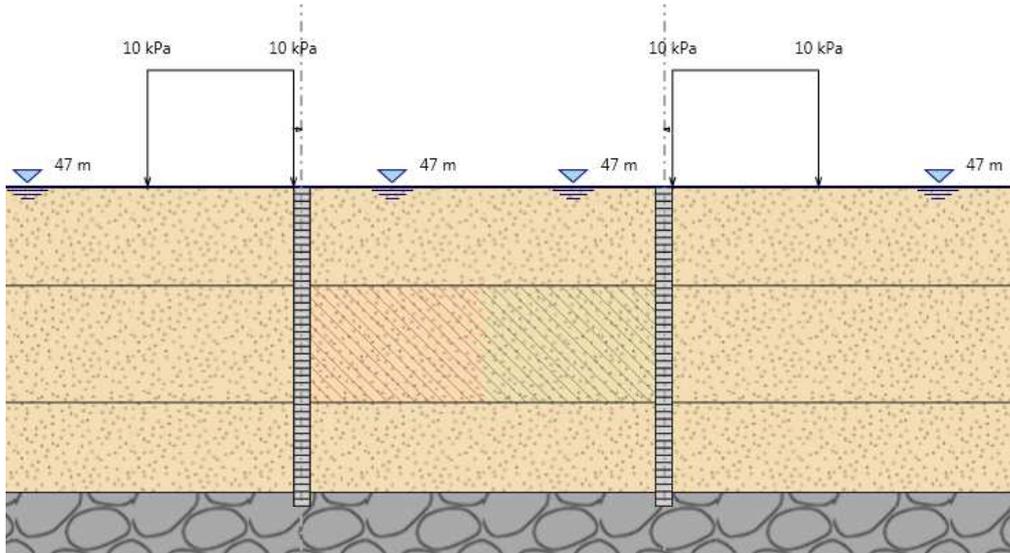
Acciaio

Materiale: Fe360

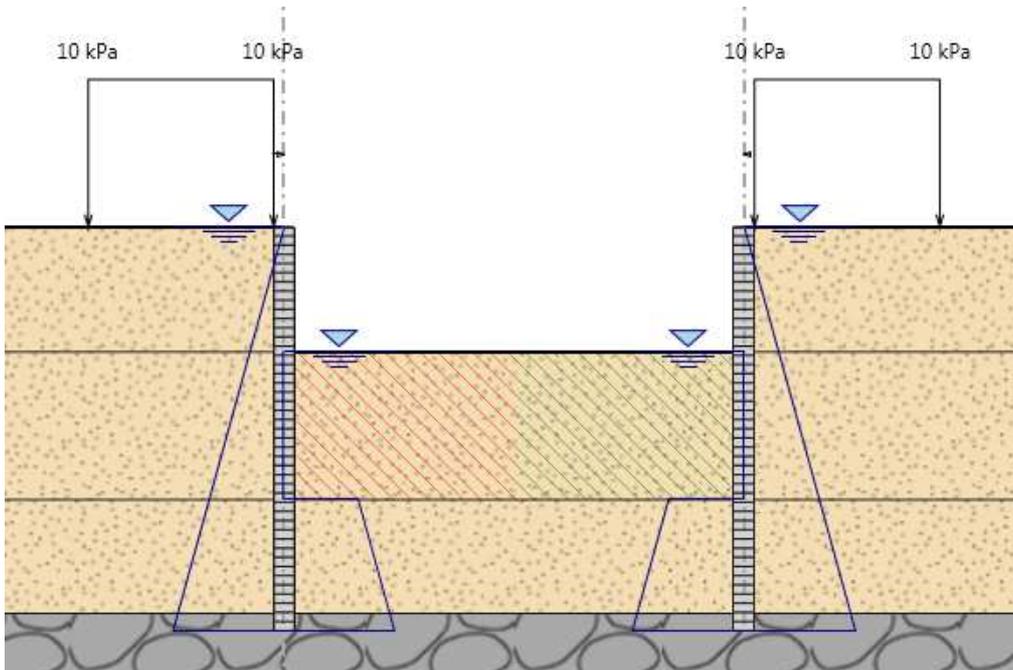
Passo Ss: 0.8 m



**FASE 2**

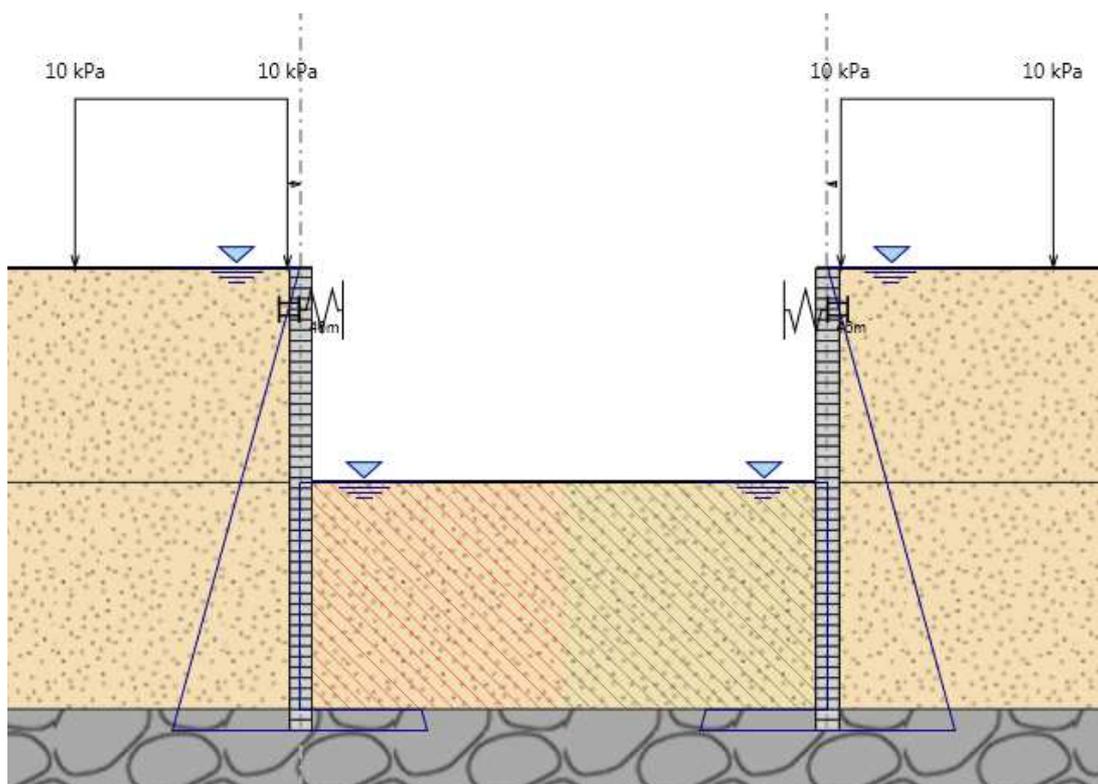


**FASE 3**



### 8.2.2 Sezione P6

#### GEOMETRIA SEZIONE P6



Tipo paratia: **Paratia di pali destra e sinistra**

Altezza fuori terra	5.10	[m]
Profondità di infissione	5.90	[m]
Altezza totale della paratia	11	[m]
Numero di file di pali	1	[m]

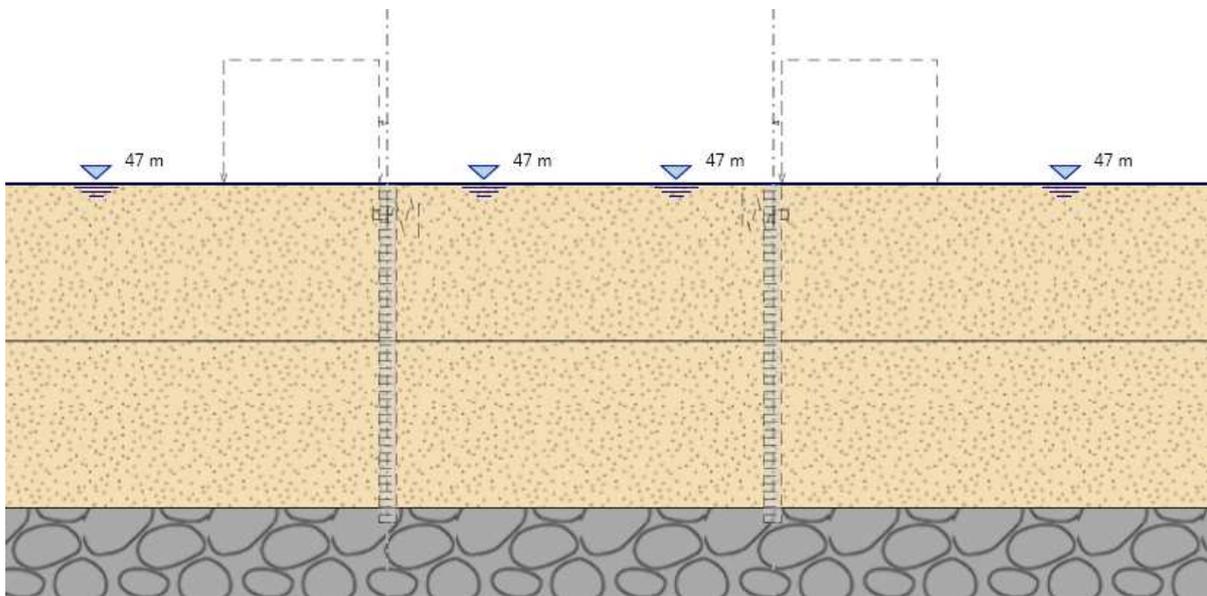
La massima altezza di scavo è di 5.1 m.

