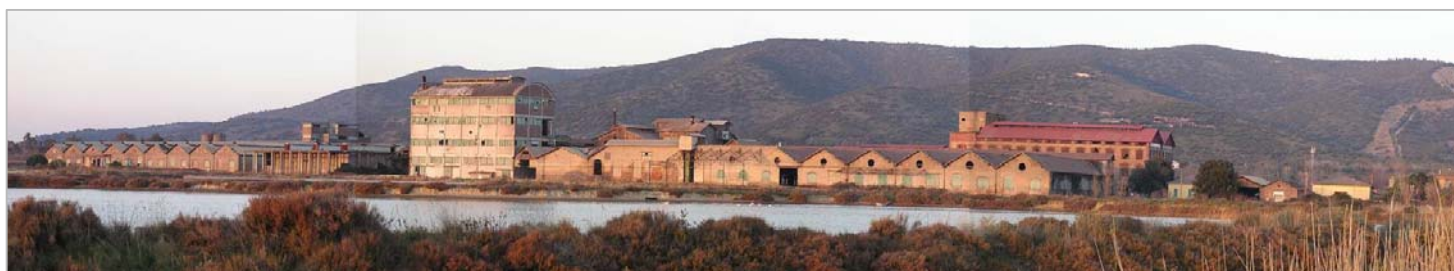




**PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI**  
**Commissario delegato al risanamento ambientale della laguna di Orbetello**  
(Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3675 del 28.05.2008 art. 1)



## **Convenzione Commissario delegato al risanamento ambientale della Laguna di Orbetello - Sogesid del 22/07/2009**

*"Esecuzione di indagini conoscitive e progettazione degli interventi di risanamento ambientale della Laguna di Orbetello."*

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL MARGINAMENTO DI SICUREZZA TRA LAGUNA E AREE CONTERMINATE DI PROPRIETA' PUBBLICA ANTISTANTI L'EX STABILIMENTO SITOCO E DEL MARGINAMENTO DEFINITIVO DELLA COLMATA DI PIAN DELL'ASCA.**

Titolo elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO MARGINAMENTO DI SICUREZZA  
TRA LAGUNA E AREE CONTERMINATE DI PROPRIETA'  
PUBBLICA ANTISTANTI L'EX STABILIMENTO SITOCO

Codice elaborato:

5

Data:

Settembre 2009

Redatto da:



Direttore Tecnico:  
Dott. Ing. Fausto Melli

Consulenti:

Dott. Ing. Antonio Lanza

Rev.	Data	Descrizione modifica	Redatto	Verificato	Approvato
			1		

## **Indice**

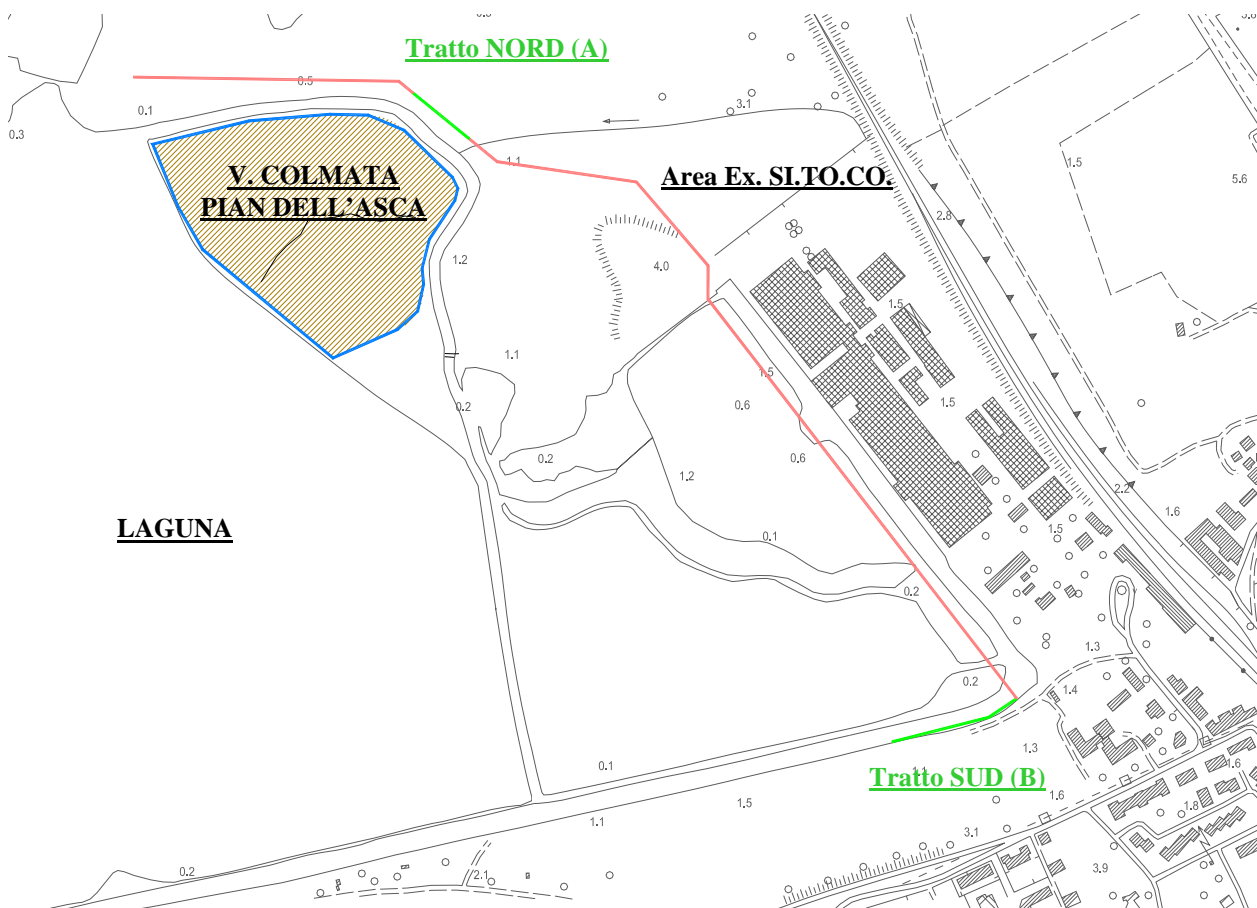
1. Premessa
2. Geologia e Stratigrafia
3. Caratteristiche Palancolato
4. Fasi Esecutive
5. Modelli di Calcolo
6. Sintesi Risultati
7. Tabulati di calcolo tratto A
8. Tabulati di calcolo tratto B

## **1. PREMESSA**

Il palancolato in progetto, riveste diverse funzioni, quali:

1. protezione delle acque lagunari dall'interazione con quelle della falda superficiale che subiscono contaminazione per contatto diretto con le sorgenti contaminanti;
2. sostegno del margine a terra del canale lagunare a sud dell'area del SIN di Orbetello nella fase di realizzazione di interventi di dragaggio e pulizia del canale stesso (Tratto B);
3. rinforzo dell'argine a terra del canale con conseguente maggiore flessibilità di utilizzo della viabilità a monte dello stesso (Tratto B).

La paratia costituirà una vera e propria barriera idraulica, quindi sarà resa impermeabile, mediante l'impermeabilizzazione dei gargami con resina idroespansiva (sistema ROXAN o equivalente).

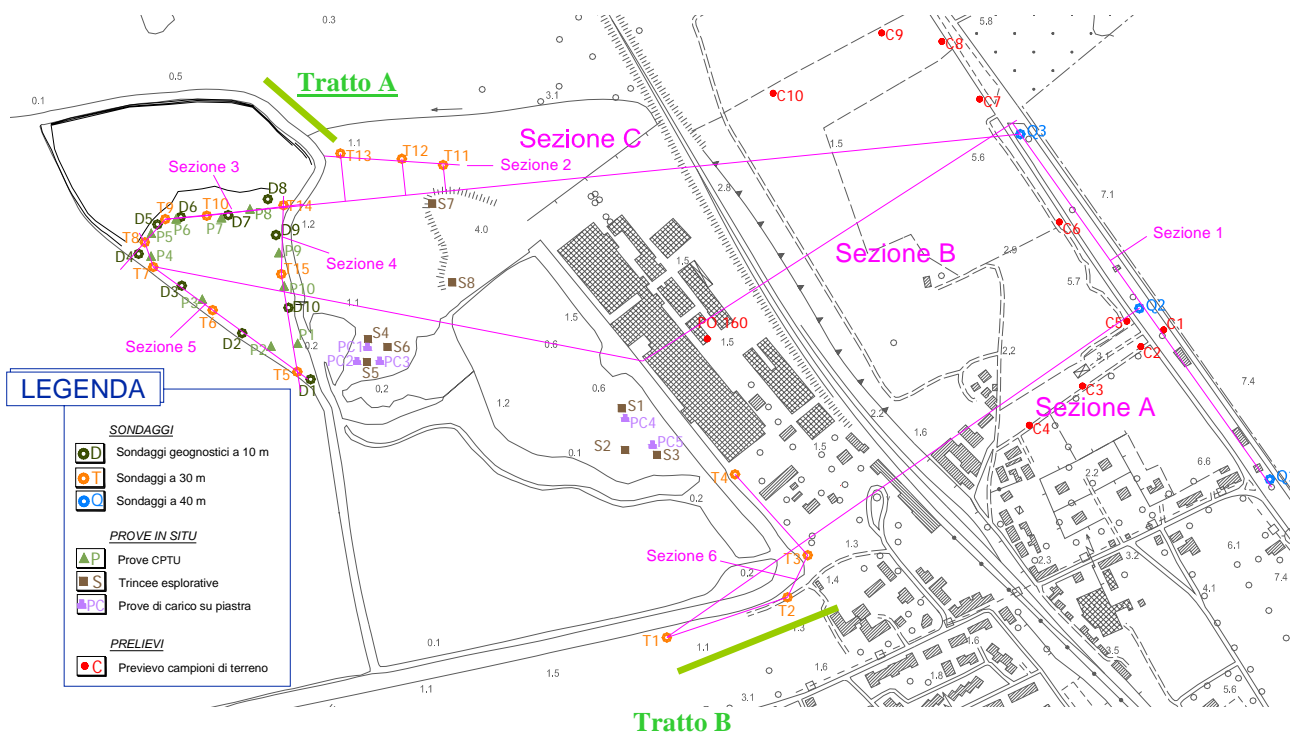


**Fig. 1:** planimetria generale con indicazione del “tratto NORD (A)” e del “tratto SUD (B)” in progetto

## 2. GEOLOGIA E STRATIGRAFIA

Per la definizione del modello geologico tecnico, da porre alla base delle analisi di interazione terreno paratia, si fa riferimento alle numerose indagini stratigrafiche spinte a profondità comprese tra 6,0 e 30,0 m dal piano campagna.

Più in generale, sulla scorta dell'intera campagna di indagine stratigrafica condotta all'interno dell'area ex SITO CO (aree di competenza privata) e sulla scorta di quelle eseguite dalla Tecno In S.p.A. per Conto della SOGESID S.p.A. per la realizzazione degli interventi di competenza pubblica, è stato possibile ricostruire un modello tridimensionale del sottosuolo. Individuato successivamente il tracciato planimetrico delle opere di marginamento, si è proceduto ad estrarre la sezione geologica corrispondente



**Fig. 2:** planimetria generale con indicazione delle indagini geotecniche stratigrafiche (Tecno In S.p.A. 2009)

Ai fini della caratterizzazione geomeccanica dei terreni, considerata la presenza di un sottosuolo caratterizzato da un'alternanza di strati incoerenti e coesivi, sono state eseguite sia prove in sito sia analisi di laboratorio su campioni indisturbati.

Dai risultati ottenuti, è stato possibile operare una caratterizzazione stratigrafica dei terreni ricadenti nell'area oggetto di studio, individuando quelle che sono, da questo punto di vista, zone omogenee. Tali sintesi geologico tecnica è riportata nelle seguenti sezioni stratigrafiche che restituiscono il modello stratigrafico di riferimento per la progettazione dei due tratti di palancolato di che trattasi.

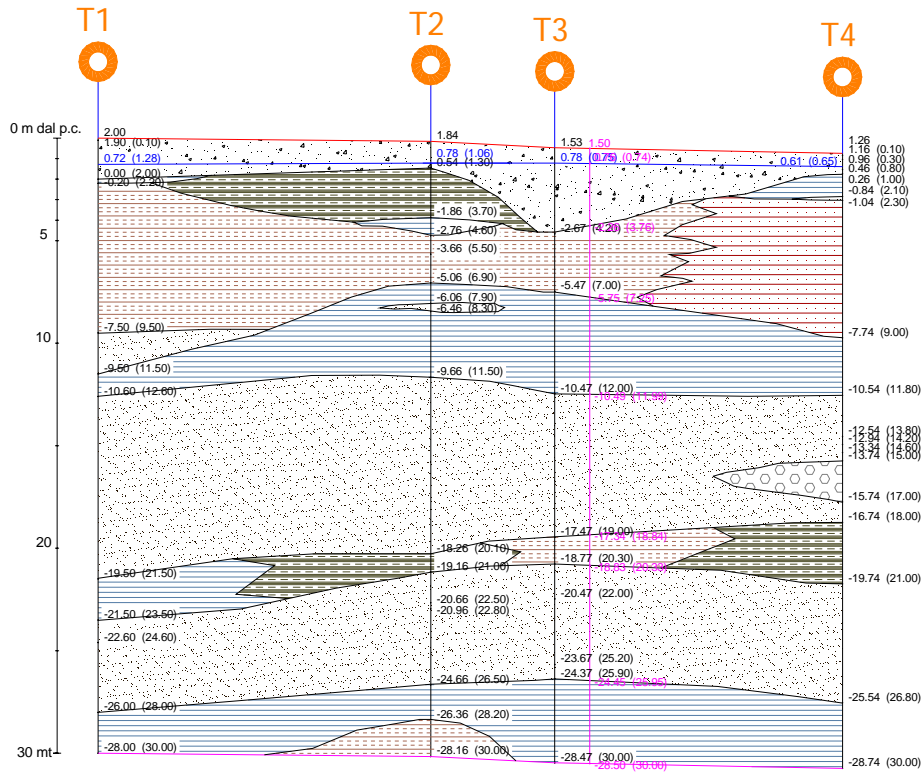


Fig. 3: Sezione 6, riferimento per calcolo palancolato SUD (Tecno In S.p.A. 2009)

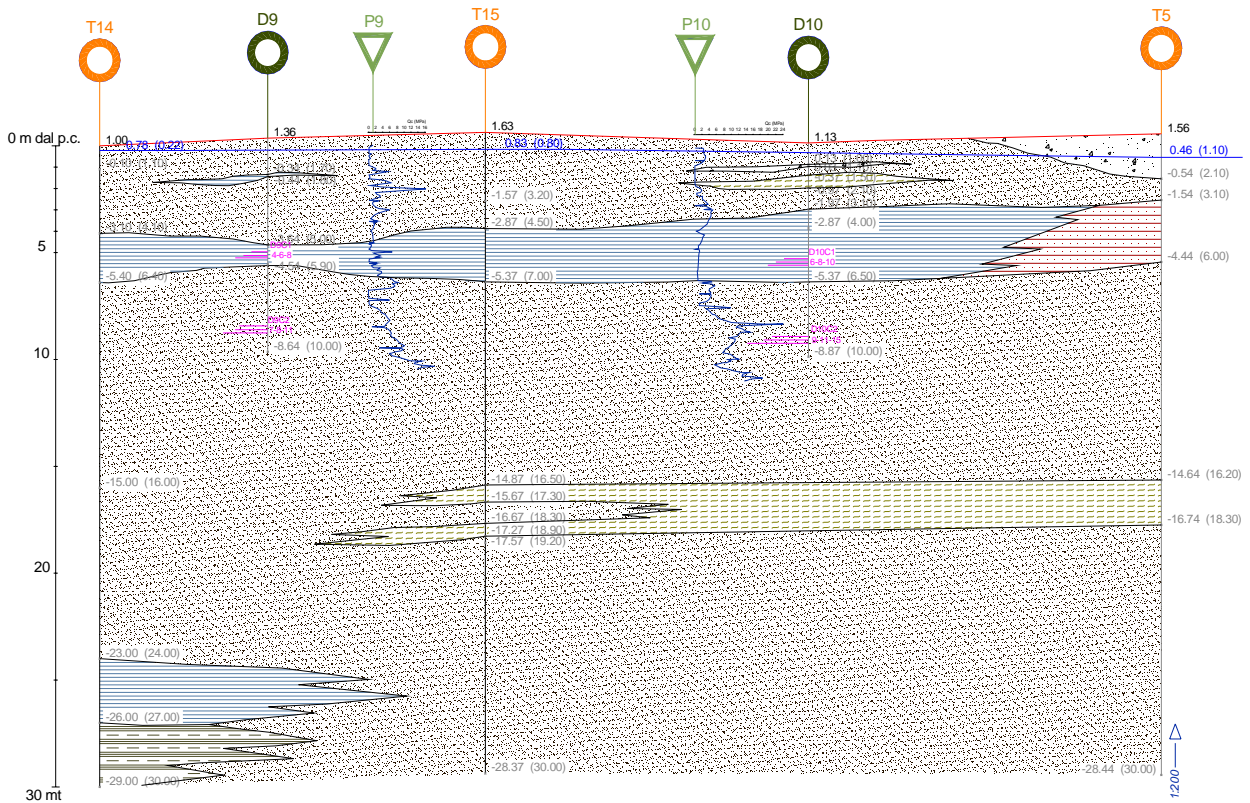
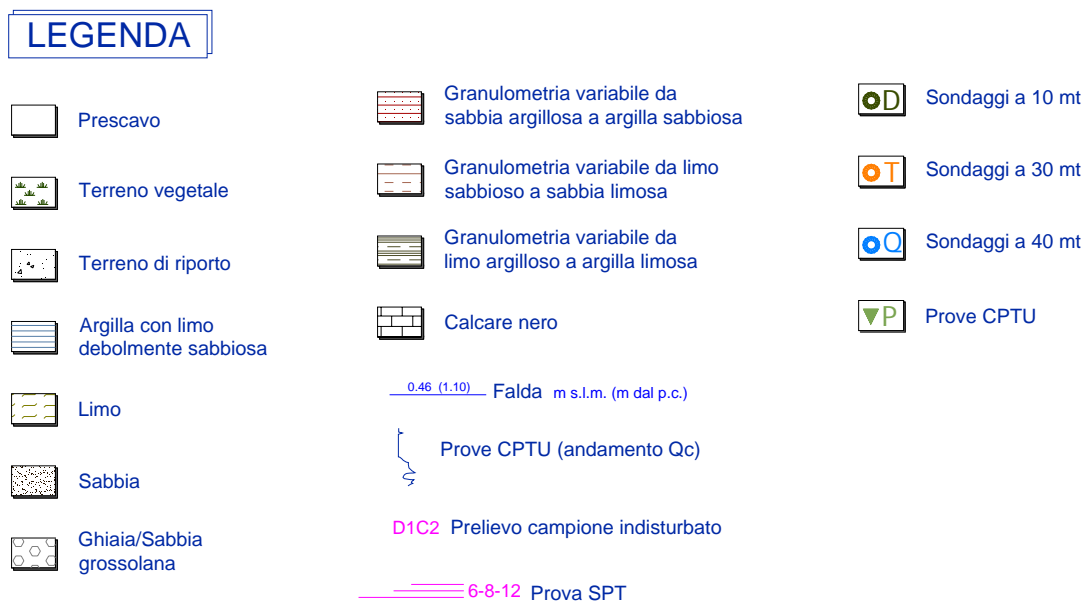


Fig. 4: Sezione 4-2, riferimento per calcolo palancolato NORD (Tecno In S.p.A. 2009)



**Fig. 5:** Legenda indagini stratigrafiche (Tecno In S.p.A. 2009)

Per sintesi si riportano i parametri geotecnici più significativi utilizzati nel calcolo di dimensionamento e verifica delle opere strutturali in progetto; per ulteriori specifiche sui litotipi interessati dalle opere in progetto si rimanda alle indagini specifiche eseguite:

Parametri medi di calcolo Sezione Palancolato tratto B:

	Spess. "m"	$\gamma$ "Kg/mc"	$c'$ "Kg/cm <sup>q</sup> "	$C_u$ "Kg/cm <sup>q</sup> "	$\phi$ "°"	$\delta$ "°"
Riporti	2.5	1750	0	-	17	9
Limi sabbiosi	6.5	1850	0.05	-	25	12
Argilla	4	1800	-	0.65	-	-
Sabbie	20	1800	0.01	-	30	15

Parametri medi di calcolo Sezione Palancolato A:

	Spess. "m"	$\gamma$ "Kg/mc"	$c'$ "Kg/cm <sup>q</sup> "	$C_u$ "Kg/cm <sup>q</sup> "	$\phi$ "°"	$\delta$ "°"
Riporti	1.5	1750	0	-	17	9
Limi sabbiosi	2.5	1850	0.05	-	25	12
Argilla	2.5	1800	-	0.65	-	-

Sabbie	20	1800	0.01	-	30	15
--------	----	------	------	---	----	----

Al fine di assolvere alla funzione di barriera idraulica della falda superficiale, il palancolato “tratto B” si ancora sul banco di argilla ad una profondità media compresa fra i -10.00 / -12.00 m da p.c., analogamente il palancolato “tratto A” si ancora ad una quota media compresa fra i -4.00 / -5.00 m dal p.c..