Nel calcolo si è tenuto conto del carico accidentale dovuto ai mezzi di cantiere  $q_{acc} = 10.0 \text{ kN/m}^2$  uniformemente distribuito su un'area di impronta di 5.0 m posto in prossimità dell'estradosso della paratia.

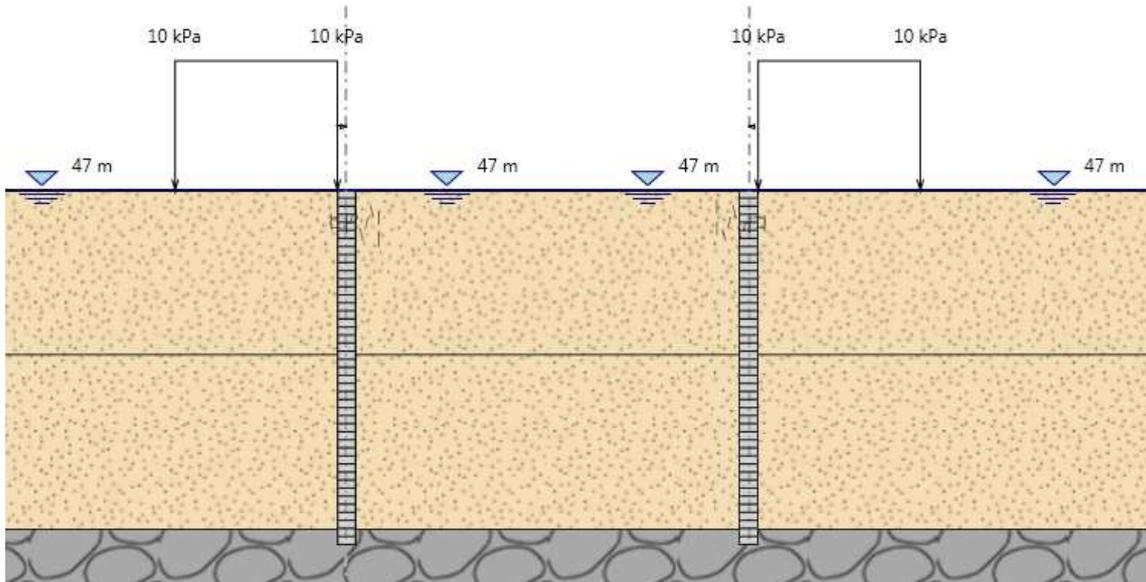
Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione.

Fasi di calcolo:

**FASE 0**



**FASE 1**



Nome: Pali\_D\_06\_m

Inerzia Equivalente: 0.008 m<sup>4</sup>/m

Area Equivalente: 0.3534 m

Mat. omogeneizzazione: C25/30

Da utilizzare per:

- Muri
- Solette (specificare il Dead Load: 5 kN/m)
- Puntelli
- Puntoni

Geometria e materiali

Custom

Materiale:  Inerzia:  m<sup>4</sup>/m Area:  m<sup>2</sup>/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale: C25/30

Spessore Ct: 0 m

Diametro Cd: 0.6 m

Passo Cs: 0.8 m

Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]: ac: 1

Acciaio

Materiale: Fe360

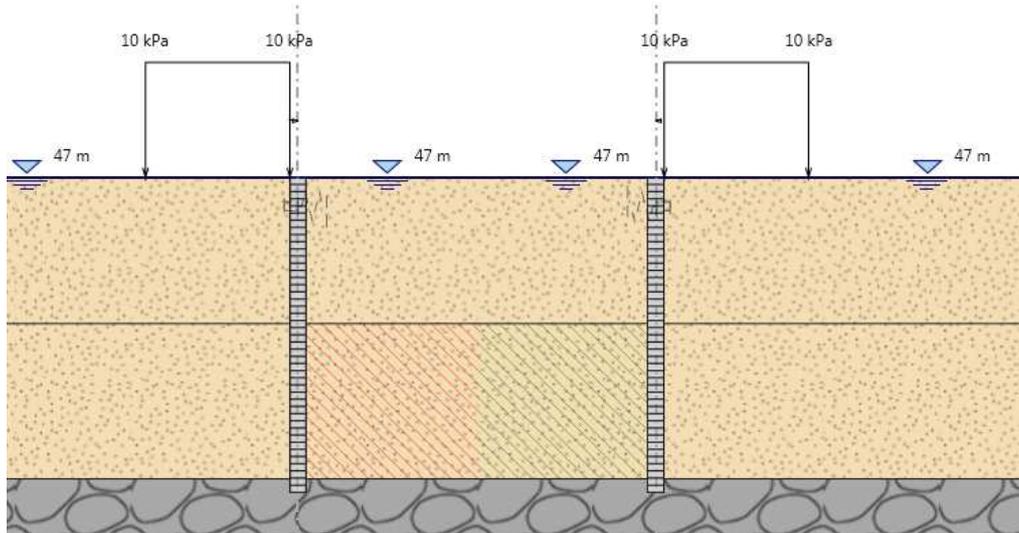
Profilo:

Passo Ss: 0.8 m

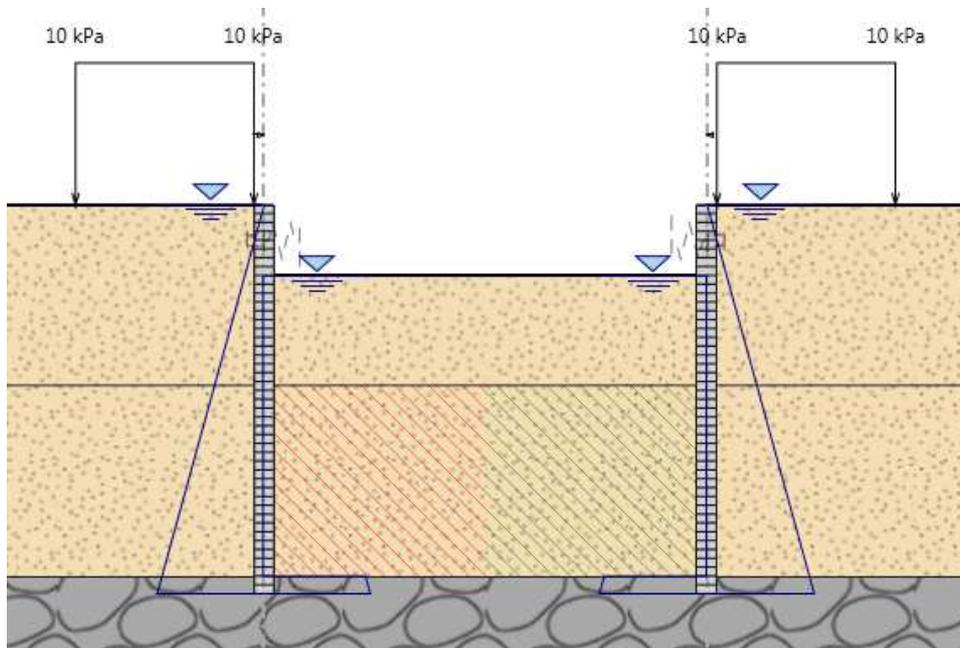
Palancole

Anteprima

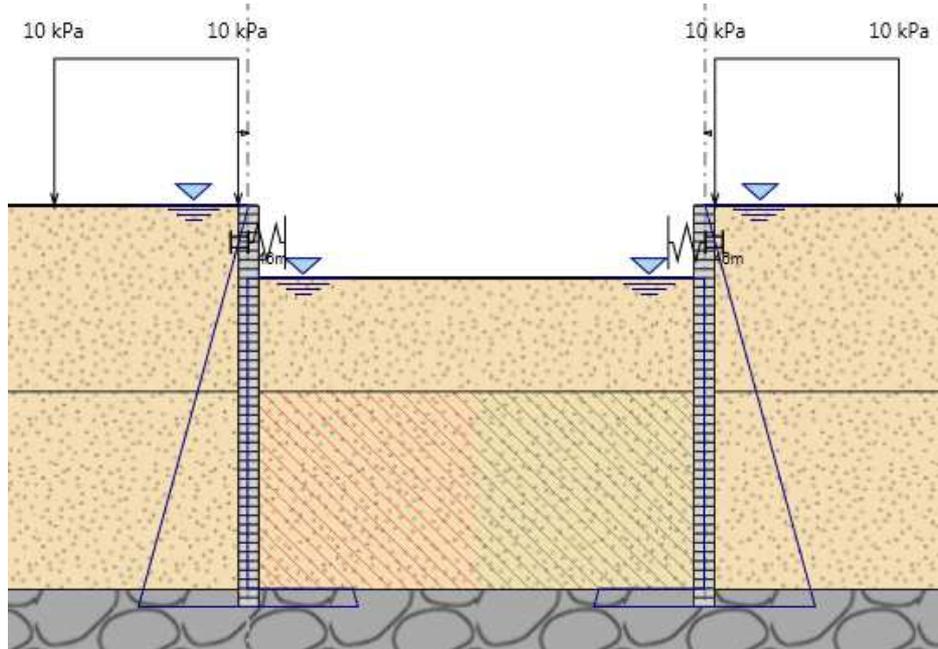
**FASE 2**



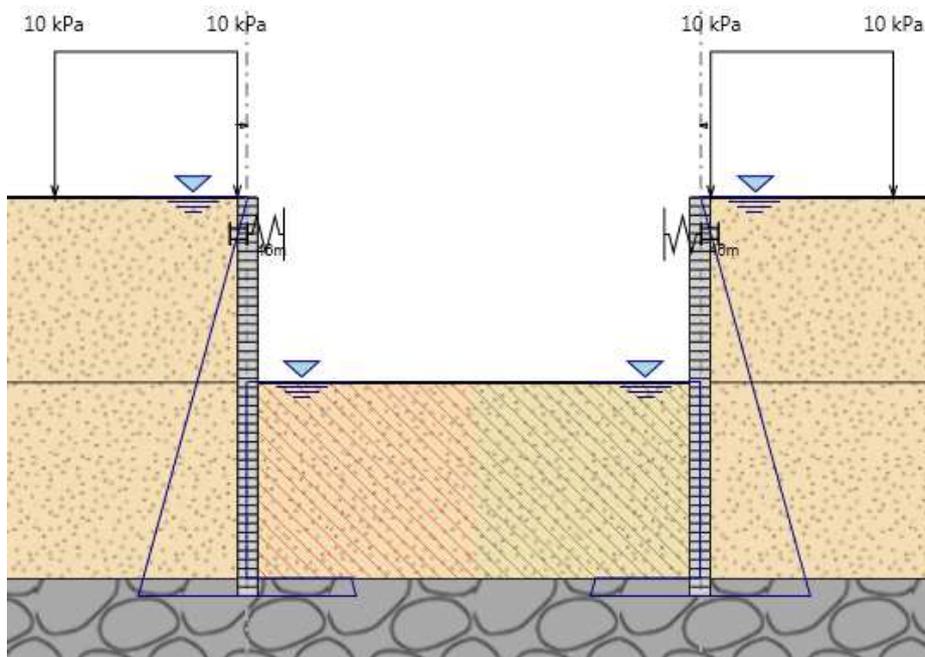
**FASE 3**



**FASE 4**



**FASE 5**



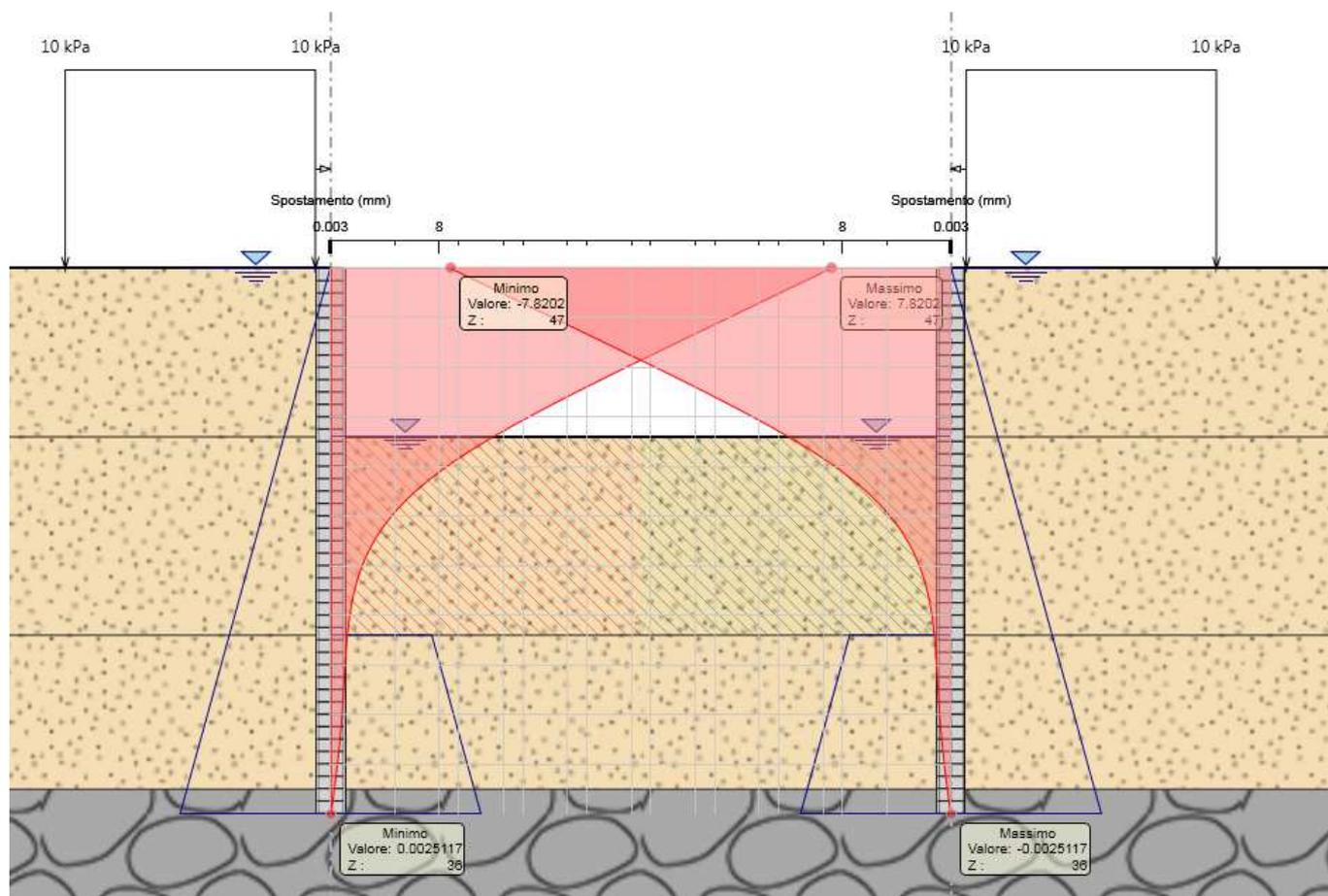
## 9 RISULTATI E VERIFICHE PARATIA

Nel seguito si espongono, in sintesi, i principali risultati di interesse progettuale.

### 9.1 SEZIONE P4

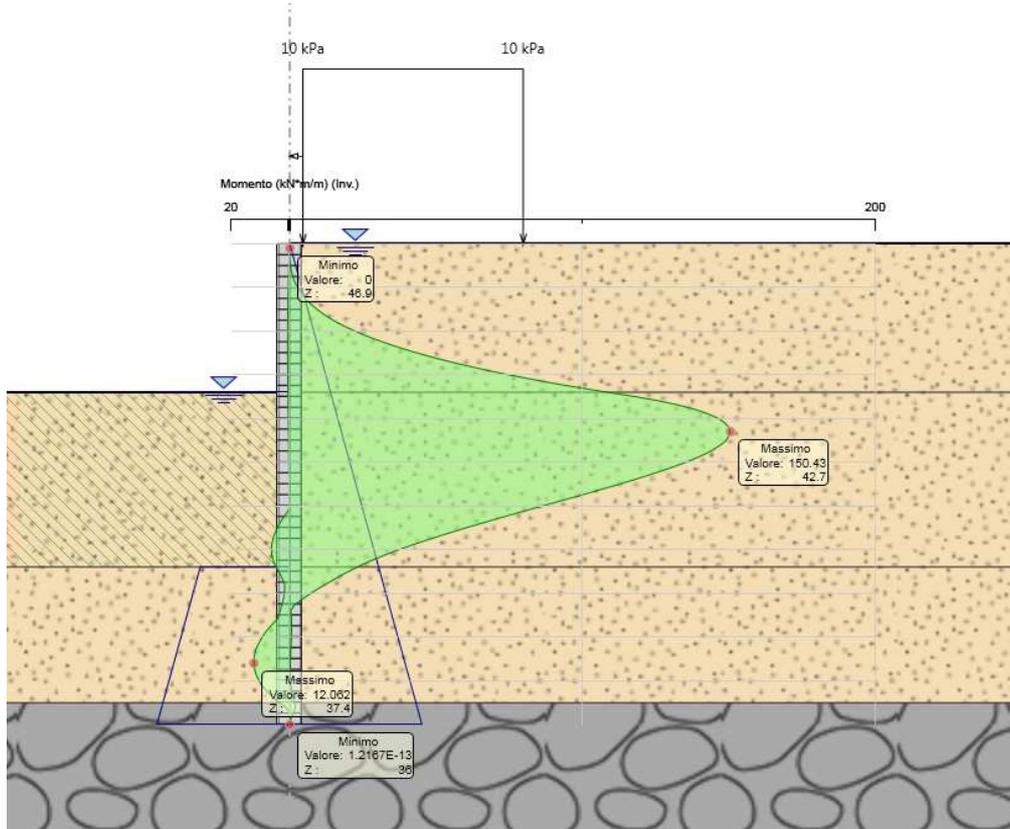
#### 9.1.1 RISULTATI (combinazione nominal):

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione nominale si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia di si ha alla testa del palo (quota 47 mslm) e risulta pari a 7.82 mm.

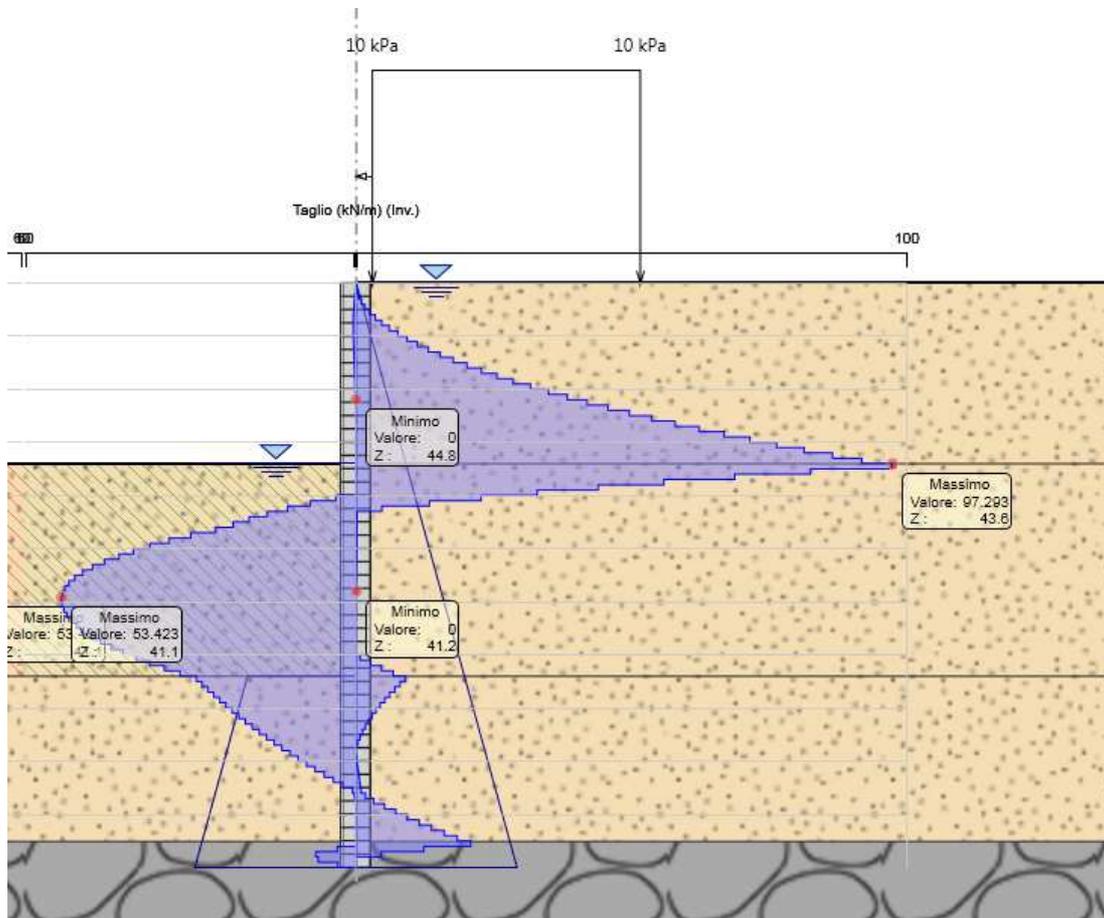


**9.1.2 RISULTATI E VERIFICHE SLU STR PARATIA DI PALI (combinazione A1+M1+R1):**

Dall’involuppo del momento flettente in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore sulla paratia si ha a 4 metri dalla testa del palo (quota di 42.7 mslm).



Dall’involuppo taglio in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore sulla paratia si ha a 3.4 metri dalla testa del palo (quota di 43.6 mslm).

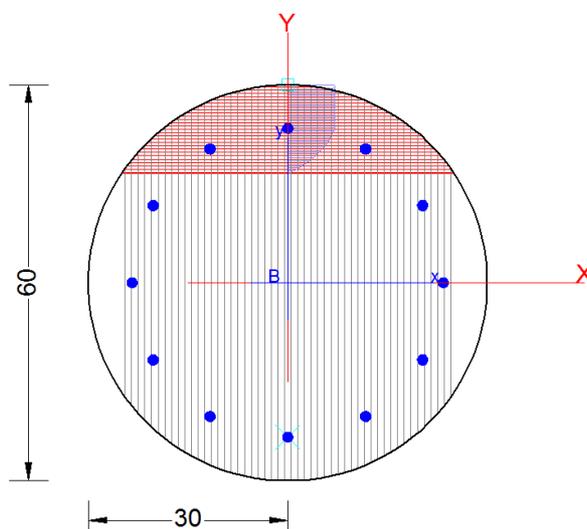


Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista che risulta essere la stessa per entrambe le pareti in quanto le caratteristiche della sollecitazione risultano essere le medesime.

Armatura longitudinale	Lunghezza gabbia [m]	Armatura prevista
Gabbia 1	11	12Φ16

Armatura trasversale	Passo [m]	Armatura prevista
Elica	0.25	44Φ8
Anello irrigidimento	2	6Φ24

Le verifiche sono state effettuate con il programma *RC-Sec*. Di seguito è riportato il Report delle verifiche a SLU.