### 3. CARATTERISTICHE PALANCOLATO

Per quanto attiene alle proprietà dei terreni, si è fatto riferimento al modello geotecnica di sottosuolo, assumendo a riferimento le stratigrafie più prossime ai vari tratti di palanca; per ognuno dei tratti di palanca indagati è stato adottato un unico profilo strutturale del tipo Larssen 703-0.5, caratterizzato dalle seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche:

- Qualità dell'acciaio: Fe 360 »  $\sigma_{adm} = 160$  MPa
- Coefficiente di adattamento plastico min. = 1.05
- $L = 0,60$  m [ Larghezza del modulo singolo ]
- $\gamma_{acciaio} = 78,5$  kN/m<sup>3</sup> [ Peso specifico dell'acciaio ]
- $E = 2,1 \times 10^5$  MPa [ Modulo di Young dell'acciaio ]
- $J = 23000$  cm<sup>4</sup>/m [Momento d'inerzia per metro di parete]
- $W = 1150$  cm<sup>3</sup>/m [Modulo di resistenza per metro di parete]
- $A = 98$  cm<sup>2</sup>/m [Area della sezione trasversale per metro di parete]
- $w = A \cdot \gamma = 0,77$  kN/m<sup>2</sup> [Peso per unità di larghezza della palanca].

PALANCOLE LARSEN ORIGINALI PROF. 703 - 0.5

LARSEN	Momento di resistenza $W_y$ cm <sup>3</sup> /m parete	cm <sup>3</sup> / palanca singola	Peso kg/m <sup>2</sup> parete	kg/m palanca singola	Larghezza b mm	Profondità h mm	Spessore frontale t mm	Spessore ai laterali s mm	Momento di superficie 2° grado $J_y$ cm <sup>4</sup> /m parete
L 703 - 0.5	1150	408	93,0	65,1	700	400	9,0	7,7	23000

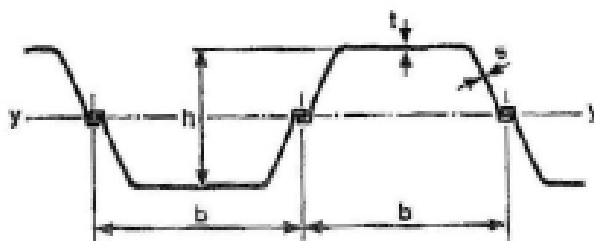


Fig. 6: Caratteristiche palanca utilizzata.

Nel tratto B le palancole previste sono lunghe 12.00 m, mentre nel tratto A sono lunghe 5.00 m.

#### **4. FASI ESECUTIVE**

Nel caso specifico, valutata la resistenza opposta dai terreni incoerenti e da quelli coesivi, si prevede che il posizionamento del palancolato avvenga mediante vibro infissione. Il procedimento prevede l'impiego di un mezzo cui viene collegato il vibroinfissore, strumento che materialmente, mediante adeguate frequenze di vibrazione e contemporanea pressione, procede all'infissione dell'elemento metallico nel terreno.

Alcune delle parti del palancolato, in seguito alla bonifica della falda, potranno essere rimossi per estrazione mediante un escavatore con sbraccio e utensile di estremità opportuno.

Per la realizzazione dei tratti di palancolato in oggetto, si prevedono le seguenti fasi:

- 1) Trasporto in cantiere di escavatore idraulico e relativo vibro-infissore;
- 2) Controllo del tracciamento, eseguito dall'appaltatore;
- 3) Trasporto in Cantiere delle palancole (di lunghezza mt. 5,00 - 12,00) mediante autoarticolato, scarico e accatastamento delle stesse mediante escavatore idraulico nei rispettivi tratti di messa in opera, posando i pezzi orizzontalmente uno dentro l'altro in cataste di circa 15 barre in modo da evitare il ribaltamento.
- 4) Posa del palancolato:
  - .-Presenza della singola barra mediante aggancio con la pinza del vibroinfissore, passaggio di apposito cavo di acciaio di sicurezza, sollevamento della palancola.
  - .-Sollevamento in verticale e posizionamento nel luogo di infissione.
  - .-Accensione del vibroinfissore che per mezzo delle vibrazioni prodotte infigge la palancola fino ad una quota tale da poter ingargamare la palancola successiva.
  - .-Sgancio del vibratore
  - .-La palancola successiva viene agganciata con il vibroinfissore, sollevata e ingargamata a quella già infissa. L'aggancio di ogni singola barra sulla precedente verrà guidato dall'operatore che farà in modo che la palancola sia posizionata in affiancamento a quella già infissa così che i giunti si inseriscano uno nell'altro.

-Per tutte le successive palancole si ripeterà la medesima operazione.

-Al termine dell'infissione di tutte le palancole, le stesse verranno portate alla quota prevista mediante vibroinfissione.

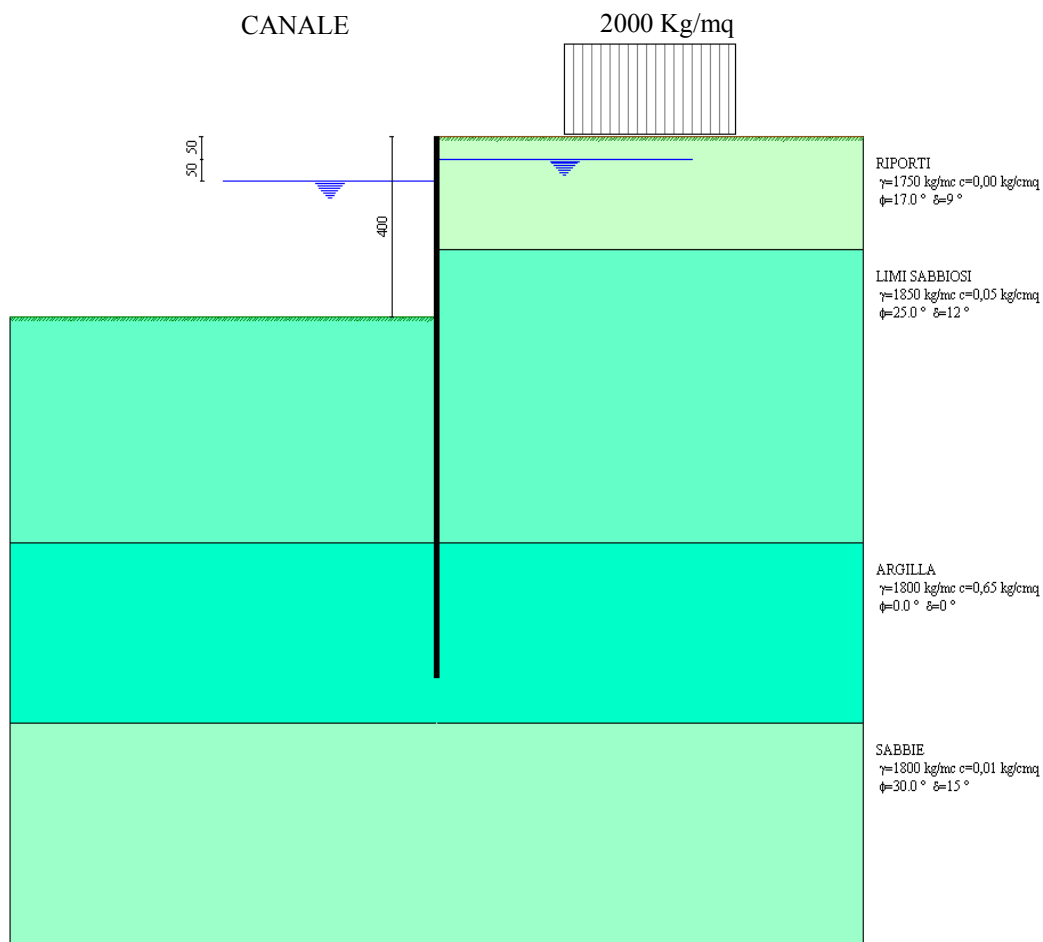
5) L'eventuale estrazione delle palancole: avverrà permettendo al mezzo cingolato di muoversi sul perimetro esterno del palancole.

## **5. MODELLI DI CALCOLO**

In relazione alle esigenze progettuali e in funzione delle possibili configurazioni di carico, sono stati individuati i modelli per il dimensionamento e verifica dei tratti di palancole in progetto.

### **Palancole tratto B**

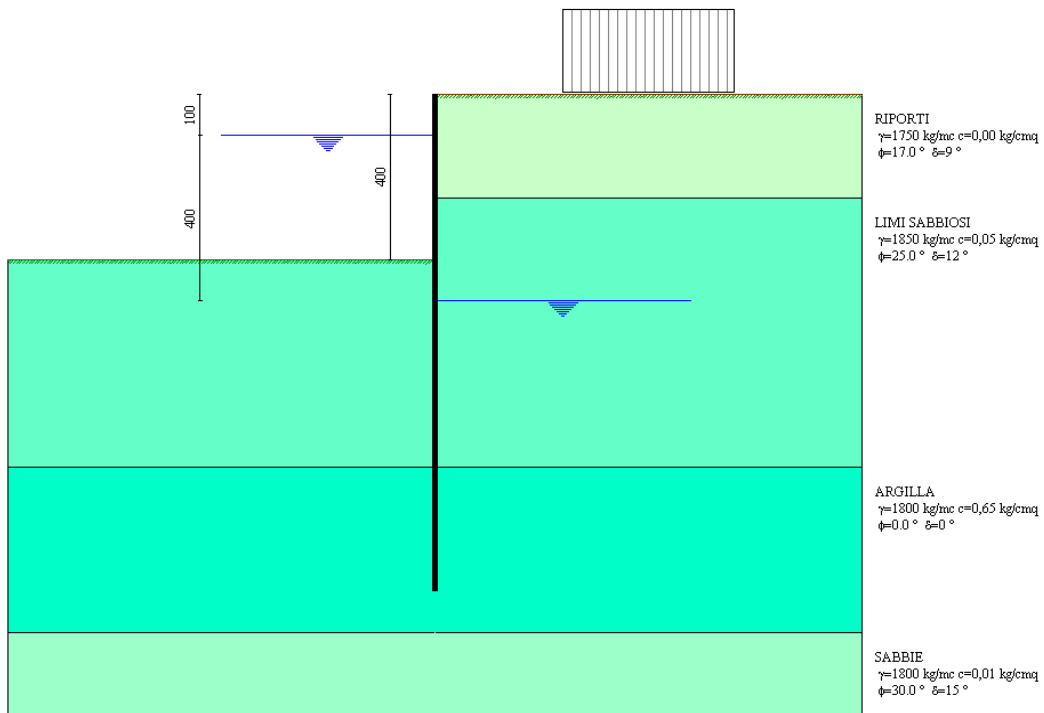
Il palancole sarà infisso a margine del canale lagunare, lato terra. Allo stato attuale il canale, nel tratto in oggetto, ha una profondità media di circa 2.00 m. In previsione di realizzare dei dragaggi di bonifica del canale, si considera che lo stesso possa avere, nella futura configurazione una profondità max. di 4.00 m. di seguito si riportano n. 4 modelli di calcolo sviluppati:



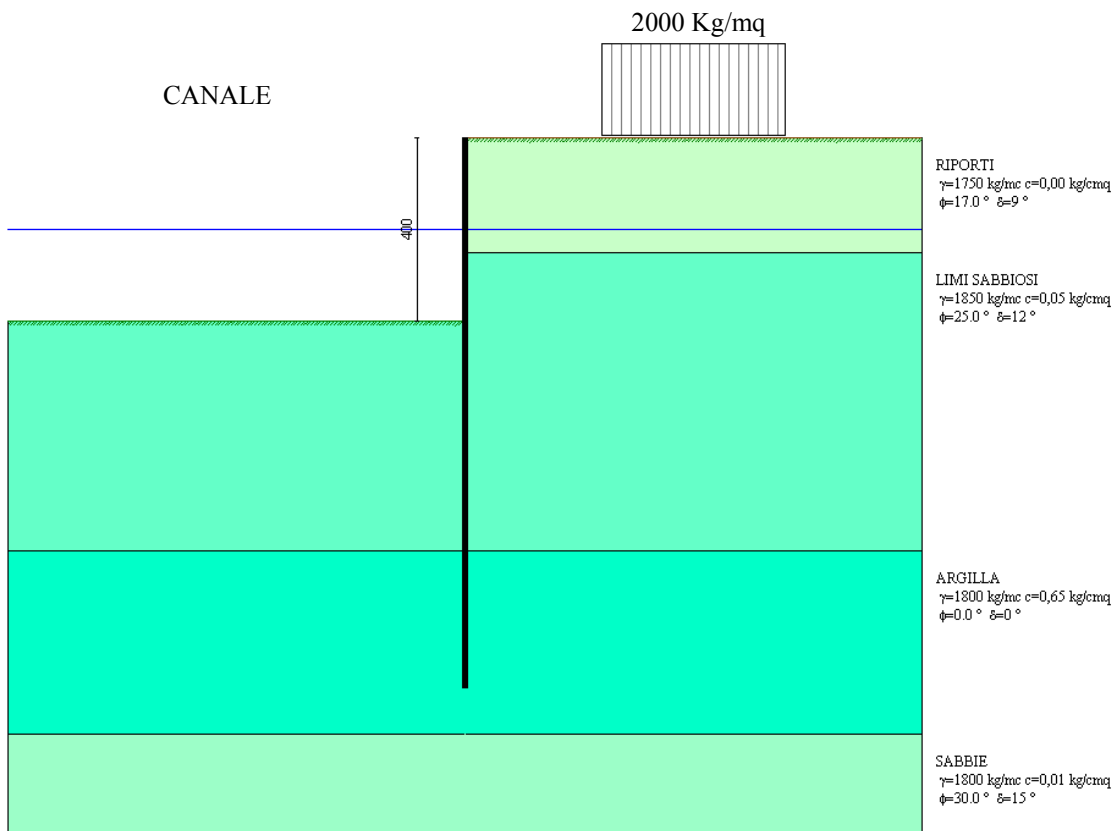
**Modello di Calcolo Condizione 1:** Canale dragato a profondità max di 4,00 ml dal p.c. e sistema di drenaggio a monte non attivo. Sovraccarico di mezzi e viabilità pari a 2000 Kg/mq; presenza di gradiente idraulico di efflusso; presenza di Sisma.

CANALE

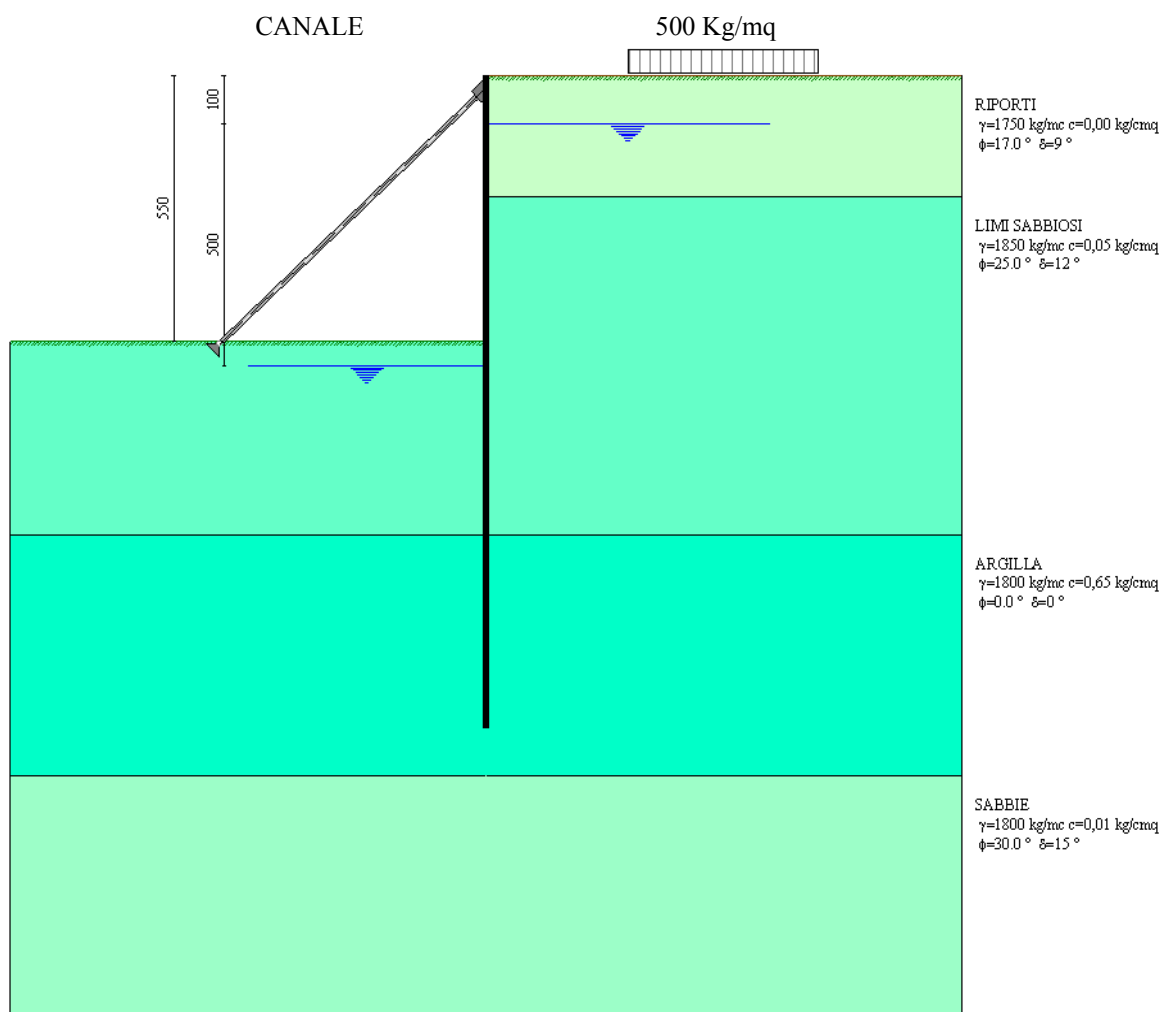
2000 kg/mq



**Modello di Calcolo Condizione 2:** Canale dragato a profondità max di 4,00 ml dal p.c. e sistema di drenaggio a monte attivo (falda depressa a -5.00 m dal p.c.). Presenza di sovraccarico pari a 2000 kg/mq; presenza di gradiente idraulico di efflusso; presenza di Sisma



**Modello di Calcolo Condizione 3:** Canale dragato a profondità max di 4,00 ml dal p.c.; livelli idrici costanti a monte e a valle, con profondità max di 2.00 m dal piano di campagna (gradiente idraulico di efflusso nullo). Presenza di sovraccarico; presenza di Sisma.

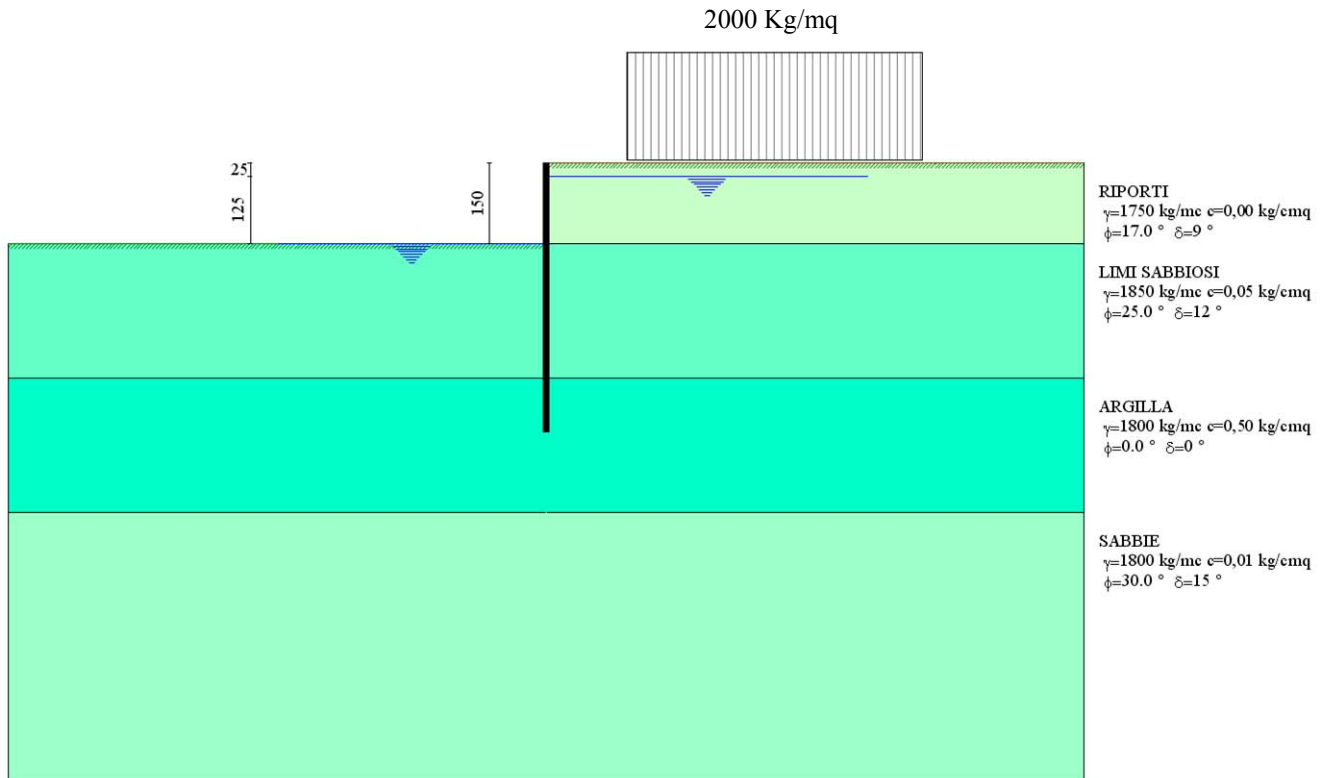


**Modello di Calcolo Condizione 4:** Ipotesi di dragaggio del canale fino alla profondità max di -5.50 m dal p.c. con sistemi di aggotamento a valle, tali da generare una differenza di carico piezometrico al piede del diaframma pari a una colonna di acqua di altezza 5.00 m.