## REPORT RC-SEC

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 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 calcolo 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 calcolo fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito

## CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 30.0 cm  
 X centro circ.: 0.0 cm  
 Y centro circ.: 0.0 cm

## DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	23.4	12	16

## ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 25.0 cm

Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] 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	0.00	120.30	0.00	77.85	0.00

### RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.5 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.0 cm

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	120.30	0.00	0.00	206.40	0.00	1.716	18.1(4.1)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione									
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00318	0.0	30.0	0.00179	0.0	23.4	-0.01037	0.0	-23.4

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

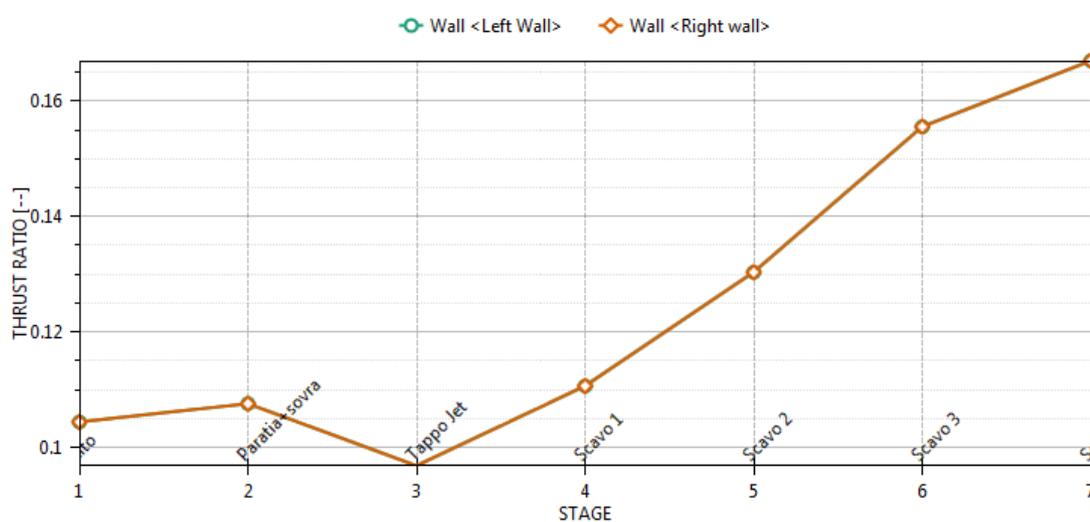


### 9.1.3 VERIFICA SLU GEO PARATIA DI PALI (combinazione A2+M2+R1)

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa 17%.

#### Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <A2+M2+R1>



### 9.1.4 VERIFICA SLU UPL

Le opere geotecniche, come riportato al paragrafo 6.2.3.2 della NTC 2008, devono essere verificate nei confronti dei possibili stati limiti di sollevamento o di sifonamento.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante  $V_{inst,d}$ , combinazione di azioni permanenti ( $G_{inst,d}$ ) e variabili ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad (6.2.4)$$

$$\text{dove } V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad (6.2.5)$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III. Tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

**Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Il controllo della stabilità al sifonamento si esegue verificando che il valore di progetto della pressione interstiziale instabilizzante ( $u_{inst,d}$ ) risulti non superiore al valore di progetto della tensione totale stabilizzante ( $\sigma_{stb,d}$ ), tenendo conto dei coefficienti parziali della Tab. 6.2.IV:

$$u_{inst,d} \leq \sigma_{stb,d} \quad (6.2.6)$$

In entrambe le verifiche, nella valutazione delle pressioni interstiziali, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle successioni stratigrafiche sul regime di pressione dell'acqua.

Nelle verifiche al sifonamento, in presenza di adeguate conoscenze sul regime delle pressioni interstiziali, i coefficienti di sicurezza minimi sono indicati nella Tab. 6.2.IV. Valori superiori possono essere assunti e giustificati tenendo presente della pericolosità del fenomeno in relazione alla natura del terreno nonché dei possibili effetti della condizione di collasso.

Nel caso in esame si è assunta una distribuzione idrostatica delle pressioni interstiziali a monte e a valle della paratia fino al letto del tappo e pressioni interstiziali nulle all'interno del tappo stesso. Nella verifica a sollevamento del tappo si è tenuto

conto dell'apporto di resistenza aggiuntivo dato dall'attrito con la paratia. Per la valutazione delle tensioni normali che favoriscono l'attrito tra parete e terreno sono state considerate le pressioni interstiziali (idrostatiche) a monte della paratia:

$$\sigma_{stb,d} = \gamma_{G1} * h_{jet\ grouting} * \gamma_{jet\ grouting} + R_{lat} = 86.80\ kPa$$

$$u_{inst,d} = \gamma_{G1} * u_{(fondo_{jet-grouting})} = 81.4\ kPa$$

Essendo  $\sigma_{stb,d} > u_{inst,d}$  la verifica risulta essere soddisfatta con un tappo di jet-grouting di 4 m.

### 9.1.5 INCIDENZA PALI

Si valuta l'incidenza del palo e risulta pari a  $90 \frac{kg}{m^3}$ .

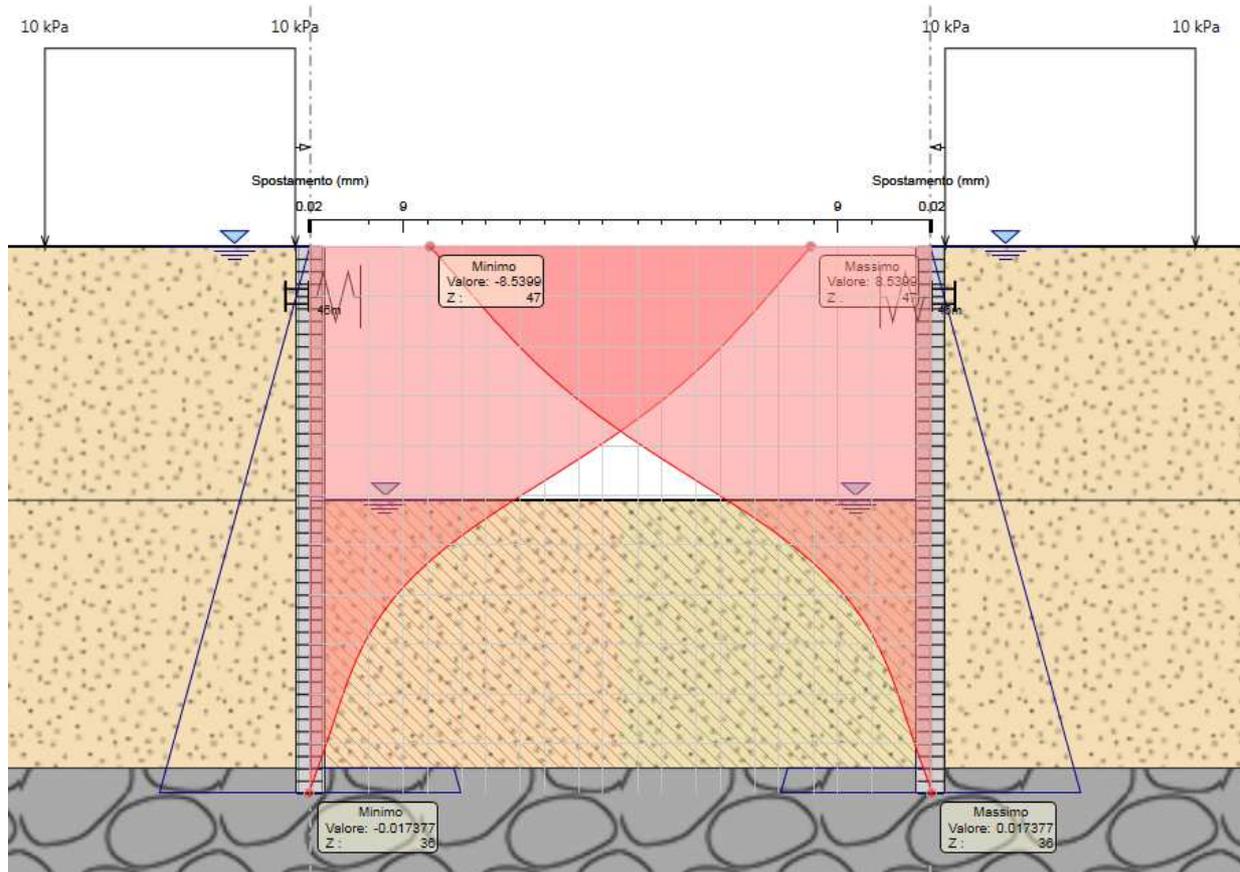
	$\phi$ (mm)	L (m)	N° Ferri	Peso (kg)
<b>Ferri Long.</b>	16	11	12	208.296
<b>Elica</b>	8	2	44	36.037
<b>Anello</b>	24	2	6	36.814
				281.147

<b>Volume CLS (m<sup>3</sup>)</b>	3.110
<b>INCIDENZA (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>90.00</b>