Il modello n.4, riporta una potenziale configurazione che può realizzarsi in fase di pulizia del canale da eventuali sedimenti inquinati. In tale caso, potrà scavarsi il canale fino alla quota di -5.50 m dal piano di campagna, previo puntellamento provvisorio della testa delle palancole, eseguito con tubolari del diametro 273 mm con spessore della lamiera di 4 mm in acciaio ex Fe 430, attuale S275, posti ad un passo massimo di 3.00 m.

In tutti i modelli riportati sono state ipotizzate diverse configurazioni dei livelli idrici, a monte e a valle, al fine di eseguire le dovute verifiche a sifonamento e a sollevamento del fondo scavo.

## Palancolato tratto A



**Modello di Calcolo:** Ipotesi di riempimento a monte e/o scavo a valle; presenza di gradiente idraulico di efflusso e di sovraccarico

## 6. SINTESI RISULTATI

Il dimensionamento e la verifica strutturale dei palancolato in oggetto, è stata eseguita ai sensi del D.M. LL. PP. Del 14/02/1992 e s.m.i.; La verifica delle strutture metalliche è condotta in riferimento alla tensione ideale max. raggiunta dall'organismo strutturale. La progettazione geotecnica è stata sviluppata ai sensi del D.M. LL. PP. Del 11/03/1988 e s.m.i..

L'azione sismica è stata valutata considerando un coefficiente di intensità sismica pari a 6, come prescritto previsto dalla classificazione sismica per i siti a bassa sismicità (zone 4).

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati del progetto strutturale e geotecnica

	Mmax kgxm	Tmax kg	Umax cm	Umin cm	Cstab.	Fscavo	Fsif.	$\sigma_{id}$ Kg/cmq	Ver.
Paratia tratto B (12 m)	18610	6147	9,34	-0,132	2,35	1,67	37,60	1623	<b>OK</b>
Paratia tratto A (5 m)	2267	1990	1,129	0,000	2,34	1,71	6,39	198	<b>OK</b>



## **7. TABULATI DI CALCOLO TRATTO A**

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

# Metodo di analisi

## Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

- $K_{am}$  diagramma della spinta attiva agente da monte
- $K_{av}$  diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
- $K_{pm}$  diagramma della spinta passiva agente da monte
- $K_{pv}$  diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione

## Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

### Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota  $h$  al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Nell'ipotesi di regime idrodinamico la falda viene considerata idrodinamica, la pressione in un punto a profondità  $h_m$  dalla linea freatica se calcolata da monte risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_m \times (1-i)$$

oppure, se calcolata da valle, la pressione in un punto a profondità  $h_v$  dalla linea freatica da valle risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_v \times (1+i).$$

Il valore della pressione al piede della paratia in regime idrodinamico coincide sia se calcolata da monte che da valle.

$i$  rappresenta il gradiente idraulico nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

### **Spinta in presenza di sisma**

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W * C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 2/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in basso).

# Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta  $L$  la lunghezza libera del tirante,  $A_f$  l'area di armatura nel tirante ed  $E_s$  il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad  $L$ , area  $A_f$ , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico  $E_s$ . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

## Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se ( $m$  è l'interasse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) occorre ricavare l'area equivalente,  $A_m$ , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con  $E_m$  il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in  $Kg/cm^2$ ), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

## Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma *PAC*). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$ . Tale pressione  $p_{max}$  può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale ( $K$  matrice di rigidezza,  $u$  vettore degli spostamenti nodali,  $p$  vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassembleggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

## Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con  $u$  ed  $u_0$  gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con  $s$  ed  $s_0$  gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con  $K$  la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.



## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

# Verifiche idrauliche

## Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico  $i_C$  e il gradiente idraulico di efflusso  $i_E$ .

$$FS_{SIF} = i_C / i_E.$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio  $\gamma_m$  del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua  $\gamma_w$ .

$$i_C = \gamma_m / \gamma_w.$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico  $\Delta H$  e la lunghezza della linea di flusso  $L$ .

$$i_E = \Delta H / L.$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

## Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

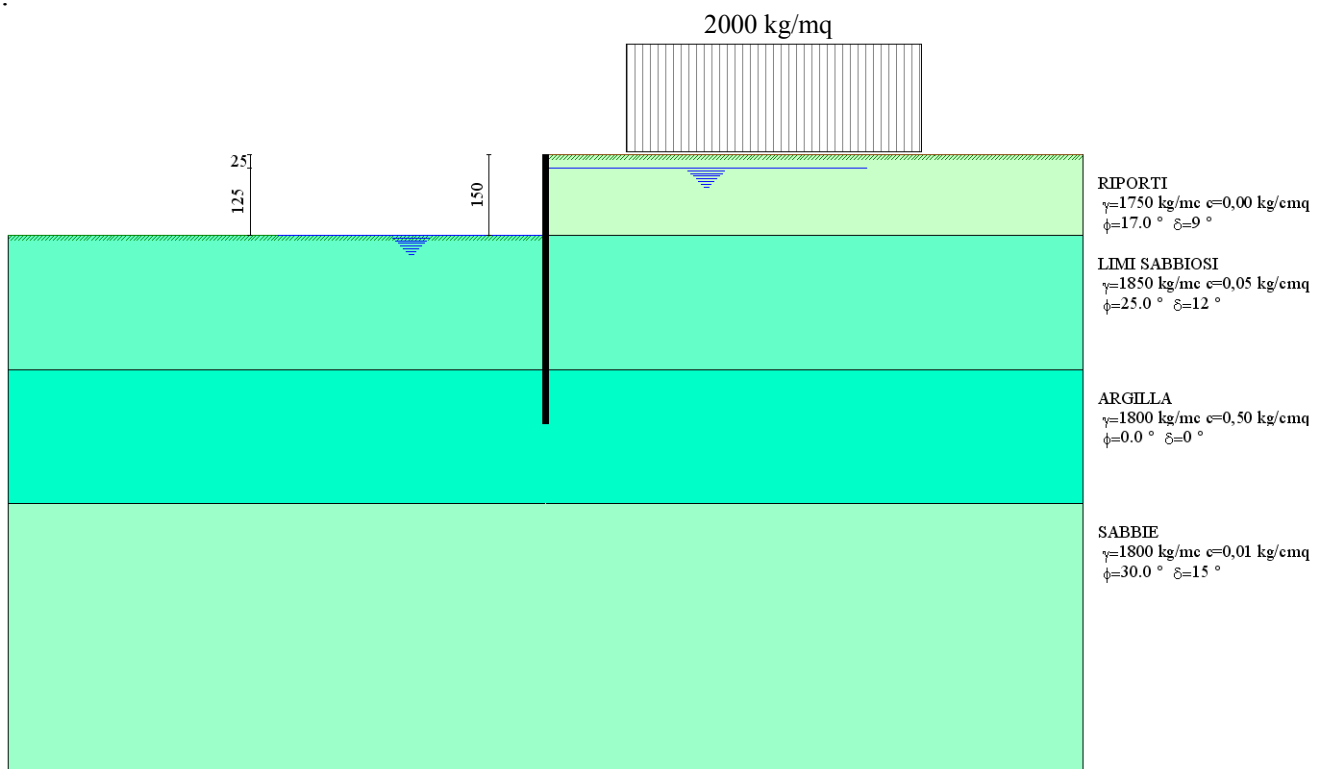
Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità  $D$  e larghezza  $D/2$ .

$D$  rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto  $W$  e la pressione idrica al piede della paratia  $U$  dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U.$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.



**Modello di Calcolo:** Ipotesi di riempimento a monte e/o scavo a valle; presenza di gradiente idraulico di efflusso e di sovraccarico

## Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia**

Altezza fuori terra	1,50	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	5,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Area per metro lineare di larghezza	98,00	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	23000,00	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	1150,00	[cm <sup>3</sup> ]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	10000,00	[kgm]
Fattore di taglio	1.20	

## Geometria cordoli

### *Simbologia adottata*

n° numero d'ordine del cordolo  
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

### Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]  
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

### Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]  
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm<sup>3</sup>]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
0	-	-	-	-	--	--

## Geometria profilo terreno

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

### **Profilo di monte**

N	X	Y	A
2	10,00	0,00	0,00

### **Profilo di valle**

N	X	Y	A
1	-10,00	-1,50	0,00
2	0,00	-1,50	0,00

## Descrizione terreni

### *Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia  
Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	RIPORTI	1750,00	1950,00	17,00	9,00	0,000
2	LIMI SABBIOSI	1850,00	2000,00	25,00	12,00	0,050
3	ARGILLA	1800,00	1900,00	0,00	0,00	0,500
4	SABBIE	1800,00	2000,00	30,00	15,00	0,010

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	1,50	0,00	0,11	RIPORTI
2	2,50	0,00	0,82	LIMI SABBIOSI
3	2,50	0,00	1,33	ARGILLA
4	5,00	0,00	2,92	SABBIE

## Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 0,25 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 1,50 [m]

Regime delle pressioni neutre: **Idrodinamico**

## Caratteristiche materiali utilizzati

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] (1600* $\phi$ =1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	Fe 360 "
------	----------



Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cmq] (1600* $\phi$ =1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cmq]

## Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$F_x$  Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle

$F_y$  Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso

$M$  Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

$V_i, V_s$  Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle

$R$  Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo       $X_i = 1,50$        $X_f = 7,00$        $Q_i = 2000$        $Q_f = 2000$

# Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

## Combinazione n° 1

Spinta terreno

## Combinazione n° 2

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

## Combinazione n° 3

Spinta terreno

## Combinazione n° 4

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

# Impostazioni di progetto

## Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988

- D.M. 16/01/1996

## Verifica materiali

Tensioni ammissibili

# Impostazioni di analisi

## **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno Pressione passiva

## Influenza $\delta$ (angolo di attrito terreno-paratia)

Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

## Stabilità globale

Metodo di Fellenius

## Verifica a sifonamento

Coefficiente di sicurezza a sifonamento 3.00

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Coefficiente di sicurezza al sollevamento del fondo scavo 1.50

## Impostazioni analisi sismica

Coefficiente di intensità sismica (percento) 6.00

Forma del diagramma di incremento sismico triangolare con vertice in basso sulla parte fuori terra

Influenza sisma nella spinta attiva da monte



# Analisi della spinta

## Pressioni terreno

### Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

$\sigma_{am}$  sigma attiva da monte

$\sigma_{av}$  sigma attiva da valle

$\sigma_{pm}$  sigma passiva da monte

$\sigma_{pv}$  sigma passiva da valle

$\delta_a$  inclinazione spinta attiva espressa in [°]

$\delta_p$  inclinazione spinta passiva espressa in [°]

### Combinazione nr. 1

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	2	0	9	0	9,0	9,0
11	1,00	632	0	2859	0	9,0	9,0
21	1,80	214	0	9843	3171	12,0	12,0
31	2,80	639	0	13870	6145	12,0	12,0
41	3,80	1062	138	17897	9114	12,0	12,0
51	4,60	0	0	15332	12574	0,0	0,0

### Combinazione nr. 2

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	2	0	9	0	9,0	9,0
11	1,00	1108	0	3184	0	9,0	9,0
21	1,80	702	0	18650	3171	12,0	12,0
31	2,80	1325	0	21272	6145	12,0	12,0
41	3,80	1733	138	19785	9114	12,0	12,0
51	4,60	0	0	15588	12574	0,0	0,0

### Combinazione nr. 3

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	102	0	9	0	9,0	9,0
11	1,00	666	0	2859	0	9,0	9,0
21	1,80	214	0	9843	3171	12,0	12,0
31	2,80	639	0	13870	6145	12,0	12,0
41	3,80	1062	138	17897	9114	12,0	12,0
51	4,60	0	0	15332	12574	0,0	0,0

### Combinazione nr. 4

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
-----	------	---------------	---------------	---------------	---------------	------------	------------

1	0,00	358	0	9	0	9,0	9,0
11	1,00	1227	0	3184	0	9,0	9,0
21	1,80	702	0	18650	3171	12,0	12,0
31	2,80	1325	0	21272	6145	12,0	12,0
41	3,80	1733	138	19785	9114	12,0	12,0
51	4,60	0	0	15588	12574	0,0	0,0

# Analisi della paratia

## L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 30 elementi fuori terra e 70 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	1,50	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	5,00	[m]

## Forze agenti sulla paratia

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

Tutte le forze sono espresse in [kg] e si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia

$Y_a$  rappresenta il punto di applicazione, rispetto alla testa della paratia, espresso in [m]

### Combinazione nr. 1

	<b>Valore</b>	<b><math>Y_a</math></b>
Spinta agente sulla paratia	721,24	0,97
Spinta falda sulla paratia	2518,94	2,25
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3827,84	2,39
Controspinta agente sulla paratia	587,67	4,72
Spostamento massimo della paratia	0,66	0,00

Punto di nullo del diagramma	1,50	[m]
Punto di inversione del diagramma	1,80	[m]
Centro di rotazione	4,15	[m]
Percentuale molle plasticizzate	8,45	[%]

### Combinazione nr. 2

	<b>Valore</b>	<b><math>Y_a</math></b>
Spinta agente sulla paratia	1063,27	1,05
Spinta falda sulla paratia	2518,94	2,25
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-4480,97	2,46
Controspinta agente sulla paratia	898,78	4,70
Spostamento massimo della paratia	0,90	0,00

Punto di nullo del diagramma	1,50	[m]
Punto di inversione del diagramma	2,15	[m]
Centro di rotazione	4,10	[m]
Percentuale molle plasticizzate	18,31	[%]

### Combinazione nr. 3

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	720,31	0,97
Incremento sismico della spinta	75,30	0,50
Spinta falda sulla paratia	2518,94	2,25
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3964,20	2,39
Controspinta agente sulla paratia	649,66	4,71
Spostamento massimo della paratia	0,70	0,00

Punto di nullo del diagramma	1,50	[m]
Punto di inversione del diagramma	1,80	[m]
Centro di rotazione	4,13	[m]
Percentuale molle plasticizzate	9,86	[%]

### Combinazione nr. 4

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	1059,98	1,05
Incremento sismico della spinta	267,29	0,50
Spinta falda sulla paratia	2518,94	2,25
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-5059,81	2,49
Controspinta agente sulla paratia	1213,63	4,69
Spostamento massimo della paratia	1,13	0,00

Punto di nullo del diagramma	1,50	[m]
Punto di inversione del diagramma	2,30	[m]
Centro di rotazione	4,07	[m]
Percentuale molle plasticizzate	22,54	[%]

# Pressioni orizzontali agenti sulla paratia

## *Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione espressa in [m]  
P pressione sulla paratia espressa in [kg/mq] positiva da monte verso valle

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 1**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,45	325,14
21	0,95	597,36
31	1,45	863,46
1	1,50	-1725,81
11	2,00	-2508,37
21	2,50	-1845,53
31	3,00	-1236,89
41	3,50	-676,48
51	4,00	-198,24
61	4,50	571,22
71	5,00	1376,35

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 2**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,45	325,14
21	0,95	956,20
31	1,45	1517,54
1	1,50	-1211,29
11	2,00	-2852,09
21	2,50	-2477,63
31	3,00	-1637,26
41	3,50	-864,63
51	4,00	-186,69
61	4,50	889,54
71	5,00	1993,79

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 3**

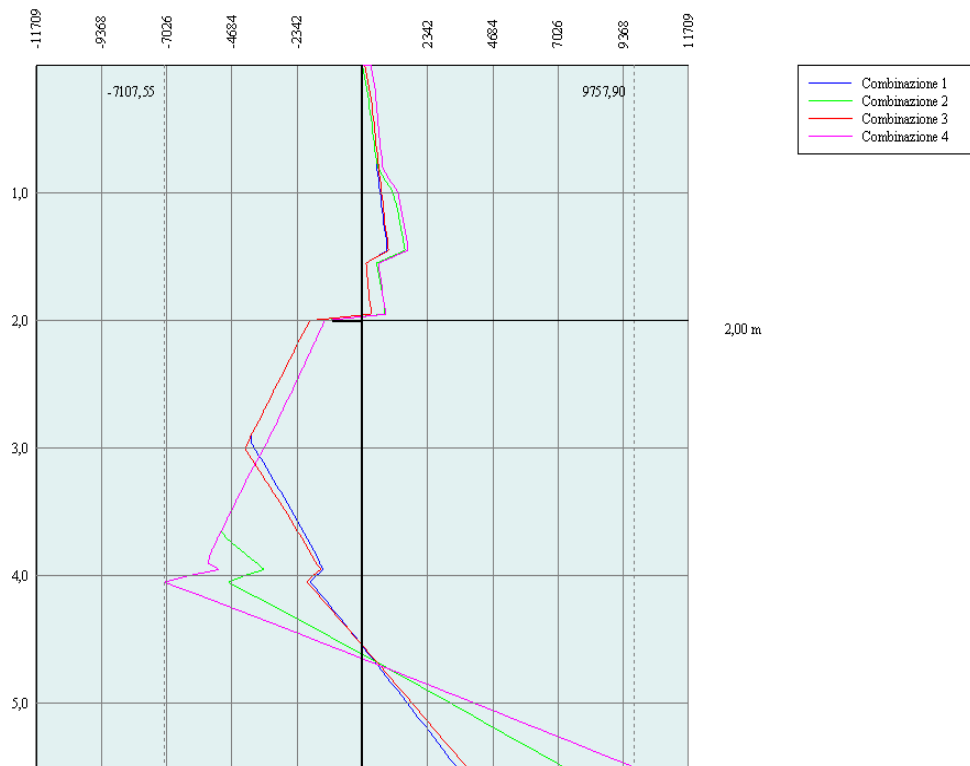
<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,45	394,55
21	0,95	633,72
31	1,45	866,77

1	1,50	-1725,81
11	2,00	-2640,70
21	2,50	-1935,30
31	3,00	-1288,95
41	3,50	-695,10
51	4,00	-182,91
61	4,50	636,43
71	5,00	1486,91

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 4**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,45	571,53
21	0,95	1085,27
31	1,45	1529,27
1	1,50	-1211,29
11	2,00	-2852,09
21	2,50	-3057,45
31	3,00	-1997,80
41	3,50	-1025,87
51	4,00	-156,91
61	4,50	1209,57
71	5,00	2592,20

## Diagramma delle pressioni



# Stabilità globale

## Metodo di Fellenius

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N° numero d'ordine della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

## Combinazione nr. 1

Numero di cerchi analizzati 100  
Numero di strisce 50,00

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 1,00

Raggio del cerchio R[m] = 6,00

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,47

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,93

Coefficiente di sicurezza C= 4,89

## Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	92,08	-63,21	-82,20	0,51	25,00	0,050	0,020	(0; 0)
2	280,02	-58,70	-239,27	0,44	25,00	0,050	0,061	(0; 0)
3	438,61	-54,73	-358,08	0,39	25,00	0,050	0,096	(0; 0)
4	576,19	-51,11	-448,48	0,36	25,00	0,050	0,127	(0; 0)
5	697,58	-47,76	-516,45	0,34	25,00	0,050	0,153	(0; 0)
6	805,85	-44,62	-565,99	0,32	25,00	0,050	0,177	(0; 0)
7	903,10	-41,63	-599,98	0,30	25,00	0,050	0,198	(0; 0)
8	990,85	-38,78	-620,65	0,29	25,00	0,050	0,218	(0; 0)
9	1070,25	-36,04	-629,74	0,28	25,00	0,050	0,235	(0; 0)
10	1141,65	-33,40	-628,40	0,27	12,50	0,275	0,251	(0; 0)
11	1203,86	-30,83	-616,94	0,27	0,00	0,500	0,265	(0; 0)
12	1259,81	-28,33	-597,78	0,26	0,00	0,500	0,278	(0; 0)



13	1310,26	-25,88	-571,98	0,25	0,00	0,500	0,290	(0; 0)
14	1355,57	-23,49	-540,30	0,25	0,00	0,500	0,300	(0; 0)
15	1396,02	-21,14	-503,42	0,24	0,00	0,500	0,310	(0; 0)
16	1431,86	-18,82	-461,99	0,24	0,00	0,500	0,318	(0; 0)
17	1463,28	-16,54	-416,58	0,24	0,00	0,500	0,325	(0; 0)
18	1490,45	-14,28	-367,74	0,23	0,00	0,500	0,331	(0; 0)
19	1513,51	-12,05	-315,98	0,23	0,00	0,500	0,337	(0; 0)
20	1532,56	-9,84	-261,78	0,23	0,00	0,500	0,341	(0; 0)
21	1547,71	-7,63	-205,62	0,23	0,00	0,500	0,345	(0; 0)
22	1559,00	-5,45	-147,94	0,23	0,00	0,500	0,347	(0; 0)
23	1566,51	-3,26	-89,19	0,23	0,00	0,500	0,349	(0; 0)
24	1570,25	-1,09	-29,80	0,23	0,00	0,500	0,350	(0; 0)
25	2226,63	1,09	42,29	0,23	0,00	0,500	0,475	(0; 0)
26	2222,88	3,27	126,66	0,23	0,00	0,500	0,474	(0; 0)
27	2215,36	5,45	210,39	0,23	0,00	0,500	0,472	(0; 0)
28	2204,03	7,64	293,04	0,23	0,00	0,500	0,470	(0; 0)
29	2188,86	9,84	374,17	0,23	0,00	0,500	0,466	(0; 0)
30	2169,76	12,06	453,34	0,23	0,00	0,500	0,462	(0; 0)
31	2146,65	14,30	530,05	0,24	0,00	0,500	0,456	(0; 0)
32	2119,41	16,55	603,84	0,24	0,00	0,500	0,450	(0; 0)
33	2087,92	18,84	674,19	0,24	0,00	0,500	0,443	(0; 0)
34	2051,99	21,15	740,55	0,24	0,00	0,500	0,434	(0; 0)
35	2011,44	23,51	802,33	0,25	0,00	0,500	0,425	(0; 0)
36	1966,02	25,90	858,91	0,25	0,00	0,500	0,415	(0; 0)
37	1915,44	28,35	909,58	0,26	0,00	0,500	0,403	(0; 0)
38	1859,34	30,85	953,59	0,27	0,00	0,500	0,390	(0; 0)
39	1796,95	33,43	989,87	0,27	12,50	0,275	0,376	(0; 0)
40	1725,34	36,08	1015,99	0,28	25,00	0,050	0,360	(0; 0)
41	1645,72	38,82	1031,65	0,29	25,00	0,050	0,342	(0; 0)
42	1557,71	41,67	1035,69	0,31	25,00	0,050	0,323	(0; 0)
43	1460,17	44,66	1026,34	0,32	25,00	0,050	0,302	(0; 0)
44	1351,56	47,81	1001,40	0,34	25,00	0,050	0,278	(0; 0)
45	1229,75	51,17	957,93	0,36	25,00	0,050	0,251	(0; 0)
46	1091,66	54,79	891,92	0,40	25,00	0,050	0,221	(0; 0)
47	932,40	58,78	797,34	0,44	25,00	0,050	0,186	(0; 0)
48	743,51	63,30	664,21	0,51	25,00	0,050	0,144	(0; 0)
49	510,64	68,72	475,82	0,63	17,00	0,000	0,092	(0; 0)
50	186,25	75,52	180,33	0,91	17,00	0,000	0,019	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 70814,22$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 7825,14$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 6285,87$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 38363,73$  [kg]

**Combinazione nr. 2**

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 1,00  
 Raggio del cerchio R[m] = 6,00  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,47  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,93  
 Coefficiente di sicurezza C= 2,98

**Caratteristiche delle strisce**

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	92,08	-63,21	-82,20	0,51	25,00	0,050	0,020	(0; 0)
2	280,02	-58,70	-239,27	0,44	25,00	0,050	0,061	(0; 0)
3	438,61	-54,73	-358,08	0,39	25,00	0,050	0,096	(0; 0)
4	576,19	-51,11	-448,48	0,36	25,00	0,050	0,127	(0; 0)
5	697,58	-47,76	-516,45	0,34	25,00	0,050	0,153	(0; 0)
6	805,85	-44,62	-565,99	0,32	25,00	0,050	0,177	(0; 0)
7	903,10	-41,63	-599,98	0,30	25,00	0,050	0,198	(0; 0)
8	990,85	-38,78	-620,65	0,29	25,00	0,050	0,218	(0; 0)
9	1070,25	-36,04	-629,74	0,28	25,00	0,050	0,235	(0; 0)
10	1141,65	-33,40	-628,40	0,27	12,50	0,275	0,251	(0; 0)
11	1203,86	-30,83	-616,94	0,27	0,00	0,500	0,265	(0; 0)
12	1259,81	-28,33	-597,78	0,26	0,00	0,500	0,278	(0; 0)
13	1310,26	-25,88	-571,98	0,25	0,00	0,500	0,290	(0; 0)
14	1355,57	-23,49	-540,30	0,25	0,00	0,500	0,300	(0; 0)
15	1396,02	-21,14	-503,42	0,24	0,00	0,500	0,310	(0; 0)
16	1431,86	-18,82	-461,99	0,24	0,00	0,500	0,318	(0; 0)
17	1463,28	-16,54	-416,58	0,24	0,00	0,500	0,325	(0; 0)
18	1490,45	-14,28	-367,74	0,23	0,00	0,500	0,331	(0; 0)
19	1513,51	-12,05	-315,98	0,23	0,00	0,500	0,337	(0; 0)
20	1532,56	-9,84	-261,78	0,23	0,00	0,500	0,341	(0; 0)
21	1547,71	-7,63	-205,62	0,23	0,00	0,500	0,345	(0; 0)
22	1559,00	-5,45	-147,94	0,23	0,00	0,500	0,347	(0; 0)
23	1566,51	-3,26	-89,19	0,23	0,00	0,500	0,349	(0; 0)
24	1570,25	-1,09	-29,80	0,23	0,00	0,500	0,350	(0; 0)
25	2226,63	1,09	42,29	0,23	0,00	0,500	0,475	(0; 0)
26	2222,88	3,27	126,66	0,23	0,00	0,500	0,474	(0; 0)
27	2215,36	5,45	210,39	0,23	0,00	0,500	0,472	(0; 0)
28	2204,03	7,64	293,04	0,23	0,00	0,500	0,470	(0; 0)
29	2188,86	9,84	374,17	0,23	0,00	0,500	0,466	(0; 0)
30	2169,76	12,06	453,34	0,23	0,00	0,500	0,462	(0; 0)
31	2337,03	14,30	577,07	0,24	0,00	0,500	0,456	(0; 0)
32	2575,18	16,55	733,70	0,24	0,00	0,500	0,450	(0; 0)
33	2543,68	18,84	821,36	0,24	0,00	0,500	0,443	(0; 0)
34	2507,76	21,15	905,03	0,24	0,00	0,500	0,434	(0; 0)

35	2467,21	23,51	984,13	0,25	0,00	0,500	0,425	(0; 0)
36	2421,79	25,90	1058,02	0,25	0,00	0,500	0,415	(0; 0)
37	2371,21	28,35	1126,02	0,26	0,00	0,500	0,403	(0; 0)
38	2315,11	30,85	1187,34	0,27	0,00	0,500	0,390	(0; 0)
39	2252,72	33,43	1240,94	0,27	12,50	0,275	0,376	(0; 0)
40	2181,11	36,08	1284,38	0,28	25,00	0,050	0,360	(0; 0)
41	2101,49	38,82	1317,36	0,29	25,00	0,050	0,342	(0; 0)
42	2013,48	41,67	1338,72	0,31	25,00	0,050	0,323	(0; 0)
43	1915,94	44,66	1346,70	0,32	25,00	0,050	0,302	(0; 0)
44	1807,33	47,81	1339,09	0,34	25,00	0,050	0,278	(0; 0)
45	1685,52	51,17	1312,96	0,36	25,00	0,050	0,251	(0; 0)
46	1547,43	54,79	1264,29	0,40	25,00	0,050	0,221	(0; 0)
47	1388,17	58,78	1187,08	0,44	25,00	0,050	0,186	(0; 0)
48	1199,28	63,30	1071,37	0,51	25,00	0,050	0,144	(0; 0)
49	966,41	68,72	900,51	0,63	17,00	0,000	0,092	(0; 0)
50	642,01	75,52	621,61	0,91	17,00	0,000	0,019	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 150478,45$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 21126,41$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 13992,99$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 76727,47$  [kg]

### Combinazione nr. 3

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 2,50

Raggio del cerchio R[m] = 7,50

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,36

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7,08

Coefficiente di sicurezza C= 3,67

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	95,38	-56,11	-79,17	0,47	25,00	0,050	0,018	(0; 0)
2	291,53	-52,63	-231,68	0,44	25,00	0,050	0,055	(0; 0)
3	465,15	-49,41	-353,21	0,41	25,00	0,050	0,088	(0; 0)
4	620,56	-46,39	-449,29	0,38	25,00	0,050	0,117	(0; 0)
5	760,75	-43,52	-523,90	0,37	25,00	0,050	0,144	(0; 0)
6	887,85	-40,79	-580,06	0,35	25,00	0,050	0,168	(0; 0)
7	1003,47	-38,17	-620,15	0,34	25,00	0,050	0,189	(0; 0)



8	1108,86	-35,64	-646,11	0,33	25,00	0,050	0,209	(0; 0)
9	1204,98	-33,19	-659,56	0,32	25,00	0,050	0,228	(0; 0)
10	1292,60	-30,80	-661,86	0,31	25,00	0,050	0,244	(0; 0)
11	1370,03	-28,47	-653,12	0,30	0,00	0,500	0,259	(0; 0)
12	1438,92	-26,19	-635,15	0,30	0,00	0,500	0,273	(0; 0)
13	1501,29	-23,96	-609,66	0,29	0,00	0,500	0,285	(0; 0)
14	1557,48	-21,76	-577,48	0,29	0,00	0,500	0,296	(0; 0)
15	1607,79	-19,60	-539,35	0,28	0,00	0,500	0,306	(0; 0)
16	1652,47	-17,47	-495,99	0,28	0,00	0,500	0,315	(0; 0)
17	1691,72	-15,36	-448,03	0,27	0,00	0,500	0,323	(0; 0)
18	1725,72	-13,27	-396,09	0,27	0,00	0,500	0,330	(0; 0)
19	1754,62	-11,20	-340,77	0,27	0,00	0,500	0,336	(0; 0)
20	1778,53	-9,14	-282,61	0,27	0,00	0,500	0,340	(0; 0)
21	1797,54	-7,10	-222,16	0,27	0,00	0,500	0,344	(0; 0)
22	1811,74	-5,06	-159,94	0,27	0,00	0,500	0,347	(0; 0)
23	1821,18	-3,04	-96,46	0,27	0,00	0,500	0,349	(0; 0)
24	1825,89	-1,01	-32,24	0,26	0,00	0,500	0,350	(0; 0)
25	2660,53	1,04	48,31	0,27	0,00	0,500	0,475	(0; 0)
26	2655,41	3,12	144,64	0,27	0,00	0,500	0,474	(0; 0)
27	2645,14	5,21	240,14	0,27	0,00	0,500	0,472	(0; 0)
28	2629,69	7,30	334,23	0,27	0,00	0,500	0,469	(0; 0)
29	2609,00	9,41	426,34	0,28	0,00	0,500	0,465	(0; 0)
30	2582,97	11,52	515,89	0,28	0,00	0,500	0,460	(0; 0)
31	2551,50	13,65	602,26	0,28	0,00	0,500	0,454	(0; 0)
32	2514,45	15,80	684,83	0,28	0,00	0,500	0,447	(0; 0)
33	2471,65	17,98	762,93	0,29	0,00	0,500	0,438	(0; 0)
34	2422,90	20,18	835,87	0,29	0,00	0,500	0,429	(0; 0)
35	2367,95	22,41	902,91	0,29	0,00	0,500	0,418	(0; 0)
36	2306,52	24,68	963,25	0,30	0,00	0,500	0,406	(0; 0)
37	2238,25	27,00	1016,03	0,31	0,00	0,500	0,393	(0; 0)
38	2162,59	29,36	1060,23	0,31	12,50	0,275	0,379	(0; 0)
39	2076,06	31,77	1093,22	0,32	25,00	0,050	0,362	(0; 0)
40	1979,63	34,26	1114,34	0,33	25,00	0,050	0,345	(0; 0)
41	1873,63	36,81	1122,74	0,34	25,00	0,050	0,325	(0; 0)
42	1757,08	39,46	1116,73	0,35	25,00	0,050	0,304	(0; 0)
43	1628,77	42,21	1094,36	0,37	25,00	0,050	0,280	(0; 0)
44	1487,12	45,09	1053,23	0,39	25,00	0,050	0,254	(0; 0)
45	1330,02	48,12	990,31	0,41	25,00	0,050	0,225	(0; 0)
46	1154,59	51,35	901,67	0,44	25,00	0,050	0,193	(0; 0)
47	956,69	54,82	781,93	0,47	25,00	0,050	0,157	(0; 0)
48	731,49	58,62	624,51	0,52	21,00	0,025	0,115	(0; 0)
49	471,39	62,90	419,66	0,60	17,00	0,000	0,066	(0; 0)
50	160,86	67,18	148,28	0,70	17,00	0,000	0,007	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 231970,40$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 29831,22$  [kg]

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 22413,98 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 119094,59 \text{ [kg]}$$

#### Combinazione nr. 4

Numero di cerchi analizzati 100

Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 2,00

Raggio del cerchio R[m] = 7,00

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,07

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,72

Coefficiente di sicurezza C= 2,45

#### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	96,17	-58,17	-81,71	0,48	25,00	0,050	0,019	(0; 0)
2	288,61	-54,42	-234,74	0,43	25,00	0,050	0,057	(0; 0)
3	457,03	-51,00	-355,17	0,40	25,00	0,050	0,090	(0; 0)
4	606,60	-47,81	-449,46	0,38	25,00	0,050	0,120	(0; 0)
5	740,72	-44,81	-522,05	0,36	25,00	0,050	0,146	(0; 0)
6	861,79	-41,96	-576,21	0,34	25,00	0,050	0,170	(0; 0)
7	971,53	-39,23	-614,46	0,33	25,00	0,050	0,192	(0; 0)
8	1071,28	-36,61	-638,82	0,32	25,00	0,050	0,212	(0; 0)
9	1162,05	-34,07	-650,94	0,31	25,00	0,050	0,230	(0; 0)
10	1244,54	-31,60	-652,16	0,30	25,00	0,050	0,246	(0; 0)
11	1317,01	-29,20	-642,53	0,29	0,00	0,500	0,261	(0; 0)
12	1381,74	-26,85	-624,17	0,28	0,00	0,500	0,274	(0; 0)
13	1440,28	-24,56	-598,56	0,28	0,00	0,500	0,287	(0; 0)
14	1492,96	-22,30	-566,50	0,27	0,00	0,500	0,298	(0; 0)
15	1540,10	-20,08	-528,73	0,27	0,00	0,500	0,307	(0; 0)
16	1581,93	-17,89	-485,92	0,27	0,00	0,500	0,316	(0; 0)
17	1618,65	-15,73	-438,70	0,26	0,00	0,500	0,324	(0; 0)
18	1650,45	-13,59	-387,68	0,26	0,00	0,500	0,330	(0; 0)
19	1677,46	-11,46	-333,40	0,26	0,00	0,500	0,336	(0; 0)
20	1699,79	-9,36	-276,41	0,26	0,00	0,500	0,341	(0; 0)
21	1717,56	-7,27	-217,24	0,25	0,00	0,500	0,344	(0; 0)
22	1730,82	-5,18	-156,37	0,25	0,00	0,500	0,347	(0; 0)
23	1739,63	-3,11	-94,30	0,25	0,00	0,500	0,349	(0; 0)
24	1744,03	-1,04	-31,51	0,25	0,00	0,500	0,350	(0; 0)
25	2523,41	1,06	46,56	0,26	0,00	0,500	0,475	(0; 0)
26	2518,73	3,17	139,42	0,26	0,00	0,500	0,474	(0; 0)
27	2509,35	5,29	231,50	0,26	0,00	0,500	0,472	(0; 0)
28	2495,22	7,42	322,28	0,26	0,00	0,500	0,469	(0; 0)
29	2476,30	9,56	411,21	0,26	0,00	0,500	0,465	(0; 0)

30	2551,72	11,71	517,90	0,26	0,00	0,500	0,460	(0; 0)
31	2940,24	13,88	705,26	0,27	0,00	0,500	0,454	(0; 0)
32	2906,33	16,07	804,38	0,27	0,00	0,500	0,448	(0; 0)
33	2867,15	18,28	899,34	0,27	0,00	0,500	0,440	(0; 0)
34	2822,49	20,52	989,50	0,28	0,00	0,500	0,430	(0; 0)
35	2772,14	22,80	1074,15	0,28	0,00	0,500	0,420	(0; 0)
36	2715,80	25,11	1152,55	0,29	0,00	0,500	0,409	(0; 0)
37	2653,16	27,47	1223,89	0,29	0,00	0,500	0,396	(0; 0)
38	2583,80	29,88	1287,26	0,30	0,00	0,500	0,382	(0; 0)
39	2504,98	32,35	1340,45	0,31	25,00	0,050	0,366	(0; 0)
40	2416,21	34,89	1382,14	0,31	25,00	0,050	0,349	(0; 0)
41	2318,48	37,51	1411,82	0,33	25,00	0,050	0,330	(0; 0)
42	2210,85	40,23	1427,90	0,34	25,00	0,050	0,309	(0; 0)
43	2092,08	43,06	1428,45	0,35	25,00	0,050	0,286	(0; 0)
44	1960,60	46,03	1411,08	0,37	25,00	0,050	0,261	(0; 0)
45	1814,25	49,17	1372,77	0,40	25,00	0,050	0,232	(0; 0)
46	1650,05	52,53	1309,51	0,42	25,00	0,050	0,201	(0; 0)
47	1463,55	56,16	1215,63	0,46	25,00	0,050	0,165	(0; 0)
48	1248,53	60,19	1083,28	0,52	21,00	0,025	0,123	(0; 0)
49	996,26	64,80	901,41	0,61	17,00	0,000	0,073	(0; 0)
50	683,15	69,85	641,33	0,75	17,00	0,000	0,010	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

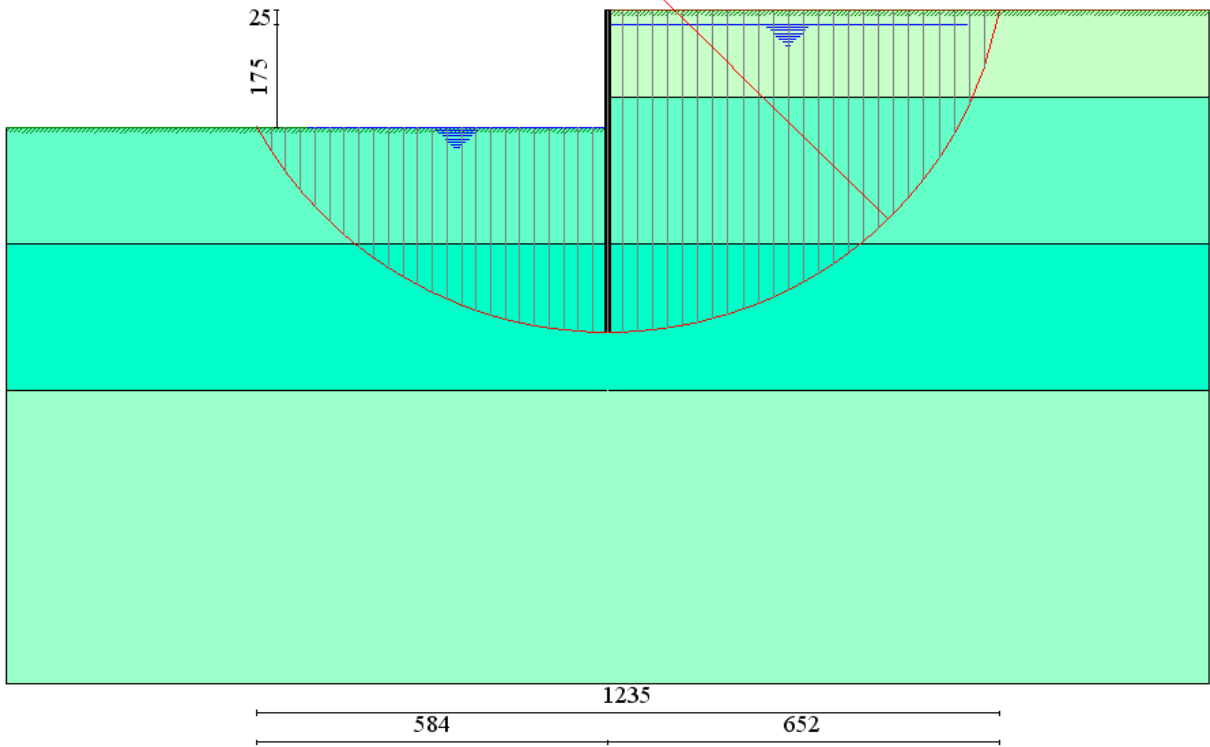
$\Sigma W_i = 320497,92$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 44404,46$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 31823,24$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 160245,68$  [kg]