## 9.2 SEZIONE P6

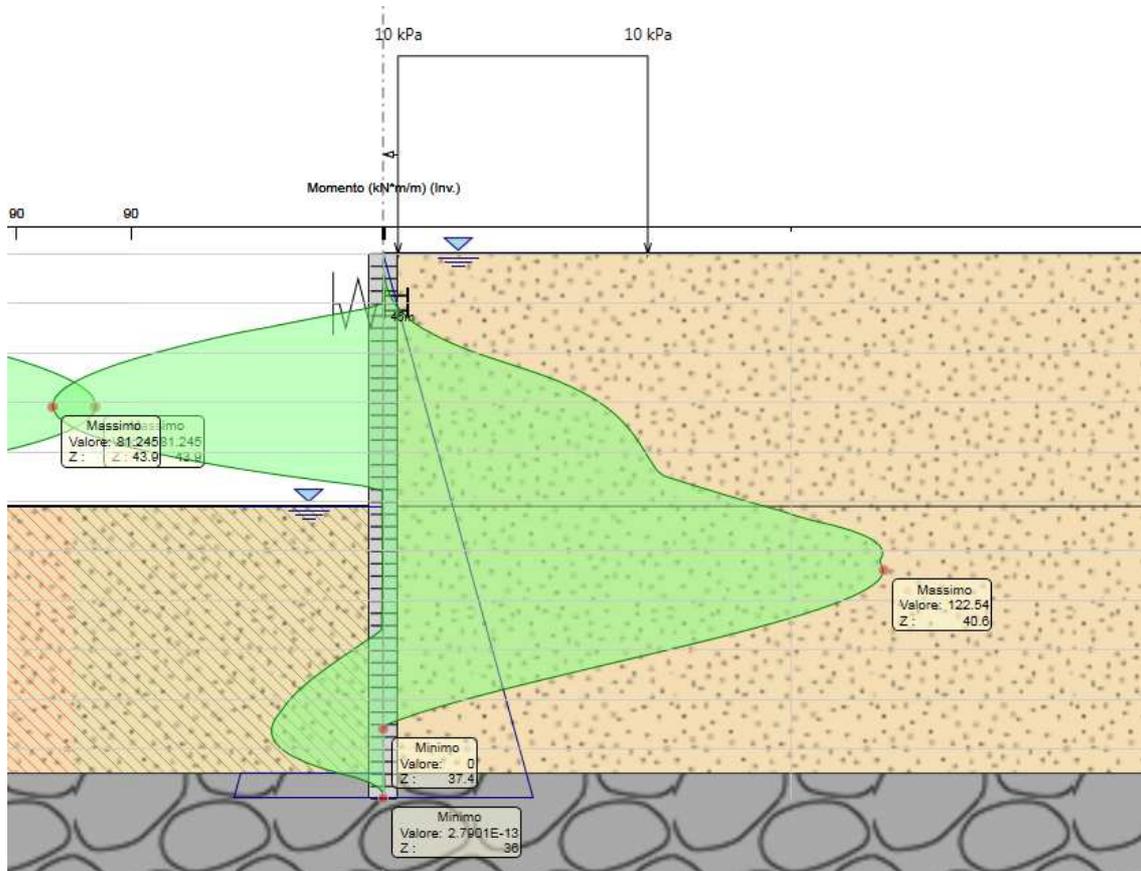
### 9.2.1 RISULTATI (combinazione nominal):

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione nominale si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia si ha alla testa del palo (quota 47 mslm) e risulta pari a 8.53 mm.

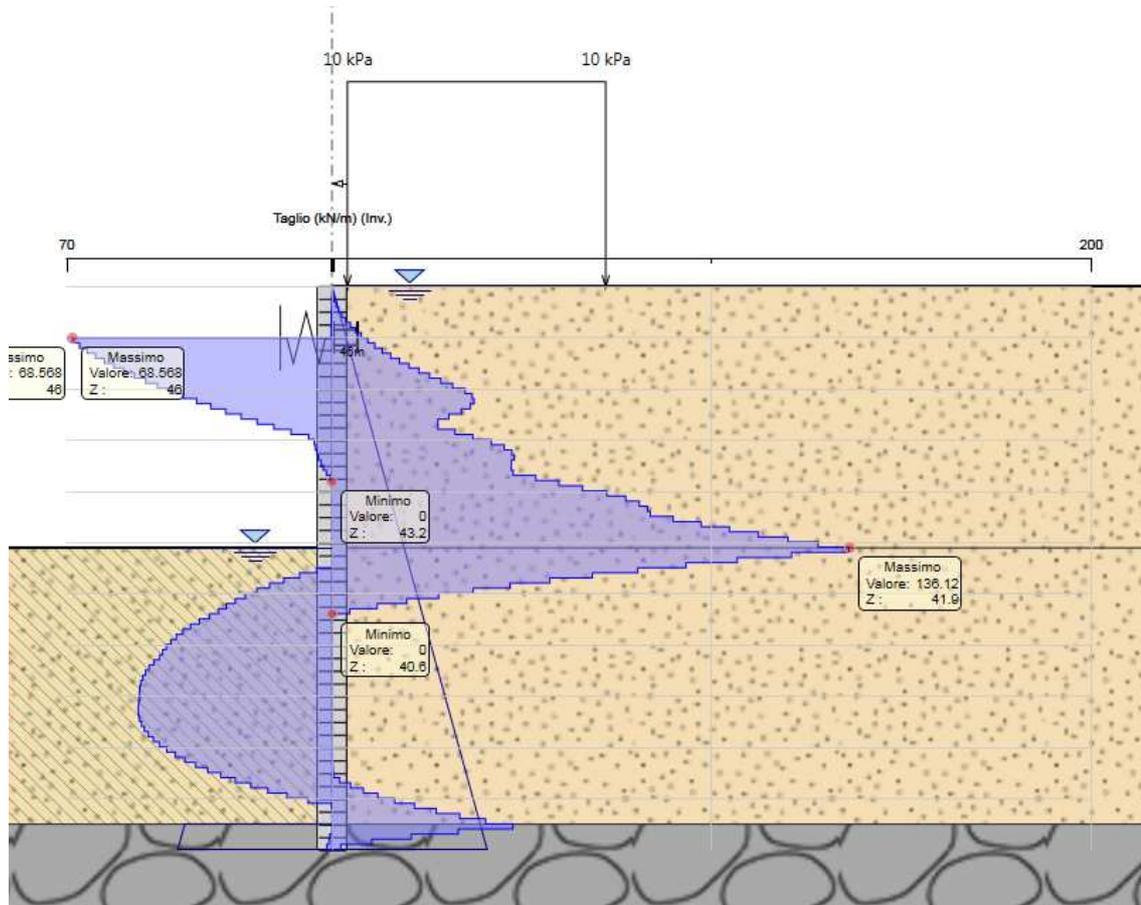


### 9.2.2 RISULTATI E VERIFICHE SLU STR PARATIA DI PALI (combinazione A1+M1+R1):

Dall’involuppo del momento flettente in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore sulla paratia si ha a 3.1 m dalla testa del palo (quota di 43.9 m slm).



Dall’involuppo taglio in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore sulla paratia si ha a 5.1 metri dalla testa del palo (quota di 41.9 mslm).

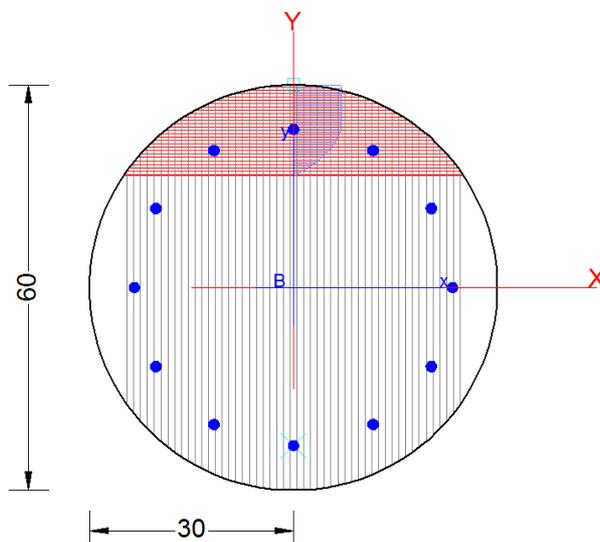


Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

Armatura longitudinale	Lunghezza gabbia [m]	Armatura prevista
Gabbia 1	11.0	12Φ16

Armatura trasversale	Passo [m]	Armatura prevista
Elica	0.25	44Φ8
Anello irrigidimento	2	6Φ24

Le verifiche sono state effettuate con il programma *RC-Sec*. Di seguito è riportato il Report delle verifiche a SLU.