C= 2,34  
R=6,60m  
X= 0,00 Y= 1,10



# Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

## Simbologia adottata

Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
$M_{max}$ , $M_{min}$	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
$N_{max}$ , $N_{min}$	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
$T_{max}$ , $T_{min}$	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

## Combinazione nr. 1

$y_{Mmax} = 2,45$	$M_{max} = 1295$	$y_{Mmin} = 0,00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 1,50$	$T_{max} = 1384$	$y_{Tmin} = 3,75$	$T_{min} = -746$
$y_{Nmax} = 5,00$	$N_{max} = 385$	$y_{Nmin} = 0,00$	$N_{min} = 0$

## Combinazione nr. 2

$y_{Mmax} = 2,55$	$M_{max} = 1764$	$y_{Mmin} = 0,00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 1,50$	$T_{max} = 1726$	$y_{Tmin} = 3,80$	$T_{min} = -1059$
$y_{Nmax} = 5,00$	$N_{max} = 385$	$y_{Nmin} = 0,00$	$N_{min} = 0$

## Combinazione nr. 3

$y_{Mmax} = 2,45$	$M_{max} = 1411$	$y_{Mmin} = 0,00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 1,50$	$T_{max} = 1458$	$y_{Tmin} = 3,75$	$T_{min} = -813$
$y_{Nmax} = 5,00$	$N_{max} = 385$	$y_{Nmin} = 0,00$	$N_{min} = 0$

## Combinazione nr. 4

$y_{Mmax} = 2,55$	$M_{max} = 2267$	$y_{Mmin} = 5,00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 1,50$	$T_{max} = 1990$	$y_{Tmin} = 3,85$	$T_{min} = -1378$
$y_{Nmax} = 5,00$	$N_{max} = 385$	$y_{Nmin} = 0,00$	$N_{min} = 0$

# Sollecitazioni per metro di paratia

## Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio espresso in [kg]



### Combinazione nr. 1

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	19,36	38,47	123,92
21	1,00	181,04	76,93	580,27
31	1,50	657,92	115,39	1384,11
41	1,95	1137,05	150,01	620,91
51	2,45	1294,83	188,48	-57,67
61	2,95	1167,31	226,94	-492,83
71	3,45	870,22	265,41	-710,69
81	3,95	507,13	303,87	-732,69
91	4,45	172,36	342,34	-547,14
101	4,95	1,73	380,80	-34,79

### Combinazione nr. 2

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	19,36	38,46	123,92
21	1,00	184,94	76,93	631,27
31	1,50	756,03	115,39	1726,14
41	1,95	1429,64	150,01	1101,64
51	2,45	1757,09	188,48	88,59
61	2,95	1638,72	226,94	-609,63
71	3,45	1244,71	265,41	-979,19
81	3,95	732,21	303,87	-1050,44
91	4,45	249,32	342,34	-789,10
101	4,95	2,50	380,80	-50,22

### Combinazione nr. 3

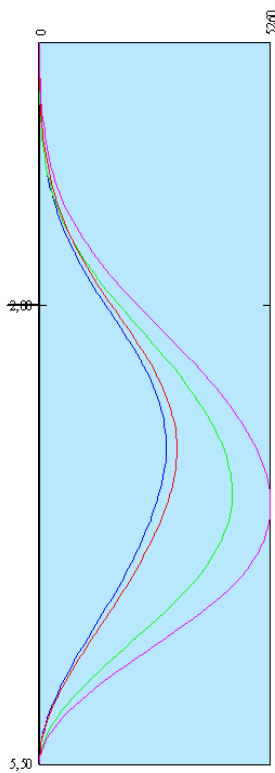
n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	30,37	38,47	165,24
21	1,00	219,59	76,93	646,38
31	1,50	732,27	115,40	1458,49
41	1,95	1243,01	150,01	668,88
51	2,45	1411,20	188,48	-66,09
61	2,95	1270,55	226,94	-537,45
71	3,45	946,33	265,41	-773,66
81	3,95	550,58	303,87	-798,05
91	4,45	186,60	342,34	-592,72
101	4,95	1,87	380,80	-37,55

### Combinazione nr. 4

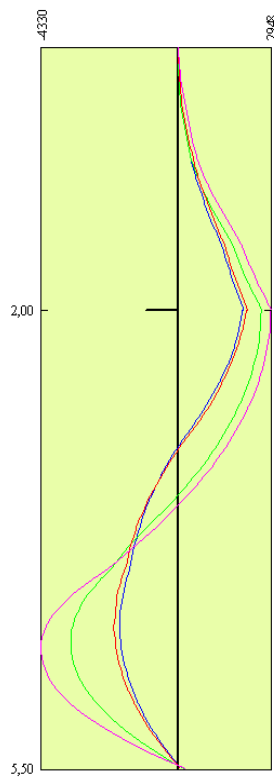
n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00

11	0,50	58,44	38,47	270,58
21	1,00	321,78	76,93	865,94
31	1,50	1019,95	115,39	1990,14
41	1,95	1812,36	150,01	1365,64
51	2,45	2252,20	188,48	181,86
61	2,95	2121,99	226,94	-756,05
71	3,45	1620,34	265,41	-1260,29
81	3,95	954,77	303,87	-1370,25
91	4,45	324,53	342,34	-1026,76
101	4,95	3,25	380,80	-65,18

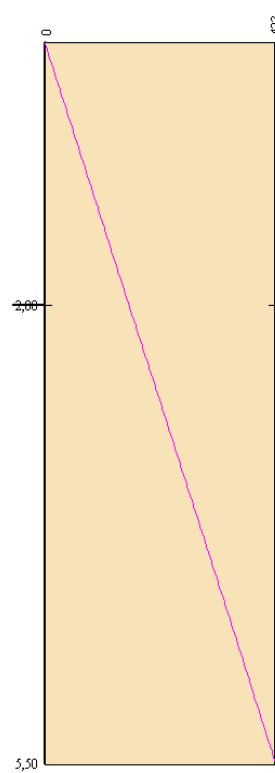
Momenti



Taglio



Sforzo Normale



# Verifiche idrauliche

## Verifica a sifonamento

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $\gamma_m$  : Peso di galleggiamento medio espresso in [kg/cm<sup>3</sup>]  
 $i_c$  : Gradiente idraulico critico  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $FS_{sif}$  : Coefficiente di sicurezza a sifonamento

### Combinazione nr. 1

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
1,25	8,25	968,18	0,97	0,15	6,39

### Combinazione nr. 2

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
1,25	8,25	968,18	0,97	0,15	6,39

### Combinazione nr. 3

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
1,25	8,25	968,18	0,97	0,15	6,39

### Combinazione nr. 4

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
1,25	8,25	968,18	0,97	0,15	6,39

## Verifica al sollevamento del fondo scavo

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $I$  : Profondità di infissione espressa in [m]  
 $\sigma_t$  : Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $u_w$  : Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $FS_{scavo}$  : Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

### Combinazione nr. 1

$\Delta H$	$L$	$i_E$	$I$	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
1,25	8,25	0,15	3,50	6900,00	4030,30	1,71

**Combinazione nr. 2**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
1,25	8,25	0,15	3,50	6900,00	4030,30	1,71

**Combinazione nr. 3**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
1,25	8,25	0,15	3,50	6900,00	4030,30	1,71

**Combinazione nr. 4**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
1,25	8,25	0,15	3,50	6900,00	4030,30	1,71

# Spostamenti massimi e minimi della paratia

## *Simbologia adottata*

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u<sub>max</sub>, u<sub>min</sub> spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
v<sub>max</sub>, v<sub>min</sub> spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

### **Combinazione nr. 1**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 0,6619      y<sub>Umin</sub> = 5,00      u<sub>min</sub> = -0,1032  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0005      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 2**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 0,8991      y<sub>Umin</sub> = 5,00      u<sub>min</sub> = -0,1495  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0005      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 3**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 0,7024      y<sub>Umin</sub> = 5,00      u<sub>min</sub> = -0,1115  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0005      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 4**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 1,1290      y<sub>Umin</sub> = 5,00      u<sub>min</sub> = -0,1944  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0005      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

# Spostamenti della paratia

## *Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u spostamento orizzontale espresso in [cm] positivo verso valle  
v spostamento verticale espresso in [cm] positivo verso il basso

### **Combinazione nr. 1**

N°	Y	u	v
1	0,00	0,66187	0,00047
11	0,50	0,57094	0,00046
21	1,00	0,48017	0,00045

31	1,50	0,39047	0,00043
41	2,00	0,30421	0,00039
51	2,50	0,22382	0,00035
61	3,00	0,15001	0,00030
71	3,50	0,08204	0,00024
81	4,00	0,01837	0,00017
91	4,50	-0,04284	0,00009
101	5,00	-0,10323	0,00000

### Combinazione nr. 2

N°	Y	u	v
1	0,00	0,89910	0,00047
11	0,50	0,77547	0,00046
21	1,00	0,65200	0,00045
31	1,50	0,52967	0,00043
41	2,00	0,41133	0,00039
51	2,50	0,30048	0,00035
61	3,00	0,19856	0,00030
71	3,50	0,10486	0,00024
81	4,00	0,01730	0,00017
91	4,50	-0,06672	0,00009
101	5,00	-0,14953	0,00000

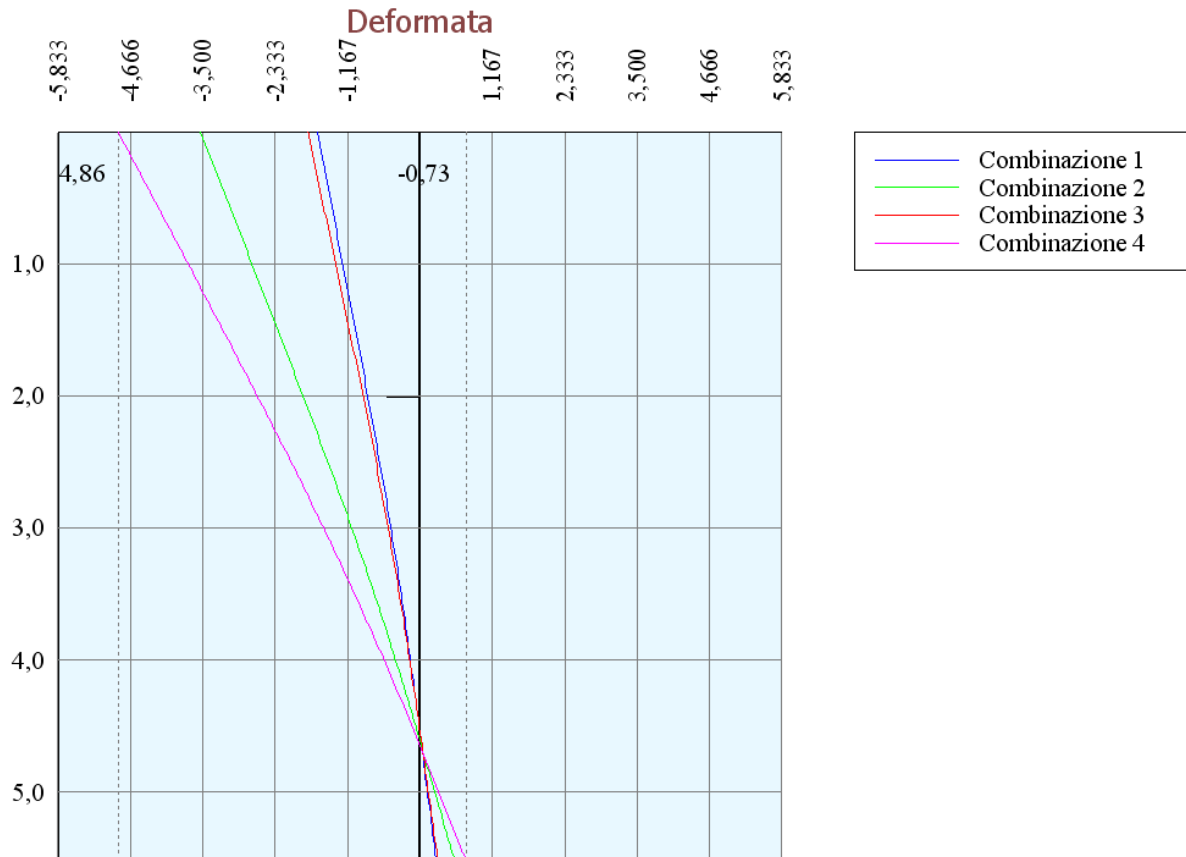
### Combinazione nr. 3

N°	Y	u	v
1	0,00	0,70239	0,00047
11	0,50	0,60509	0,00046
21	1,00	0,50802	0,00045
31	1,50	0,41223	0,00043
41	2,00	0,32026	0,00039
51	2,50	0,23471	0,00035
61	3,00	0,15632	0,00030
71	3,50	0,08430	0,00024
81	4,00	0,01695	0,00017
91	4,50	-0,04773	0,00009
101	5,00	-0,11152	0,00000

### Combinazione nr. 4

N°	Y	u	v
1	0,00	1,12896	0,00047
11	0,50	0,97185	0,00046
21	1,00	0,81513	0,00045
31	1,50	0,66027	0,00043
41	2,00	0,51077	0,00039
51	2,50	0,37080	0,00035
61	3,00	0,24229	0,00030

71	3,50	0,12441	0,00024
81	4,00	0,01454	0,00017
91	4,50	-0,09072	0,00009
101	5,00	-0,19442	0,00000



## Verifica sezione in acciaio (per un metro di larghezza)

Per la verifica delle sezioni si adotta il metodo delle tensioni ammissibili.

Area della sezione	98,00	cmq
Inerzia della sezione	23000,00	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza	1150,00	cm <sup>3</sup>
Fattore di taglio	1.20	

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
$\sigma_f$	tensione di compressione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma'_f$	tensione di trazione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{id}$	tensione ideale espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_f$	tensione tangenziale in [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 1

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	2,08	-1,29	3,35	1,52
21	1,00	16,53	-14,96	20,61	7,11
31	1,50	58,39	-56,03	65,35	16,95
41	1,95	100,40	-97,34	101,26	7,60
51	2,45	114,52	-110,67	114,52	0,71
61	2,95	103,82	-99,19	104,35	6,03
71	3,45	78,38	-72,96	79,82	8,70
81	3,95	47,20	-41,00	49,69	8,97
91	4,45	18,48	-11,49	21,82	6,70
101	4,95	4,04	3,74	4,10	0,43

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 2

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	2,08	-1,29	3,35	1,52
21	1,00	16,87	-15,30	21,53	7,73
31	1,50	66,92	-64,56	76,28	21,14
41	1,95	125,85	-122,79	128,00	13,49
51	2,45	154,71	-150,87	154,73	1,08
61	2,95	144,81	-140,18	145,39	7,46
71	3,45	110,94	-105,53	112,87	11,99



81	3,95	66,77	-60,57	70,39	12,86
91	4,45	25,17	-18,19	30,23	9,66
101	4,95	4,10	3,67	4,24	0,61

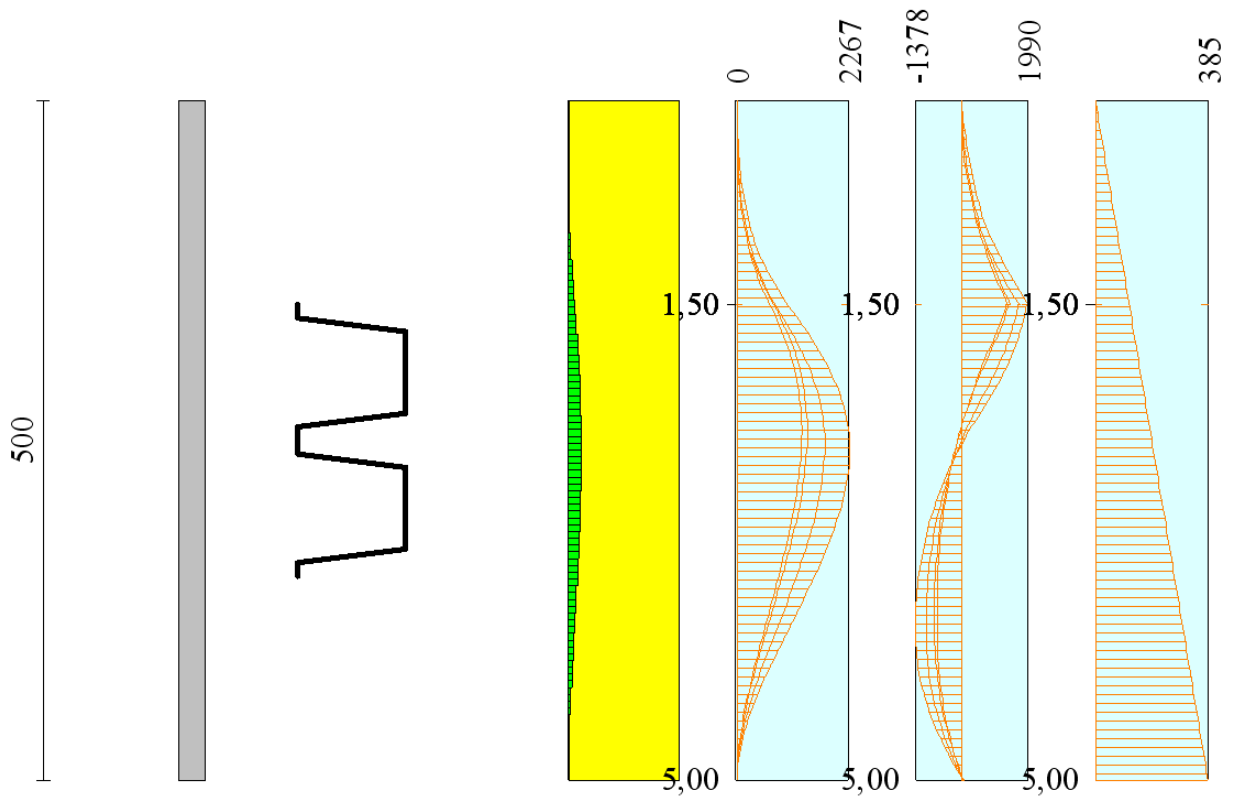
### Verifica sezioni - Combinazione nr. 3

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	3,03	-2,25	4,63	2,02
21	1,00	19,88	-18,31	24,15	7,91
31	1,50	64,85	-62,50	71,85	17,86
41	1,95	109,62	-106,56	110,53	8,19
51	2,45	124,64	-120,79	124,64	0,81
61	2,95	112,80	-108,17	113,37	6,58
71	3,45	85,00	-79,58	86,57	9,47
81	3,95	50,98	-44,78	53,71	9,77
91	4,45	19,72	-12,73	23,39	7,26
101	4,95	4,05	3,72	4,13	0,46

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 4

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	5,47	-4,69	7,93	3,31
21	1,00	28,77	-27,20	34,13	10,60
31	1,50	89,87	-87,51	99,29	24,37
41	1,95	159,13	-156,07	161,74	16,72
51	2,45	197,77	-193,92	197,80	2,23
61	2,95	186,84	-182,21	187,52	9,26
71	3,45	143,61	-138,19	146,07	15,43
81	3,95	86,12	-79,92	90,90	16,78
91	4,45	31,71	-24,73	38,47	12,57
101	4,95	4,17	3,60	4,39	0,80

# Diagramma dello sfruttamento strutturale



## **8. TABULATI DI CALCOLO TRATTO B**

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

# Metodo di analisi

## Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

$K_{am}$  diagramma della spinta attiva agente da monte

$K_{av}$  diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata

$K_{pm}$  diagramma della spinta passiva agente da monte

$K_{pv}$  diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione

## Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

### Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota  $h$  al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Nell'ipotesi di regime idrodinamico la falda viene considerata idrodinamica, la pressione in un punto a profondità  $h_m$  dalla linea freatica se calcolata da monte risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_m \times (1-i)$$

oppure, se calcolata da valle, la pressione in un punto a profondità  $h_v$  dalla linea freatica da valle risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_v \times (1+i).$$

Il valore della pressione al piede della paratia in regime idrodinamico coincide sia se calcolata da monte che da valle.

$i$  rappresenta il gradiente idraulico nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

### **Spinta in presenza di sisma**

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W * C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 2/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in basso).

## Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta  $L$  la lunghezza libera del tirante,  $A_f$  l'area di armatura nel tirante ed  $E_s$  il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad  $L$ , area  $A_f$ , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico  $E_s$ . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

### Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se ( $m$  è l'interasse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) occorre ricavare l'area equivalente,  $A_m$ , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con  $E_m$  il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in  $Kg/cm^2$ ), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).



## Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma *PAC*). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$ . Tale pressione  $p_{max}$  può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale ( $K$  matrice di rigidezza,  $u$  vettore degli spostamenti nodali,  $p$  vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassetto e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

## Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con  $u$  ed  $u_0$  gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con  $s$  ed  $s_0$  gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con  $K$  la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

# Verifiche idrauliche

## Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico  $i_C$  e il gradiente idraulico di efflusso  $i_E$ .

$$FS_{SIF} = i_C / i_E.$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio  $\gamma_m$  del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua  $\gamma_w$ .

$$i_C = \gamma_m / \gamma_w.$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico  $\Delta H$  e la lunghezza della linea di flusso  $L$ .

$$i_E = \Delta H / L.$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

## Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

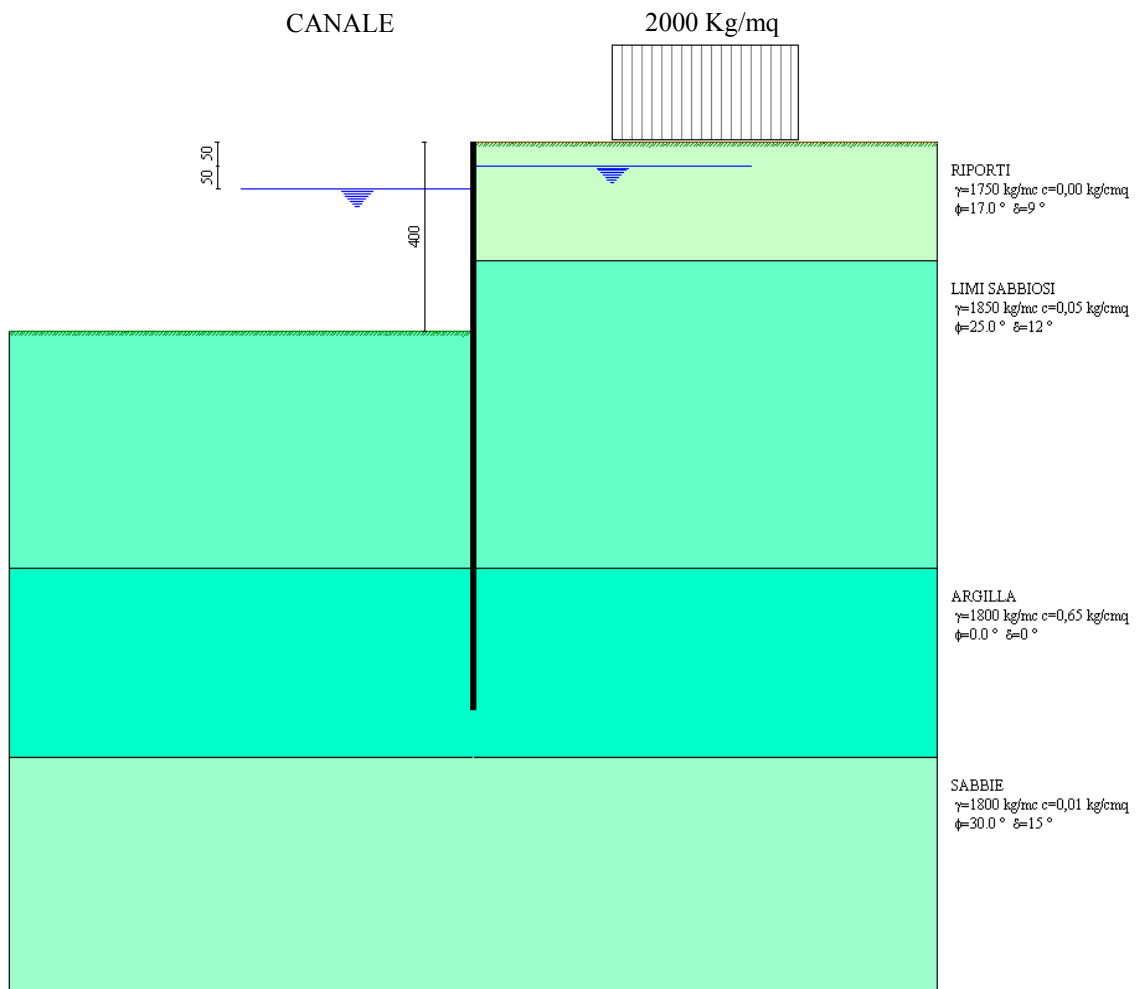
Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità  $D$  e larghezza  $D/2$ .

$D$  rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto  $W$  e la pressione idrica al piede della paratia  $U$  dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U.$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.



**Modello di Calcolo Condizione 1:** Canale dragato a profondità max di 4,00 ml dal p.c. e sistema di drenaggio a monte non attivo.

## Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia**

Altezza fuori terra	4,00	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Area per metro lineare di larghezza	98,00	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	23000,00	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	1150,00	[cm <sup>3</sup> ]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	10000,00	[kgm]
Fattore di taglio	1.20	

## Geometria cordoli

*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
0	-	-	-	-	--	--

## Geometria profilo terreno

*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

**Profilo di monte**

N	X	Y	A
---	---	---	---

2	10,00	0,00	0,00
---	-------	------	------

### Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-4,00	0,00
2	0,00	-4,00	0,00

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	RIPORTI	1750,00	1950,00	17,00	9,00	0,000
2	LIMI SABBIOSI	1850,00	2000,00	25,00	12,00	0,050
3	ARGILLA	1800,00	1900,00	0,00	0,00	0,650
4	SABBIE	1800,00	2000,00	30,00	15,00	0,010

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	2,50	0,00	0,19	RIPORTI
2	6,50	0,00	1,57	LIMI SABBIOSI
3	4,00	0,00	1,73	ARGILLA
4	5,00	0,00	5,03	SABBIE

## Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	0,50	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	1,00	[m]
Regime delle pressioni neutre:	<b>Idrodinamico</b>	

## Caratteristiche materiali utilizzati

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] (1600*f=1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### *Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.*

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] 1600*f=1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

## Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$F_x$  Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle

$F_y$  Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso

$M$  Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

$V_i, V_s$  Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle

$R$  Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 3,00$	$X_f = 7,00$	$Q_i = 2000$	$Q_f = 2000$
--------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------



# Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

## Combinazione n° 1

Spinta terreno

## Combinazione n° 2

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

## Combinazione n° 3

Spinta terreno

## Combinazione n° 4

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

# Impostazioni di progetto

## Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988

- D.M. 16/01/1996

## Verifica materiali

Tensioni ammissibili

# Impostazioni di analisi

## **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno Pressione passiva

## Influenza $\delta$ (angolo di attrito terreno-paratia)

Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

## Stabilità globale

Metodo di Fellenius

## Verifica a sifonamento

Coefficiente di sicurezza a sifonamento 3.00

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Coefficiente di sicurezza al sollevamento del fondo scavo 1.50

## Impostazioni analisi sismica

Coefficiente di intensità sismica (percento) 6.00

Forma del diagramma di incremento sismico triangolare con vertice in basso sulla parte fuori terra

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

# Analisi della spinta

## Pressioni terreno

### Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

$\sigma_{am}$  sigma attiva da monte

$\sigma_{av}$  sigma attiva da valle

$\sigma_{pm}$  sigma passiva da monte

$\sigma_{pv}$  sigma passiva da valle

$\delta_a$  inclinazione spinta attiva espressa in [°]

$\delta_p$  inclinazione spinta passiva espressa in [°]

### Combinazione nr. 1

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	0	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	682	0	3083	0	9,0	9,0
21	2,00	1170	0	5290	0	9,0	9,0
31	2,80	572	0	13254	0	12,0	12,0
41	3,80	950	0	16837	0	12,0	12,0
51	4,80	1328	0	20423	5011	12,0	12,0
61	5,80	1705	66	24010	8423	12,0	12,0
71	6,80	2082	423	27596	11831	12,0	12,0
81	7,80	2459	781	31182	15239	12,0	12,0
91	8,80	2837	1139	34768	18646	12,0	12,0
101	9,60	0	0	23064	18405	0,0	0,0
111	10,60	0	0	23989	19279	0,0	0,0
121	11,60	0	0	24914	20153	0,0	0,0

### Combinazione nr. 2

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	0	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	682	0	3083	0	9,0	9,0
21	2,00	1170	0	5889	0	9,0	9,0
31	2,80	937	0	24492	0	12,0	12,0
41	3,80	1523	0	18583	0	12,0	12,0
51	4,80	1998	0	21961	5011	12,0	12,0
61	5,80	2426	66	24254	8423	12,0	12,0
71	6,80	2755	423	27752	11831	12,0	12,0
81	7,80	3152	781	31288	15239	12,0	12,0
91	8,80	3413	1139	34842	18646	12,0	12,0
101	9,60	0	0	23105	18405	0,0	0,0
111	10,60	0	0	24027	19279	0,0	0,0
121	11,60	0	0	24949	20153	0,0	0,0

**Combinazione nr. 3**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	188	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	823	0	3083	0	9,0	9,0
21	2,00	1264	0	5290	0	9,0	9,0
31	2,80	628	0	13254	0	12,0	12,0
41	3,80	960	0	16837	0	12,0	12,0
51	4,80	1328	0	20423	5011	12,0	12,0
61	5,80	1705	66	24010	8423	12,0	12,0
71	6,80	2082	423	27596	11831	12,0	12,0
81	7,80	2459	781	31182	15239	12,0	12,0
91	8,80	2837	1139	34768	18646	12,0	12,0
101	9,60	0	0	23064	18405	0,0	0,0
111	10,60	0	0	23989	19279	0,0	0,0
121	11,60	0	0	24914	20153	0,0	0,0

**Combinazione nr. 4**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	398	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	981	0	3083	0	9,0	9,0
21	2,00	1369	0	5889	0	9,0	9,0
31	2,80	1056	0	24492	0	12,0	12,0
41	3,80	1543	0	18583	0	12,0	12,0
51	4,80	1998	0	21961	5011	12,0	12,0
61	5,80	2426	66	24254	8423	12,0	12,0
71	6,80	2755	423	27752	11831	12,0	12,0
81	7,80	3152	781	31288	15239	12,0	12,0
91	8,80	3413	1139	34842	18646	12,0	12,0
101	9,60	0	0	23105	18405	0,0	0,0
111	10,60	0	0	24027	19279	0,0	0,0
121	11,60	0	0	24949	20153	0,0	0,0

# Analisi della paratia

## L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 80 elementi fuori terra e 160 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4,00	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]

## Forze agenti sulla paratia

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

Tutte le forze sono espresse in [kg] e si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia

$Y_a$  rappresenta il punto di applicazione, rispetto alla testa della paratia, espresso in [m]

## Combinazione nr. 1

	Valore	$Y_a$
Spinta agente sulla paratia	3023,63	2,23
Spinta falda sulla paratia	3108,97	4,62
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-9677,85	5,46
Controspinta agente sulla paratia	3545,37	8,96
Spostamento massimo della paratia	5,16	0,00
Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5,65	[m]
Centro di rotazione	7,07	[m]
Percentuale molle plasticizzate	20,50	[%]

## Combinazione nr. 2

	Valore	$Y_a$
Spinta agente sulla paratia	3893,96	2,43
Spinta falda sulla paratia	3108,97	4,62
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-11620,72	5,74
Controspinta agente sulla paratia	4617,94	9,30
Spostamento massimo della paratia	7,12	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	6,10	[m]
Centro di rotazione	7,43	[m]
Percentuale molle plasticizzate	26,71	[%]

### Combinazione nr. 3

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	3018,48	2,23
Incremento sismico della spinta	376,86	1,33
Spinta falda sulla paratia	3108,97	4,62
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-10590,24	5,52
Controspinta agente sulla paratia	4086,05	9,03
Spostamento massimo della paratia	6,00	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5,75	[m]
Centro di rotazione	7,14	[m]
Percentuale molle plasticizzate	22,36	[%]

### Combinazione nr. 4

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	3883,09	2,43
Incremento sismico della spinta	796,16	1,33
Spinta falda sulla paratia	3108,97	4,62
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-13627,93	5,88
Controspinta agente sulla paratia	5839,89	9,46
Spostamento massimo della paratia	9,34	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	6,35	[m]
Centro di rotazione	7,59	[m]
Percentuale molle plasticizzate	29,81	[%]

# Pressioni orizzontali agenti sulla paratia

## *Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione espressa in [m]  
P pressione sulla paratia espressa in [kg/mq] positiva da monte verso valle

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 1**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,50	422,92
21	1,00	673,61
31	1,50	914,73
41	2,00	1155,84
51	2,50	897,22
61	3,00	633,56
71	3,50	818,69
1	4,00	-1200,99
11	4,50	-2711,75
21	5,00	-4197,21
31	5,50	-5681,18
41	6,00	-3927,56
51	6,50	-1652,94
61	7,00	-155,09
71	7,50	726,48
81	8,00	1152,27
91	8,50	1264,85
101	9,00	1240,67
111	9,50	1086,59
121	10,00	816,18
131	10,50	528,32
141	11,00	240,90
151	11,50	-41,76
161	12,00	-321,91

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 2**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,50	422,92
21	1,00	673,61
31	1,50	914,73
41	2,00	1155,84
51	2,50	1341,54
61	3,00	1045,42

71	3,50	1333,96
1	4,00	-616,04
11	4,50	-2078,16
21	5,00	-3528,46
31	5,50	-4986,52
41	6,00	-6523,11
51	6,50	-4107,91
61	7,00	-1491,72
71	7,50	191,40
81	8,00	1145,36
91	8,50	1567,96
101	9,00	1714,88
111	9,50	1624,03
121	10,00	1316,13
131	10,50	946,80
141	11,00	556,53
151	11,50	162,95
161	12,00	-229,97

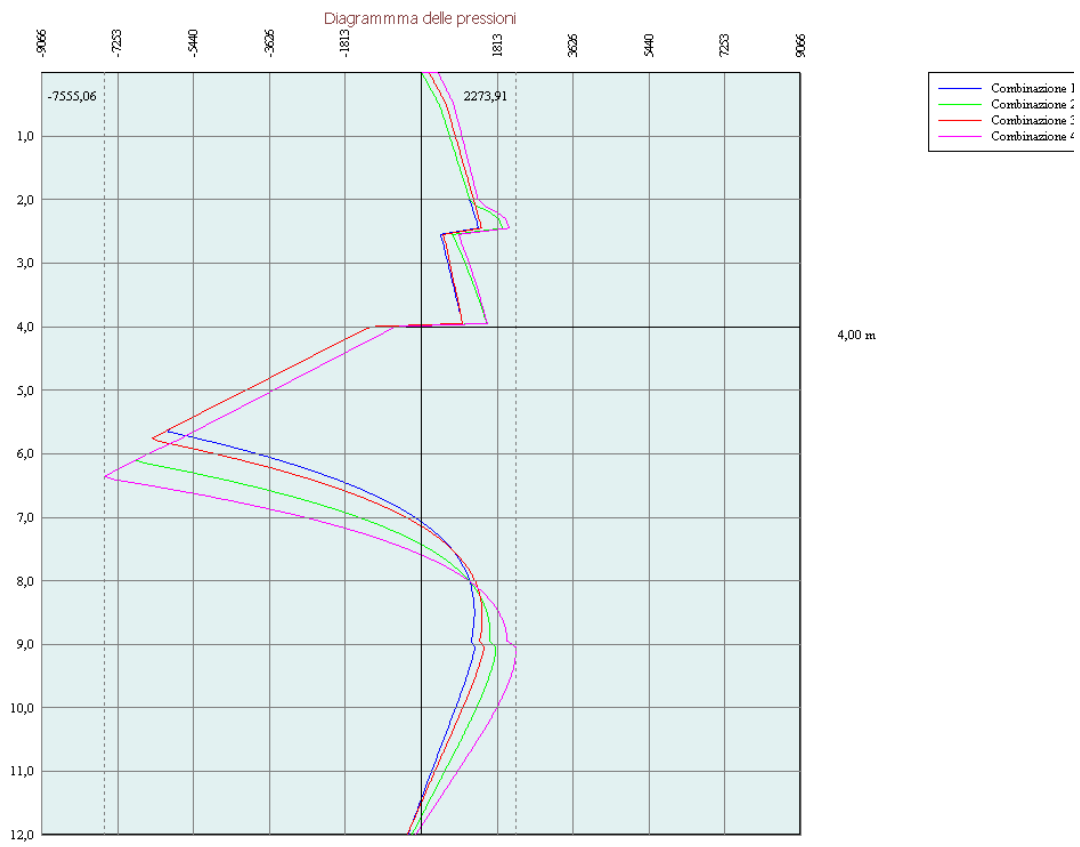
### Pressioni terreno - Combinazione nr. 3

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,45	549,63
21	0,95	791,41
31	1,45	1009,26
41	1,95	1227,11
51	2,45	1439,54
61	2,95	663,36
71	3,45	825,57
81	3,95	987,22
1	4,00	-1200,99
11	4,50	-2711,75
21	5,00	-4197,21
31	5,50	-5681,18
41	6,00	-4926,06
51	6,50	-2195,35
61	7,00	-370,54
71	7,50	726,55
81	8,00	1278,86
91	8,50	1451,71
101	9,00	1452,26
111	9,50	1292,26
121	10,00	987,34
131	10,50	655,95
141	11,00	321,48
151	11,50	-9,12
161	12,00	-337,28



#### Pressioni terreno - Combinazione nr. 4

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,45	733,40
21	0,95	949,30
31	1,45	1141,27
41	1,95	1333,24
51	2,45	2094,21
61	2,95	1115,81
71	3,45	1360,34
81	3,95	1568,67
1	4,00	-616,04
11	4,50	-2078,16
21	5,00	-3528,46
31	5,50	-4986,52
41	6,00	-6523,11
51	6,50	-6485,98
61	7,00	-2790,89
71	7,50	-333,46
81	8,00	1131,58
91	8,50	1854,95
101	9,00	2168,32
111	9,50	2139,83
121	10,00	1797,06
131	10,50	1350,22
141	11,00	861,68
151	11,50	361,93
161	12,00	-138,93



# Stabilità globale

## Metodo di Fellenius

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N° numero d'ordine della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

### Combinazione nr. 1

Numero di cerchi analizzati 100  
Numero di strisce 50,00

#### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 1,20  
Raggio del cerchio R[m] = 13,20  
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -12,14  
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 13,15  
Coefficiente di sicurezza C= 3,66

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	2032,73	-64,35	-1832,34	1,17	25,00	0,050	0,351	(0; 0)
2	3002,22	-59,64	-2590,42	1,00	25,00	0,050	0,447	(0; 0)
3	3811,60	-55,52	-3142,16	0,89	25,00	0,050	0,527	(0; 0)
4	4509,48	-51,81	-3544,23	0,82	25,00	0,050	0,596	(0; 0)
5	5122,72	-48,38	-3829,56	0,76	25,00	0,050	0,656	(0; 0)
6	5668,09	-45,17	-4019,78	0,72	25,00	0,050	0,710	(0; 0)
7	6156,93	-42,13	-4130,29	0,68	25,00	0,050	0,759	(0; 0)
8	6594,13	-39,23	-4170,69	0,65	12,50	0,350	0,802	(0; 0)
9	6974,27	-36,45	-4143,69	0,63	0,00	0,650	0,841	(0; 0)
10	7316,32	-33,77	-4066,40	0,61	0,00	0,650	0,877	(0; 0)
11	7625,83	-31,16	-3946,06	0,59	0,00	0,650	0,909	(0; 0)
12	7905,50	-28,63	-3787,71	0,58	0,00	0,650	0,938	(0; 0)

13	8157,55	-26,15	-3595,76	0,56	0,00	0,650	0,965	(0; 0)
14	8383,78	-23,73	-3374,10	0,55	0,00	0,650	0,988	(0; 0)
15	8585,68	-21,35	-3126,25	0,54	0,00	0,650	1,009	(0; 0)
16	8764,47	-19,01	-2855,40	0,54	0,00	0,650	1,028	(0; 0)
17	8921,19	-16,71	-2564,51	0,53	0,00	0,650	1,044	(0; 0)
18	9056,67	-14,43	-2256,32	0,52	0,00	0,650	1,058	(0; 0)
19	9171,62	-12,17	-1933,42	0,52	0,00	0,650	1,070	(0; 0)
20	9266,60	-9,93	-1598,26	0,51	0,00	0,650	1,080	(0; 0)
21	9342,07	-7,71	-1253,22	0,51	0,00	0,650	1,088	(0; 0)
22	9398,37	-5,50	-900,55	0,51	0,00	0,650	1,094	(0; 0)
23	9435,77	-3,30	-542,48	0,51	0,00	0,650	1,098	(0; 0)
24	9454,42	-1,10	-181,18	0,51	0,00	0,650	1,100	(0; 0)
25	11872,78	1,10	227,59	0,51	0,00	0,650	1,150	(0; 0)
26	11854,11	3,30	681,69	0,51	0,00	0,650	1,148	(0; 0)
27	11816,69	5,50	1132,56	0,51	0,00	0,650	1,144	(0; 0)
28	11760,34	7,71	1578,02	0,51	0,00	0,650	1,138	(0; 0)
29	11684,82	9,93	2015,86	0,51	0,00	0,650	1,130	(0; 0)
30	11589,76	12,17	2443,79	0,52	0,00	0,650	1,120	(0; 0)
31	11474,72	14,43	2859,46	0,52	0,00	0,650	1,108	(0; 0)
32	11339,13	16,71	3260,41	0,53	0,00	0,650	1,094	(0; 0)
33	11182,30	19,02	3644,04	0,54	0,00	0,650	1,078	(0; 0)
34	11003,36	21,36	4007,60	0,54	0,00	0,650	1,059	(0; 0)
35	10801,30	23,74	4348,15	0,55	0,00	0,650	1,038	(0; 0)
36	10574,89	26,16	4662,47	0,56	0,00	0,650	1,015	(0; 0)
37	10322,63	28,64	4947,06	0,58	0,00	0,650	0,988	(0; 0)
38	10042,72	31,17	5198,02	0,59	0,00	0,650	0,959	(0; 0)
39	9732,95	33,78	5410,92	0,61	0,00	0,650	0,927	(0; 0)
40	9390,58	36,46	5580,73	0,63	0,00	0,650	0,891	(0; 0)
41	9010,06	39,25	5700,18	0,65	12,50	0,350	0,852	(0; 0)
42	8572,39	42,14	5752,13	0,68	25,00	0,050	0,808	(0; 0)
43	8083,07	45,18	5733,93	0,72	25,00	0,050	0,760	(0; 0)
44	7537,13	48,40	5635,92	0,76	25,00	0,050	0,706	(0; 0)
45	6923,19	51,83	5442,68	0,82	25,00	0,050	0,645	(0; 0)
46	6224,44	55,55	5132,54	0,89	25,00	0,050	0,576	(0; 0)
47	5413,92	59,66	4672,52	1,00	25,00	0,050	0,496	(0; 0)
48	4442,78	64,38	4005,83	1,17	25,00	0,050	0,400	(0; 0)
49	3199,86	70,15	3009,78	1,49	25,00	0,050	0,277	(0; 0)
50	1224,05	78,88	1201,06	2,62	17,00	0,000	0,079	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 411731,97$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 30900,15$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 26024,04$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 124629,66$  [kg]