## REPORT RC-SEC

### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: Pali\_d\_06

#### Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
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 calcolo 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 calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	30.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti, disposte lungo la circonferenza
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	23.4	12	16

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm  
Passo staffe: 25.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] 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	0.00	100.00	0.00	107.00	0.00

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.5 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.0 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	100.00	0.00	0.00	206.40	0.00	2.064	18.1(4.1)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione									
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00318	0.0	30.0	0.00179	0.0	23.4	-0.01037	0.0	-23.4

### 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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000259760	-0.004292805	0.252	0.755

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

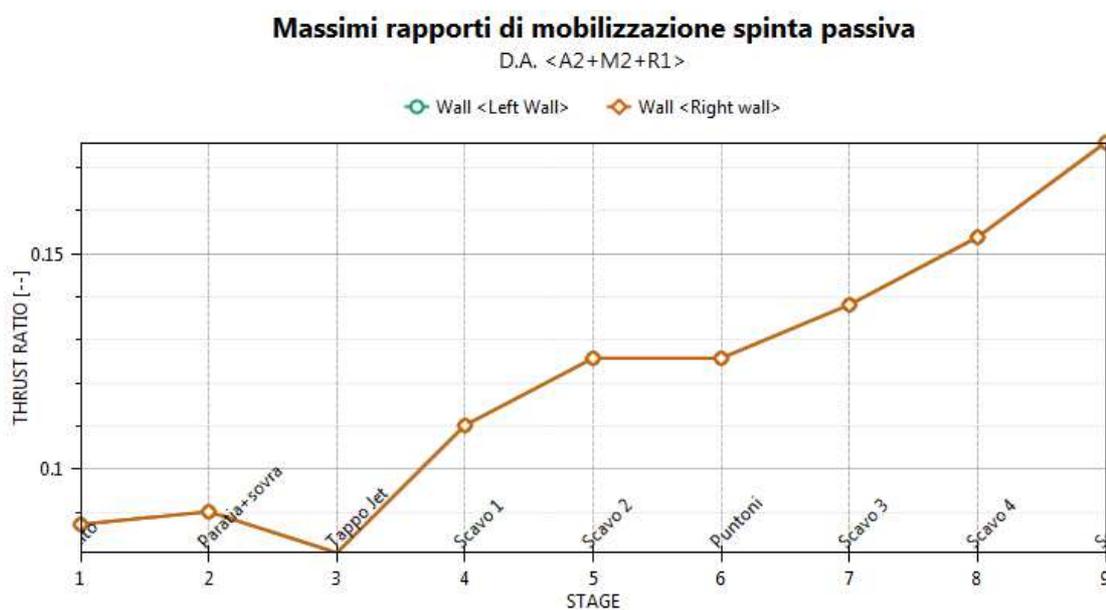
Passo staffe: 25.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Vsdu Taglio di progetto [kN] = proiezz. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) 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.  
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L=lungh.legat.proietta-$   
 ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	N	107.00	518.07	174.87	48.2	49.0	21.80°	1.000	2.5	4.1(0.0)

### 9.2.3 VERIFICA SLU GEO PARATIA DI PALI (combinazione A2+M2+R1)

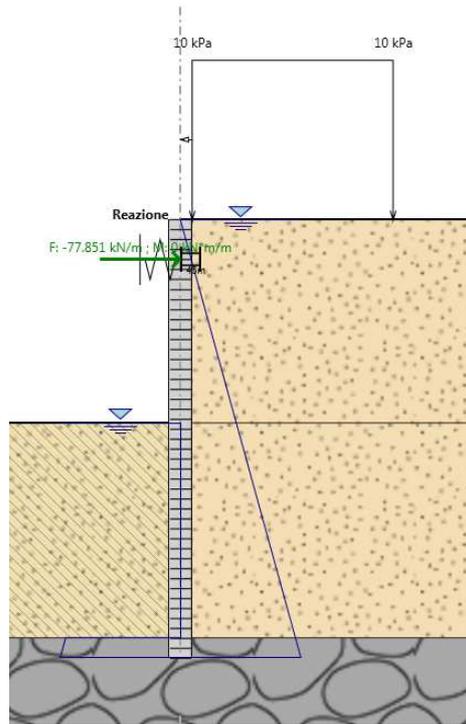
Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 19% sulla paratia.



### 9.2.4 VERIFICA SLU STRU PUNTONE (combinazione A1+M1+R1)

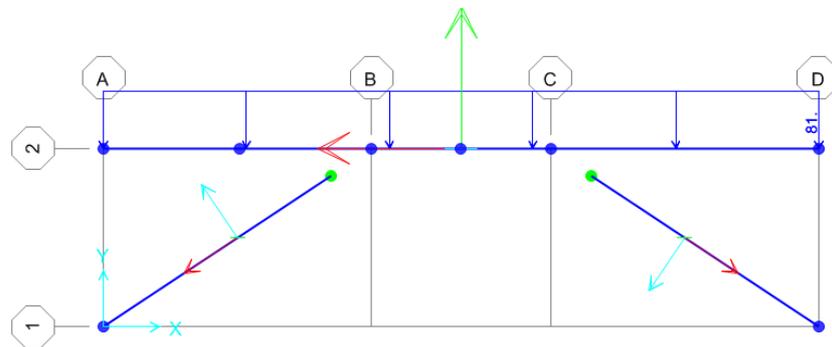
I puntone sono caratterizzati da un profilo circolare cavo  $\phi$  406.5 s=30mm.

Tramite il programma di calcolo Paratie Plus è stata valutata la reazione nella molla in combinazione A1+M1+R1 che risulta essere pari a 77.85 KN/m.



Tale reazione è stata utilizzata come moltiplicatore del carico unitario nel modello in SAP2000.

In tal modo è stato valutato lo sforzo normale agente sul singolo puntone.



Tale sforzo è  $N_{Ed} = 992 \text{ kN}$ . Si è proceduto dunque alla verifica di instabilità del puntone compresso.

$N_{b,Rd}$  è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa, data da

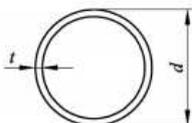
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

essendo la sezione di classe 1.

Infatti:

$$\frac{d}{t} = 16.256 \leq 50\varepsilon^2 = 13.54$$

e come riportato nella tabella sottostante la sezione è di classe 1.

Sezioni tubolari						
						
Classe	Sezione soggetta a flessione e/o compressione					
1	$d/t \leq 50 \varepsilon^2$					
2	$d/t \leq 70 \varepsilon^2$					
3	$d/t \leq 90 \varepsilon^2$					
	Nota	Per $d/t > 90 \varepsilon^2$ vedere EN 1993-1-6.				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	$\varepsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

**Figura 2.3** Tabella 5.2- parte 3 di EN 1993-1-1: rapporti lato/spessore per parti compresse.

I coefficienti  $\chi$  dipendono dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; essi si desumono, in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale  $\bar{\lambda}$ , dalla seguente formula

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.72$$

dove  $\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$ ,  $\alpha$  è il fattore di imperfezione, ricavato dalla Tab 4.2.VI, e la snellezza adimensionale  $\bar{\lambda}$  è pari a

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_{yk}}{N_{cr}}} = 0.927$$

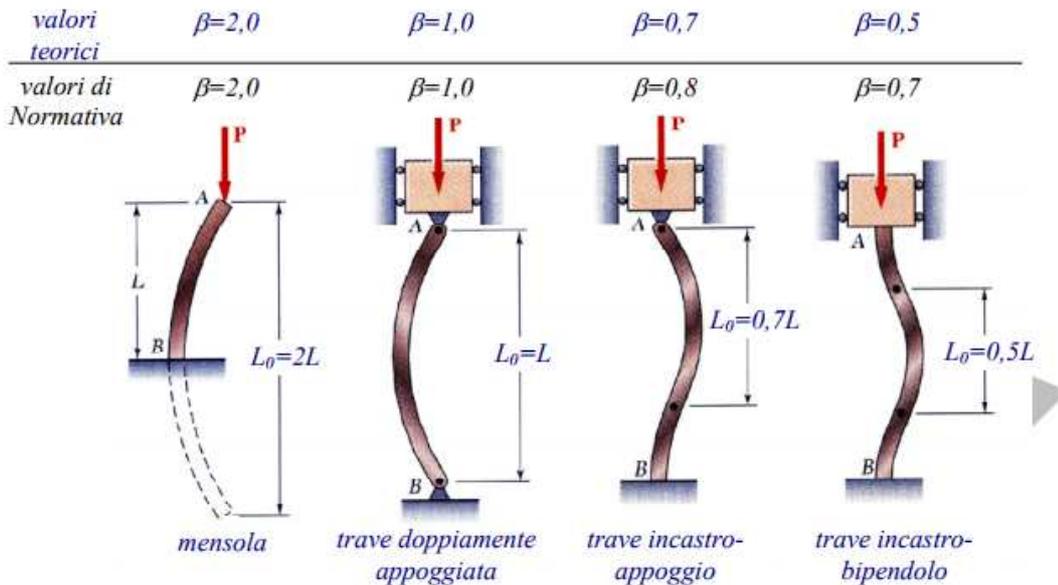
dove  $N_{cr} = \frac{\pi^2 * EJ}{L_0^2}$  e  $\alpha = 0.21$  essendo il tubolare una sezione formata a caldo.