## Combinazione nr. 2

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= -1,20 Y[m]= 1,20  
 Raggio del cerchio R[m] = 13,25  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,40  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 12,01  
 Coefficiente di sicurezza C= 3,29

**Caratteristiche delle strisce**

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	2082,10	-64,41	-1877,80	1,19	25,00	0,050	0,352	(0; 0)
2	3089,71	-59,62	-2665,55	1,02	25,00	0,050	0,450	(0; 0)
3	3928,64	-55,46	-3235,95	0,91	25,00	0,050	0,531	(0; 0)
4	4650,66	-51,69	-3649,38	0,83	25,00	0,050	0,601	(0; 0)
5	5284,19	-48,22	-3940,69	0,77	25,00	0,050	0,663	(0; 0)
6	5846,87	-44,98	-4132,68	0,73	25,00	0,050	0,717	(0; 0)
7	6350,61	-41,90	-4241,55	0,69	25,00	0,050	0,766	(0; 0)
8	6797,92	-38,98	-4275,78	0,66	12,50	0,350	0,810	(0; 0)
9	7187,19	-36,16	-4240,99	0,64	0,00	0,650	0,850	(0; 0)
10	7538,28	-33,45	-4154,89	0,62	0,00	0,650	0,886	(0; 0)
11	7855,46	-30,82	-4024,12	0,60	0,00	0,650	0,918	(0; 0)
12	8141,56	-28,25	-3853,99	0,59	0,00	0,650	0,947	(0; 0)
13	8398,87	-25,75	-3649,11	0,57	0,00	0,650	0,974	(0; 0)
14	8629,26	-23,30	-3413,58	0,56	0,00	0,650	0,997	(0; 0)
15	8834,27	-20,90	-3151,08	0,55	0,00	0,650	1,018	(0; 0)
16	9015,18	-18,53	-2864,98	0,54	0,00	0,650	1,036	(0; 0)
17	9173,03	-16,19	-2558,39	0,54	0,00	0,650	1,053	(0; 0)
18	9308,69	-13,89	-2234,20	0,53	0,00	0,650	1,066	(0; 0)
19	9422,88	-11,60	-1895,14	0,53	0,00	0,650	1,078	(0; 0)
20	9516,17	-9,34	-1543,81	0,52	0,00	0,650	1,088	(0; 0)
21	9589,01	-7,08	-1182,71	0,52	0,00	0,650	1,095	(0; 0)
22	9641,76	-4,84	-814,25	0,52	0,00	0,650	1,100	(0; 0)
23	9674,65	-2,61	-440,79	0,52	0,00	0,650	1,104	(0; 0)
24	9687,84	-0,38	-64,63	0,52	0,00	0,650	1,105	(0; 0)
25	9681,39	1,85	311,92	0,52	0,00	0,650	1,105	(0; 0)
26	9655,27	4,08	686,57	0,52	0,00	0,650	1,102	(0; 0)
27	11720,54	6,28	1282,60	0,50	0,00	0,650	1,147	(0; 0)
28	11658,95	8,46	1716,10	0,51	0,00	0,650	1,141	(0; 0)
29	11578,79	10,66	2141,52	0,51	0,00	0,650	1,132	(0; 0)
30	11479,68	12,87	2556,67	0,51	0,00	0,650	1,122	(0; 0)
31	11361,16	15,10	2959,28	0,52	0,00	0,650	1,109	(0; 0)
32	11227,38	17,35	3348,40	0,52	0,00	0,650	1,095	(0; 0)
33	12064,26	19,63	4053,56	0,53	0,00	0,650	1,078	(0; 0)
34	11883,55	21,95	4441,59	0,54	0,00	0,650	1,059	(0; 0)



35	11680,29	24,30	4806,71	0,55	0,00	0,650	1,038	(0; 0)
36	11453,25	26,70	5145,81	0,56	0,00	0,650	1,014	(0; 0)
37	11200,97	29,15	5455,49	0,57	0,00	0,650	0,987	(0; 0)
38	10921,65	31,66	5731,93	0,59	0,00	0,650	0,958	(0; 0)
39	10613,11	34,24	5970,87	0,61	0,00	0,650	0,926	(0; 0)
40	10261,66	36,90	6160,76	0,63	0,00	0,650	0,890	(0; 0)
41	8893,59	39,65	5675,40	0,65	12,50	0,350	0,850	(0; 0)
42	8459,04	42,53	5717,69	0,68	25,00	0,050	0,806	(0; 0)
43	7974,24	45,54	5691,36	0,71	25,00	0,050	0,758	(0; 0)
44	7433,86	48,72	5586,69	0,76	25,00	0,050	0,704	(0; 0)
45	6826,71	52,12	5388,57	0,82	25,00	0,050	0,643	(0; 0)
46	6136,20	55,81	5075,76	0,89	25,00	0,050	0,574	(0; 0)
47	5335,80	59,89	4615,91	1,00	25,00	0,050	0,494	(0; 0)
48	4377,42	64,57	3953,22	1,17	25,00	0,050	0,399	(0; 0)
49	3151,65	70,30	2967,12	1,48	25,00	0,050	0,276	(0; 0)
50	1205,31	78,95	1182,98	2,61	17,00	0,000	0,078	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 829612,50$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 65418,60$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 52070,54$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 250006,37$  [kg]

### Combinazione nr. 3

Numero di cerchi analizzati 100  
Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 3,60

Raggio del cerchio R[m] = 15,60

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,63

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 15,18

Coefficiente di sicurezza C= 2,48

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	2224,67	-58,88	-1904,42	1,10	25,00	0,050	0,346	(0; 0)
2	3220,07	-55,04	-2638,93	0,99	25,00	0,050	0,433	(0; 0)
3	4087,38	-51,54	-3200,59	0,91	25,00	0,050	0,510	(0; 0)
4	4855,37	-48,30	-3624,93	0,85	25,00	0,050	0,577	(0; 0)
5	5542,62	-45,25	-3936,00	0,81	25,00	0,050	0,638	(0; 0)
6	6161,95	-42,35	-4151,28	0,77	25,00	0,050	0,693	(0; 0)
7	6722,68	-39,59	-4284,12	0,74	25,00	0,050	0,742	(0; 0)

8	7231,38	-36,93	-4344,88	0,71	25,00	0,050	0,787	(0; 0)
9	7679,17	-34,36	-4334,22	0,69	0,00	0,650	0,827	(0; 0)
10	8079,16	-31,87	-4265,74	0,67	0,00	0,650	0,865	(0; 0)
11	8442,61	-29,44	-4150,17	0,65	0,00	0,650	0,898	(0; 0)
12	8772,20	-27,08	-3992,72	0,64	0,00	0,650	0,929	(0; 0)
13	9070,11	-24,76	-3798,02	0,63	0,00	0,650	0,956	(0; 0)
14	9338,18	-22,48	-3570,23	0,61	0,00	0,650	0,981	(0; 0)
15	9577,92	-20,24	-3313,11	0,61	0,00	0,650	1,003	(0; 0)
16	9790,60	-18,03	-3030,18	0,60	0,00	0,650	1,023	(0; 0)
17	9977,31	-15,85	-2724,66	0,59	0,00	0,650	1,040	(0; 0)
18	10138,93	-13,69	-2399,62	0,58	0,00	0,650	1,055	(0; 0)
19	10276,20	-11,55	-2057,93	0,58	0,00	0,650	1,068	(0; 0)
20	10389,72	-9,43	-1702,36	0,58	0,00	0,650	1,079	(0; 0)
21	10479,98	-7,32	-1335,55	0,57	0,00	0,650	1,087	(0; 0)
22	10547,36	-5,22	-960,10	0,57	0,00	0,650	1,093	(0; 0)
23	10592,12	-3,13	-578,50	0,57	0,00	0,650	1,097	(0; 0)
24	10614,46	-1,04	-193,24	0,57	0,00	0,650	1,099	(0; 0)
25	13704,23	1,07	256,58	0,58	0,00	0,650	1,149	(0; 0)
26	13679,94	3,22	768,37	0,58	0,00	0,650	1,147	(0; 0)
27	13631,24	5,37	1276,05	0,59	0,00	0,650	1,143	(0; 0)
28	13557,93	7,53	1776,87	0,59	0,00	0,650	1,136	(0; 0)
29	13459,70	9,70	2268,00	0,59	0,00	0,650	1,127	(0; 0)
30	13336,11	11,89	2746,55	0,60	0,00	0,650	1,116	(0; 0)
31	13186,59	14,09	3209,55	0,60	0,00	0,650	1,103	(0; 0)
32	13010,45	16,31	3653,87	0,61	0,00	0,650	1,087	(0; 0)
33	12806,83	18,56	4076,26	0,62	0,00	0,650	1,069	(0; 0)
34	12574,69	20,84	4473,27	0,62	0,00	0,650	1,048	(0; 0)
35	12312,78	23,15	4841,19	0,64	0,00	0,650	1,024	(0; 0)
36	12019,59	25,51	5176,04	0,65	0,00	0,650	0,998	(0; 0)
37	11693,33	27,91	5473,47	0,66	0,00	0,650	0,968	(0; 0)
38	11331,82	30,37	5728,65	0,68	0,00	0,650	0,936	(0; 0)
39	10932,42	32,89	5936,21	0,70	0,00	0,650	0,900	(0; 0)
40	10491,07	35,48	6089,52	0,72	12,50	0,350	0,860	(0; 0)
41	9986,51	38,16	6170,74	0,74	25,00	0,050	0,816	(0; 0)
42	9422,47	40,95	6175,23	0,77	25,00	0,050	0,768	(0; 0)
43	8798,76	43,86	6096,16	0,81	25,00	0,050	0,715	(0; 0)
44	8106,34	46,91	5920,24	0,85	25,00	0,050	0,655	(0; 0)
45	7332,86	50,16	5630,28	0,91	25,00	0,050	0,589	(0; 0)
46	6460,71	53,64	5202,98	0,99	25,00	0,050	0,514	(0; 0)
47	5463,06	57,44	4604,67	1,09	25,00	0,050	0,429	(0; 0)
48	4295,25	61,70	3781,91	1,23	25,00	0,050	0,329	(0; 0)
49	2874,65	66,67	2639,70	1,47	21,00	0,025	0,207	(0; 0)
50	1027,20	72,85	981,54	1,98	17,00	0,000	0,045	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1288921,17$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 99881,00$  [kg]

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 86454,72 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 383526,03 \text{ [kg]}$$

#### Combinazione nr. 4

Numero di cerchi analizzati 100

Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 3,60

Raggio del cerchio R[m] = 15,60

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,63

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 15,18

Coefficiente di sicurezza C= 2,35

#### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	2224,67	-58,88	-1904,42	1,10	25,00	0,050	0,346	(0; 0)
2	3220,07	-55,04	-2638,93	0,99	25,00	0,050	0,433	(0; 0)
3	4087,38	-51,54	-3200,59	0,91	25,00	0,050	0,510	(0; 0)
4	4855,37	-48,30	-3624,93	0,85	25,00	0,050	0,577	(0; 0)
5	5542,62	-45,25	-3936,00	0,81	25,00	0,050	0,638	(0; 0)
6	6161,95	-42,35	-4151,28	0,77	25,00	0,050	0,693	(0; 0)
7	6722,68	-39,59	-4284,12	0,74	25,00	0,050	0,742	(0; 0)
8	7231,38	-36,93	-4344,88	0,71	25,00	0,050	0,787	(0; 0)
9	7679,17	-34,36	-4334,22	0,69	0,00	0,650	0,827	(0; 0)
10	8079,16	-31,87	-4265,74	0,67	0,00	0,650	0,865	(0; 0)
11	8442,61	-29,44	-4150,17	0,65	0,00	0,650	0,898	(0; 0)
12	8772,20	-27,08	-3992,72	0,64	0,00	0,650	0,929	(0; 0)
13	9070,11	-24,76	-3798,02	0,63	0,00	0,650	0,956	(0; 0)
14	9338,18	-22,48	-3570,23	0,61	0,00	0,650	0,981	(0; 0)
15	9577,92	-20,24	-3313,11	0,61	0,00	0,650	1,003	(0; 0)
16	9790,60	-18,03	-3030,18	0,60	0,00	0,650	1,023	(0; 0)
17	9977,31	-15,85	-2724,66	0,59	0,00	0,650	1,040	(0; 0)
18	10138,93	-13,69	-2399,62	0,58	0,00	0,650	1,055	(0; 0)
19	10276,20	-11,55	-2057,93	0,58	0,00	0,650	1,068	(0; 0)
20	10389,72	-9,43	-1702,36	0,58	0,00	0,650	1,079	(0; 0)
21	10479,98	-7,32	-1335,55	0,57	0,00	0,650	1,087	(0; 0)
22	10547,36	-5,22	-960,10	0,57	0,00	0,650	1,093	(0; 0)
23	10592,12	-3,13	-578,50	0,57	0,00	0,650	1,097	(0; 0)
24	10614,46	-1,04	-193,24	0,57	0,00	0,650	1,099	(0; 0)
25	13704,23	1,07	256,58	0,58	0,00	0,650	1,149	(0; 0)
26	13679,94	3,22	768,37	0,58	0,00	0,650	1,147	(0; 0)
27	13631,24	5,37	1276,05	0,59	0,00	0,650	1,143	(0; 0)
28	13557,93	7,53	1776,87	0,59	0,00	0,650	1,136	(0; 0)
29	13459,70	9,70	2268,00	0,59	0,00	0,650	1,127	(0; 0)



30	14344,57	11,89	2954,24	0,60	0,00	0,650	1,116	(0; 0)
31	14354,67	14,09	3493,85	0,60	0,00	0,650	1,103	(0; 0)
32	14178,53	16,31	3981,91	0,61	0,00	0,650	1,087	(0; 0)
33	13974,91	18,56	4448,05	0,62	0,00	0,650	1,069	(0; 0)
34	13742,77	20,84	4888,79	0,62	0,00	0,650	1,048	(0; 0)
35	13480,86	23,15	5300,46	0,64	0,00	0,650	1,024	(0; 0)
36	13170,75	25,51	5671,77	0,65	0,00	0,650	0,998	(0; 0)
37	11693,33	27,91	5473,47	0,66	0,00	0,650	0,968	(0; 0)
38	11331,82	30,37	5728,65	0,68	0,00	0,650	0,936	(0; 0)
39	10932,42	32,89	5936,21	0,70	0,00	0,650	0,900	(0; 0)
40	10491,07	35,48	6089,52	0,72	12,50	0,350	0,860	(0; 0)
41	9986,51	38,16	6170,74	0,74	25,00	0,050	0,816	(0; 0)
42	9422,47	40,95	6175,23	0,77	25,00	0,050	0,768	(0; 0)
43	8798,76	43,86	6096,16	0,81	25,00	0,050	0,715	(0; 0)
44	8106,34	46,91	5920,24	0,85	25,00	0,050	0,655	(0; 0)
45	7332,86	50,16	5630,28	0,91	25,00	0,050	0,589	(0; 0)
46	6460,71	53,64	5202,98	0,99	25,00	0,050	0,514	(0; 0)
47	5463,06	57,44	4604,67	1,09	25,00	0,050	0,429	(0; 0)
48	4295,25	61,70	3781,91	1,23	25,00	0,050	0,329	(0; 0)
49	2874,65	66,67	2639,70	1,47	21,00	0,025	0,207	(0; 0)
50	1027,20	72,85	981,54	1,98	17,00	0,000	0,045	(0; 0)

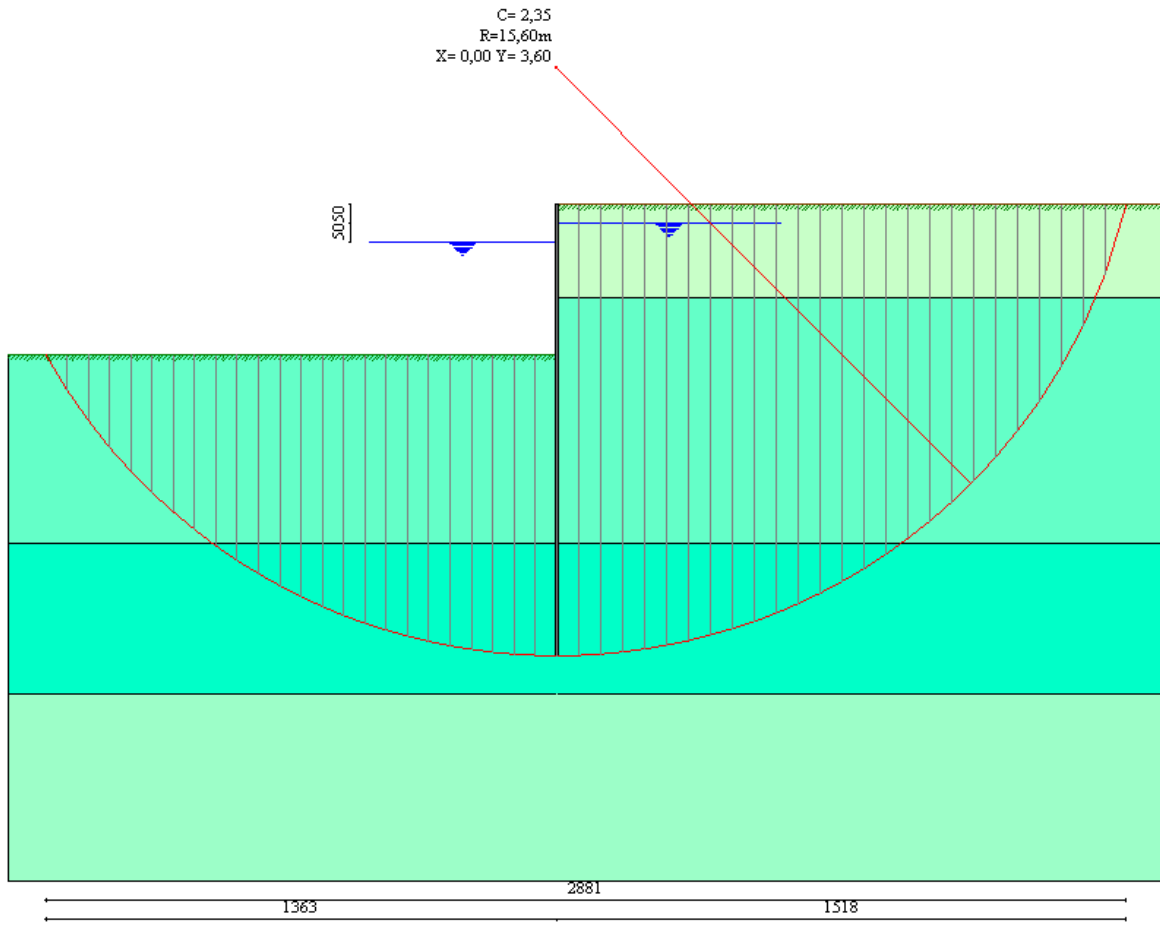
Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1756229,84$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 136905,75$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 120838,91$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 517045,69$  [kg]



# Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

## *Simbologia adottata*

Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
$M_{\max}$ , $M_{\min}$	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
$N_{\max}$ , $N_{\min}$	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
$T_{\max}$ , $T_{\min}$	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

## **Combinazione nr. 1**

$y_{M\max} = 5,50$	$M_{\max} = 11943$	$y_{M\min} = 10,95$	$M_{\min} = -60$
$y_{T\max} = 4,00$	$T_{\max} = 4492$	$y_{T\min} = 6,95$	$T_{\min} = -4097$
$y_{N\max} = 12,00$	$N_{\max} = 923$	$y_{N\min} = 0,00$	$N_{\min} = 0$

## **Combinazione nr. 2**

$y_{M\max} = 5,85$	$M_{\max} = 15021$	$y_{M\min} = 11,45$	$M_{\min} = -12$
$y_{T\max} = 4,00$	$T_{\max} = 5362$	$y_{T\min} = 7,30$	$T_{\min} = -5135$
$y_{N\max} = 12,00$	$N_{\max} = 923$	$y_{N\min} = 0,00$	$N_{\min} = 0$