Nella formulazione precedente

$$E = 210 * 10^9 \frac{N}{m^2}$$

$$J = 0.00063224 m^4$$

$$L_o = \beta L = 1 * 10.4 = 10.4 \text{ m}$$



Risulta:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 6077 \text{ kN}$$

Dunque essendo  $N_{Ed} = 992 \text{ kN}$  la verifica risulta essere soddisfatta.

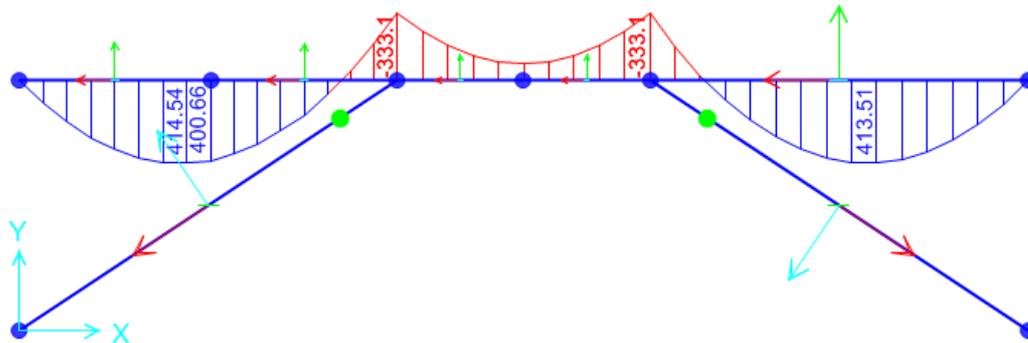
### 9.2.5 VERIFICA SLU STRU TRAVE DI RIPARTIZIONE (combinazione A1+M1+R1)

#### VERIFICA A MOMENTO

Il momento flettente di calcolo  $M_{Ed}$  deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Per ricavare la sollecitazione massima a flessione nella trave di ripartizione si è ricavato il carico uniformemente distribuito sulla trave di ripartizione su ParatiePlus 17 nella combinazione A1+M1+R1. Tale carico è stato applicato allo schema trave/puntone su Sap2000. Il momento massimo risulta essere 414 KNm.



La resistenza di calcolo a flessione retta della sezione  $M_{c,Rd}$  vale per le sezioni di classe 1 e 2

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 3255 \text{ kNm}$$

Ove  $W_{pl}$  della sezione composta è la somma di  $W_{pl}$  dei due profilati HE500B ( $W_{pl}=4815\text{cm}^3$ )

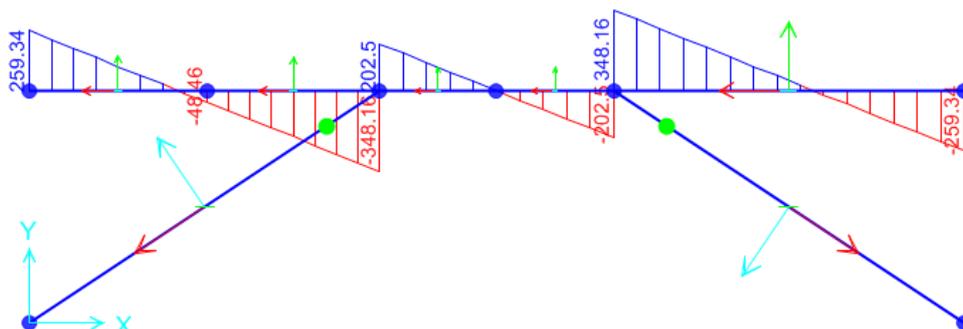
Dunque la verifica risulta essere soddisfatta.

### VERIFICA A TAGLIO

Il taglio di calcolo  $T_{Ed}$  deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{c,Rd}} \leq 1$$

Per ricavare la sollecitazione massima a taglio nella trave di ripartizione si è ricavato il carico uniformemente distribuito sulla trave di ripartizione su ParatiePlus 17 nella combinazione A1+M1+R1. Tale carico è stato applicato allo schema trave/puntone su Sap2000. Il taglio massimo risulta essere 348 KN.



La resistenza di calcolo taglio della sezione  $T_{c,Rd}$  vale:

$$T_{c,Rd} = \frac{A_v * f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2156.65 \text{ kN}$$

Ove  $A_v$  della sezione composta è la somma di  $A_v$  dei due profilati HE500B ( $A_v=89.82 \text{ cm}^2$ )

Dunque la verifica risulta essere soddisfatta.

### 9.2.6 VERIFICA SLU UPL

Le opere geotecniche, come riportato al paragrafo 6.2.3.2 della NTC 2008, devono essere verificate nei confronti dei possibili stati limiti di sollevamento o di sifonamento.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante  $V_{inst,d}$ , combinazione di azioni permanenti ( $G_{inst,d}$ ) e variabili ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad (6.2.4)$$

$$\text{dove } V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad (6.2.5)$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III. Tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

**Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b>					
	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO</b>					
<b>LOTTO 1: Fiumefreddo – Taormina/Letojanni</b>						
<b>U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI</b> <b>VI02 – Viadotto Alcantara - Relazione di calcolo opere</b> <b>provvisoriale – Parte 1 di 2</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS2S	01 D 09	CL	VI0203 004	A	48 di 48

Il controllo della stabilità al sifonamento si esegue verificando che il valore di progetto della pressione interstiziale instabilizzante ( $u_{inst,d}$ ) risulti non superiore al valore di progetto della tensione totale stabilizzante ( $\sigma_{stb,d}$ ), tenendo conto dei coefficienti parziali della Tab. 6.2.IV:

$$u_{inst,d} \leq \sigma_{stb,d} \quad (6.2.6)$$

In entrambe le verifiche, nella valutazione delle pressioni interstiziali, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle successioni stratigrafiche sul regime di pressione dell'acqua.

Nelle verifiche al sifonamento, in presenza di adeguate conoscenze sul regime delle pressioni interstiziali, i coefficienti di sicurezza minimi sono indicati nella Tab. 6.2.IV. Valori superiori possono essere assunti e giustificati tenendo presente della pericolosità del fenomeno in relazione alla natura del terreno nonché dei possibili effetti della condizione di collasso.

Nel caso in esame si è assunta una distribuzione idrostatica delle pressioni interstiziali a monte e a valle della paratia fino al letto del tappo e pressioni interstiziali nulle all'interno del tappo stesso. Nella verifica a sollevamento del tappo si è tenuto conto dell'apporto di resistenza aggiuntivo dato dall'attrito con la paratia. Per la valutazione delle tensioni normali che favoriscono l'attrito tra parete e terreno sono state considerate le pressioni interstiziali (idrostatiche) a monte della paratia:

$$\sigma_{stb,d} = \gamma_{G1} * h_{jet\ grouting} * \gamma_{jet\ grouting} + R_{lat} = 117.18\ kPa$$

$$u_{inst,d} = \gamma_{G1} * u_{(fondo\ jet-grouting)} = 115.5\ kPa$$

Essendo  $\sigma_{stb,d} > u_{inst,d}$  la verifica risulta essere soddisfatta con un tappo di jet-grouting di 5.4 m.

### 9.2.7 INCIDENZA PALI

Si valuta l'incidenza del palo e risulta pari a  $90 \frac{kg}{m^3}$ .

	$\phi$ (mm)	L (m)	N° Ferri	Peso (kg)
<b>Ferri Long.</b>	16	11	12	208.296
<b>Elica</b>	8	2	44	36.037
<b>Anello</b>	24	2	6	36.814
				281.147

<b>Volume CLS (m<sup>3</sup>)</b>	3.110
<b>INCIDENZA (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>90.00</b>