## **Combinazione nr. 3**

$y_{M\max} = 5,55$	$M_{\max} = 13498$	$y_{M\min} = 11,05$	$M_{\min} = -51$
$y_{T\max} = 4,00$	$T_{\max} = 4863$	$y_{T\min} = 7,00$	$T_{\min} = -4624$
$y_{N\max} = 12,00$	$N_{\max} = 923$	$y_{N\min} = 0,00$	$N_{\min} = 0$

## **Combinazione nr. 4**

$y_{M\max} = 5,95$	$M_{\max} = 18610$	$y_{M\min} = 11,75$	$M_{\min} = -2$
$y_{T\max} = 4,00$	$T_{\max} = 6147$	$y_{T\min} = 7,50$	$T_{\min} = -6342$
$y_{N\max} = 12,00$	$N_{\max} = 923$	$y_{N\min} = 0,00$	$N_{\min} = 0$

# Sollecitazioni per metro di paratia

## *Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio espresso in [kg]

**Combinazione nr. 1**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	18,09	38,46	107,64
21	1,00	156,25	76,93	505,49
31	1,50	563,65	115,40	1142,95
41	2,00	1318,32	153,86	1894,57
51	2,50	2477,30	192,32	2759,67
61	3,00	3975,86	230,79	3249,90
71	3,50	5741,71	269,26	3827,74
81	4,00	7818,00	307,72	4491,58
91	4,45	9712,27	342,34	3757,03
101	4,95	11288,44	380,80	2253,96
111	5,45	11942,82	419,27	-4,22
121	5,95	11342,99	457,73	-2503,84
131	6,45	9762,23	496,20	-3772,02
141	6,95	7775,53	534,66	-4096,75
151	7,45	5771,91	573,13	-3830,84
161	7,95	3982,27	611,59	-3245,86
171	8,45	2519,34	650,06	-2536,65
181	8,95	1413,70	688,52	-1832,53
191	9,45	655,20	726,99	-1158,04
201	9,95	205,86	765,45	-615,28
211	10,45	-6,48	803,92	-225,59
221	10,95	-59,63	842,38	7,05
231	11,45	-31,86	880,85	84,24
241	11,95	-0,40	919,31	7,98

**Combinazione nr. 2**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	18,09	38,47	107,64
21	1,00	156,25	76,93	505,49
31	1,50	563,65	115,39	1142,95
41	2,00	1318,32	153,86	1894,57
51	2,50	2511,01	192,32	2949,37
61	3,00	4144,29	230,79	3610,58
71	3,50	6146,75	269,25	4421,98
81	4,00	8587,74	307,72	5361,91
91	4,45	10934,49	342,34	4916,88
101	4,95	13163,01	380,80	3738,93
111	5,45	14635,95	419,27	1821,28
121	5,95	14982,46	457,73	-845,08
131	6,45	13885,07	496,20	-3615,37
141	6,95	11736,80	534,66	-4902,29
151	7,45	9206,56	573,13	-5112,03
161	7,95	6734,03	611,59	-4665,57

171	8,45	4571,35	650,06	-3882,25
181	8,95	2832,59	688,52	-2987,69
191	9,45	1553,97	726,99	-2052,62
201	9,95	717,17	765,45	-1247,16
211	10,45	242,95	803,92	-624,55
221	10,95	34,42	842,38	-205,26
231	11,45	-11,75	880,85	4,94
241	11,95	-0,29	919,31	5,69

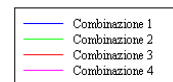
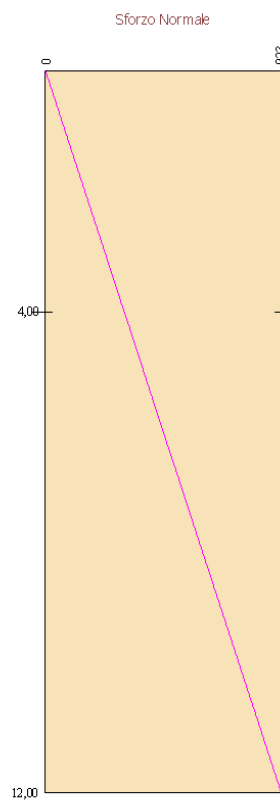
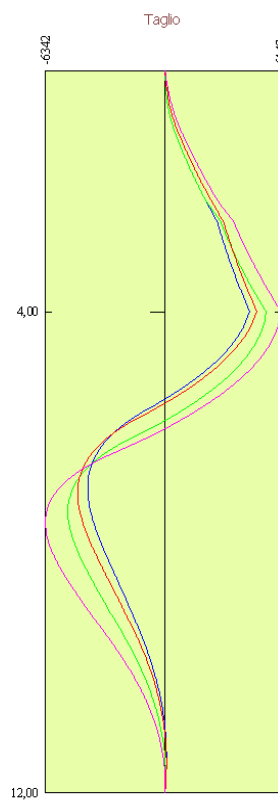
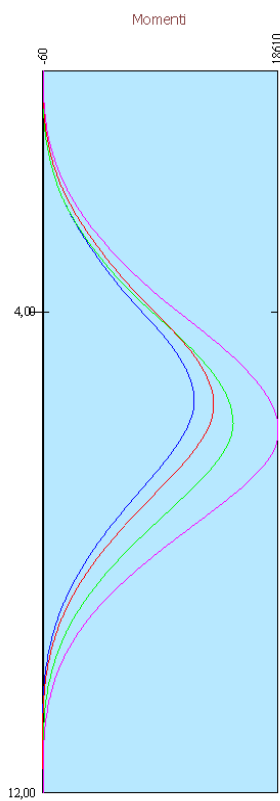
### Combinazione nr. 3

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	40,38	38,46	194,88
21	1,00	241,54	76,93	668,33
31	1,50	746,84	115,40	1369,78
41	2,00	1628,49	153,86	2173,74
51	2,50	2937,71	192,32	3079,55
61	3,00	4603,88	230,79	3598,58
71	3,50	6548,87	269,25	4193,70
81	4,00	8810,04	307,72	4863,29
91	4,45	10871,58	342,34	4128,74
101	4,95	12633,61	380,80	2625,68
111	5,45	13473,85	419,27	367,49
121	5,95	13023,93	457,73	-2441,49
131	6,45	11376,82	496,20	-4100,72
141	6,95	9175,56	534,66	-4618,07
151	7,45	6894,34	573,13	-4407,24
161	7,95	4820,95	611,59	-3790,56
171	8,45	3102,18	650,06	-3002,21
181	8,95	1785,53	688,52	-2199,89
191	9,45	867,80	726,99	-1417,62
201	9,95	310,88	765,45	-779,26
211	10,45	34,55	803,92	-313,54
221	10,95	-49,62	842,38	-27,60
231	11,45	-31,55	880,85	79,11
241	11,95	-0,42	919,31	8,37

### Combinazione nr. 4

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	65,18	38,47	291,95
21	1,00	336,44	76,93	849,52
31	1,50	950,66	115,39	1622,14
41	2,00	1973,58	153,86	2484,34
51	2,50	3483,67	192,33	3625,15
61	3,00	5471,05	230,79	4347,20
71	3,50	7851,95	269,26	5195,10

81	4,00	10683,55	307,72	6147,20
91	4,45	13383,69	342,34	5702,16
101	4,95	16004,84	380,80	4524,21
111	5,45	17870,42	419,27	2606,55
121	5,95	18609,56	457,73	-59,82
131	6,45	17839,87	496,20	-3443,55
141	6,95	15544,97	534,66	-5663,62
151	7,45	12513,53	573,13	-6336,87
161	7,95	9386,84	611,59	-6028,05
171	8,45	6551,92	650,06	-5176,39
181	8,95	4203,80	688,52	-4100,46
191	9,45	2423,80	726,99	-2915,75
201	9,95	1212,89	765,45	-1857,89
211	10,45	485,34	803,92	-1011,02
221	10,95	126,13	842,38	-411,61
231	11,45	7,96	880,85	-72,55
241	11,95	-0,17	919,31	3,41



# Verifiche idrauliche

## Verifica a sifonamento

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $\gamma_m$  : Peso di galleggiamento medio espresso in [kg/mc]  
 $i_c$  : Gradiente idraulico critico  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $FS_{sif}$  : Coefficiente di sicurezza a sifonamento

### Combinazione nr. 1

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
0,50	19,50	964,10	0,96	0,03	37,60

### Combinazione nr. 2

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
0,50	19,50	964,10	0,96	0,03	37,60

### Combinazione nr. 3

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
0,50	19,50	964,10	0,96	0,03	37,60

### Combinazione nr. 4

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
0,50	19,50	964,10	0,96	0,03	37,60

## Verifica al sollevamento del fondo scavo

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $I$  : Profondità di infissione espressa in [m]  
 $\sigma$  : Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $u_w$  : Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $FS_{scavo}$  : Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

### Combinazione nr. 1

$\Delta H$	$L$	$i_E$	$I$	$\sigma$	$u_w$	$FS_{scavo}$
0,50	19,50	0,03	8,00	18700,00	11205,13	1,67

**Combinazione nr. 2**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
0,50	19,50	0,03	8,00	18700,00	11205,13	1,67

**Combinazione nr. 3**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
0,50	19,50	0,03	8,00	18700,00	11205,13	1,67

**Combinazione nr. 4**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
0,50	19,50	0,03	8,00	18700,00	11205,13	1,67



# Spostamenti massimi e minimi della paratia

## *Simbologia adottata*

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u<sub>max</sub>, u<sub>min</sub> spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
v<sub>max</sub>, v<sub>min</sub> spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

### **Combinazione nr. 1**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 5,1574      y<sub>Umin</sub> = 8,50      u<sub>min</sub> = -0,0804  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0027      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 2**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 7,1159      y<sub>Umin</sub> = 8,85      u<sub>min</sub> = -0,1044  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0027      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 3**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 5,9981      y<sub>Umin</sub> = 8,55      u<sub>min</sub> = -0,0925  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0027      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 4**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 9,3387      y<sub>Umin</sub> = 9,00      u<sub>min</sub> = -0,1312  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0027      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

# Spostamenti della paratia

## *Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u spostamento orizzontale espresso in [cm] positivo verso valle  
v spostamento verticale espresso in [cm] positivo verso il basso

### **Combinazione nr. 1**

N°	Y	u	v
1	0,00	5,15738	0,00269
11	0,50	4,66908	0,00269
21	1,00	4,18093	0,00267

31	1,50	3,69370	0,00265
41	2,00	3,20954	0,00262
51	2,50	2,73238	0,00257
61	3,00	2,26819	0,00252
71	3,50	1,82469	0,00246
81	4,00	1,41104	0,00239
91	4,50	1,03788	0,00231
101	5,00	0,71570	0,00222
111	5,50	0,45213	0,00213
121	6,00	0,24979	0,00202
131	6,50	0,10513	0,00190
141	7,00	0,00986	0,00178
151	7,50	-0,04620	0,00164
161	8,00	-0,07328	0,00150
171	8,50	-0,08044	0,00134
181	9,00	-0,07506	0,00118
191	9,50	-0,06269	0,00100
201	10,00	-0,04709	0,00082
211	10,50	-0,03048	0,00063
221	11,00	-0,01390	0,00043
231	11,50	0,00241	0,00022
241	12,00	0,01857	0,00000

### Combinazione nr. 2

N°	Y	u	v
1	0,00	7,11587	0,00269
11	0,50	6,47765	0,00269
21	1,00	5,83957	0,00267
31	1,50	5,20242	0,00265
41	2,00	4,56834	0,00262
51	2,50	3,94127	0,00257
61	3,00	3,32739	0,00252
71	3,50	2,73511	0,00246
81	4,00	2,17484	0,00239
91	4,50	1,65910	0,00231
101	5,00	1,20105	0,00222
111	5,50	0,81175	0,00213
121	6,00	0,49817	0,00202
131	6,50	0,26126	0,00190
141	7,00	0,09487	0,00178
151	7,50	-0,01217	0,00164
161	8,00	-0,07284	0,00150
171	8,50	-0,09972	0,00134
181	9,00	-0,10375	0,00118
191	9,50	-0,09369	0,00100
201	10,00	-0,07593	0,00082
211	10,50	-0,05462	0,00063
221	11,00	-0,03211	0,00043

231	11,50	-0,00940	0,00022
241	12,00	0,01327	0,00000

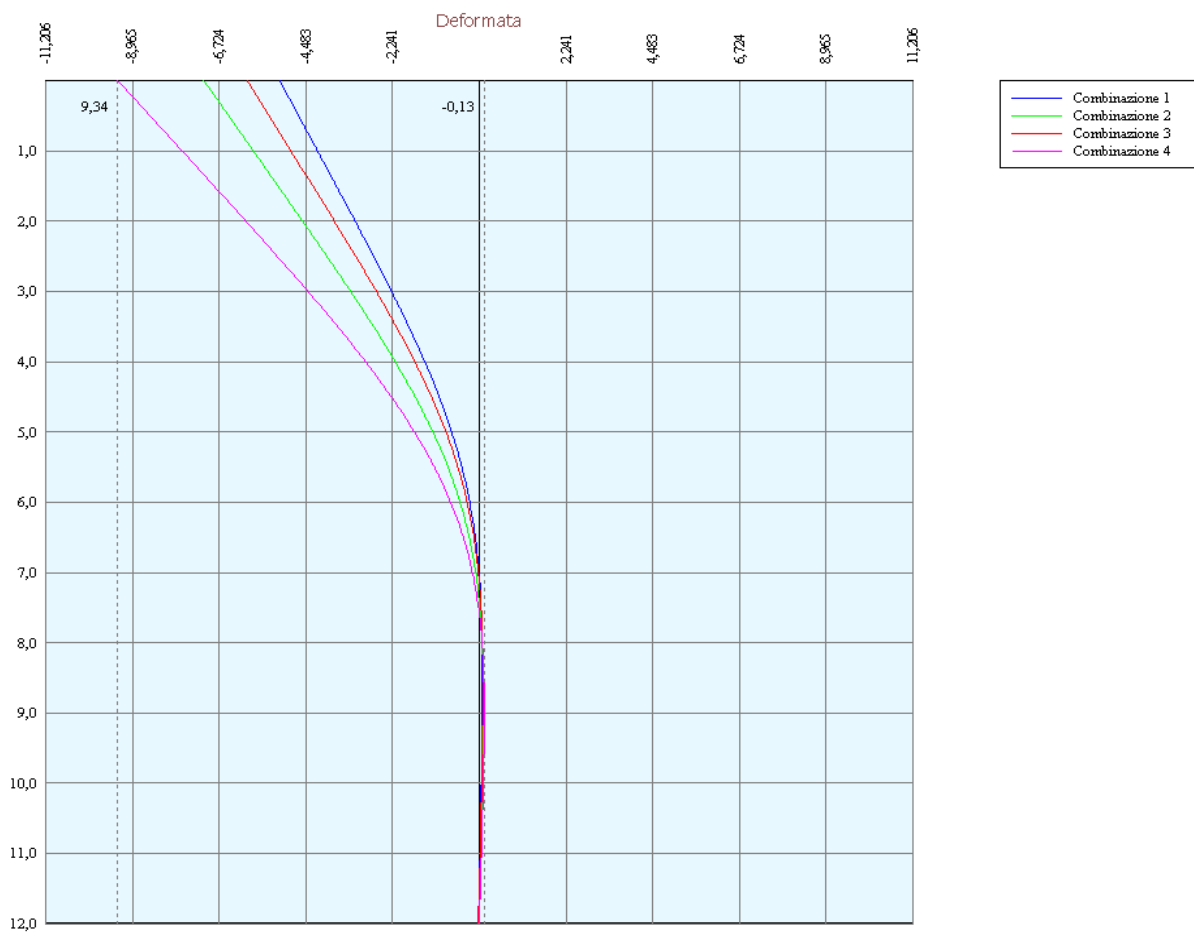
### Combinazione nr. 3

N°	Y	u	v
1	0,00	5,99811	0,00269
11	0,50	5,43290	0,00269
21	1,00	4,86796	0,00267
31	1,50	4,30441	0,00265
41	2,00	3,74489	0,00262
51	2,50	3,19398	0,00257
61	3,00	2,65843	0,00252
71	3,50	2,14684	0,00246
81	4,00	1,66927	0,00239
91	4,50	1,23732	0,00231
101	5,00	0,86246	0,00222
111	5,50	0,55325	0,00213
121	6,00	0,31330	0,00202
131	6,50	0,13962	0,00190
141	7,00	0,02357	0,00178
151	7,50	-0,04621	0,00164
161	8,00	-0,08134	0,00150
171	8,50	-0,09233	0,00134
181	9,00	-0,08787	0,00118
191	9,50	-0,07455	0,00100
201	10,00	-0,05696	0,00082
211	10,50	-0,03784	0,00063
221	11,00	-0,01855	0,00043
231	11,50	0,00053	0,00022
241	12,00	0,01946	0,00000

### Combinazione nr. 4

N°	Y	u	v
1	0,00	9,33872	0,00269
11	0,50	8,50962	0,00269
21	1,00	7,68094	0,00267
31	1,50	6,85415	0,00265
41	2,00	6,03246	0,00262
51	2,50	5,22120	0,00257
61	3,00	4,42817	0,00252
71	3,50	3,66362	0,00246
81	4,00	2,93992	0,00239
91	4,50	2,27159	0,00231
101	5,00	1,67383	0,00222
111	5,50	1,15973	0,00213
121	6,00	0,73830	0,00202
131	6,50	0,41251	0,00190

141	7,00	0,17750	0,00178
151	7,50	0,02121	0,00164
161	8,00	-0,07197	0,00150
171	8,50	-0,11798	0,00134
181	9,00	-0,13119	0,00118
191	9,50	-0,12345	0,00100
201	10,00	-0,10368	0,00082
211	10,50	-0,07790	0,00063
221	11,00	-0,04971	0,00043
231	11,50	-0,02088	0,00022
241	12,00	0,00802	0,00000



## Verifica sezione in acciaio (per un metro di larghezza)

Per la verifica delle sezioni si adotta il metodo delle tensioni ammissibili.

Area della sezione	98,00	cmq
Inerzia della sezione	23000,00	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza	1150,00	cm <sup>3</sup>
Fattore di taglio	1.20	

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
$\sigma_f$	tensione di compressione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma'_f$	tensione di trazione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{id}$	tensione ideale espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_f$	tensione tangenziale in [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 1

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	1,97	-1,18	3,01	1,32
21	1,00	14,37	-12,80	17,93	6,19
31	1,50	50,19	-47,84	55,74	14,00
41	2,00	116,21	-113,07	122,96	23,20
51	2,50	217,38	-213,46	225,12	33,79
61	3,00	348,08	-343,37	354,84	39,79
71	3,50	502,03	-496,53	508,55	46,87
81	4,00	682,97	-676,69	689,58	55,00
91	4,45	848,04	-841,05	851,77	46,00
101	4,95	985,49	-977,72	986,65	27,60
111	5,45	1042,78	-1034,23	1042,78	0,05
121	5,95	991,02	-981,68	992,44	30,66
131	6,45	853,95	-843,83	857,69	46,19
141	6,95	681,59	-670,68	687,10	50,16
151	7,45	507,75	-496,06	514,21	46,91
161	7,95	352,52	-340,04	359,18	39,75
171	8,45	225,71	-212,44	232,03	31,06
181	8,95	129,96	-115,90	135,64	22,44
191	9,45	64,39	-49,56	68,92	14,18
201	9,95	25,71	-10,09	28,83	7,53
211	10,45	8,77	7,64	9,99	2,76
221	10,95	13,78	3,41	13,78	0,09
231	11,45	11,76	6,22	11,89	1,03
241	11,95	9,42	9,35	9,42	0,10

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 2

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	1,97	-1,18	3,01	1,32
21	1,00	14,37	-12,80	17,93	6,19
31	1,50	50,19	-47,84	55,74	14,00
41	2,00	116,21	-113,07	122,96	23,20
51	2,50	220,31	-216,39	229,02	36,11
61	3,00	362,73	-358,02	370,72	44,21
71	3,50	537,25	-531,75	545,37	54,15
81	4,00	749,90	-743,62	758,47	65,66
91	4,45	954,32	-947,33	960,00	60,21
101	4,95	1148,50	-1140,72	1151,23	45,78
111	5,45	1276,97	-1268,41	1277,55	22,30
121	5,95	1307,49	-1298,15	1307,62	10,35
131	6,45	1212,46	-1202,33	1214,88	44,27
141	6,95	1026,05	-1015,14	1031,30	60,03
151	7,45	806,42	-794,72	813,67	62,60
161	7,95	591,81	-579,33	600,02	57,13
171	8,45	404,14	-390,88	412,44	47,54
181	8,95	253,34	-239,29	261,14	36,58
191	9,45	142,55	-127,71	149,05	25,13
201	9,95	70,17	-54,55	74,99	15,27
211	10,45	29,33	-12,92	32,18	7,65
221	10,95	11,59	5,60	12,38	2,51
231	11,45	10,01	7,97	10,01	0,06
241	11,95	9,41	9,36	9,41	0,07

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 3

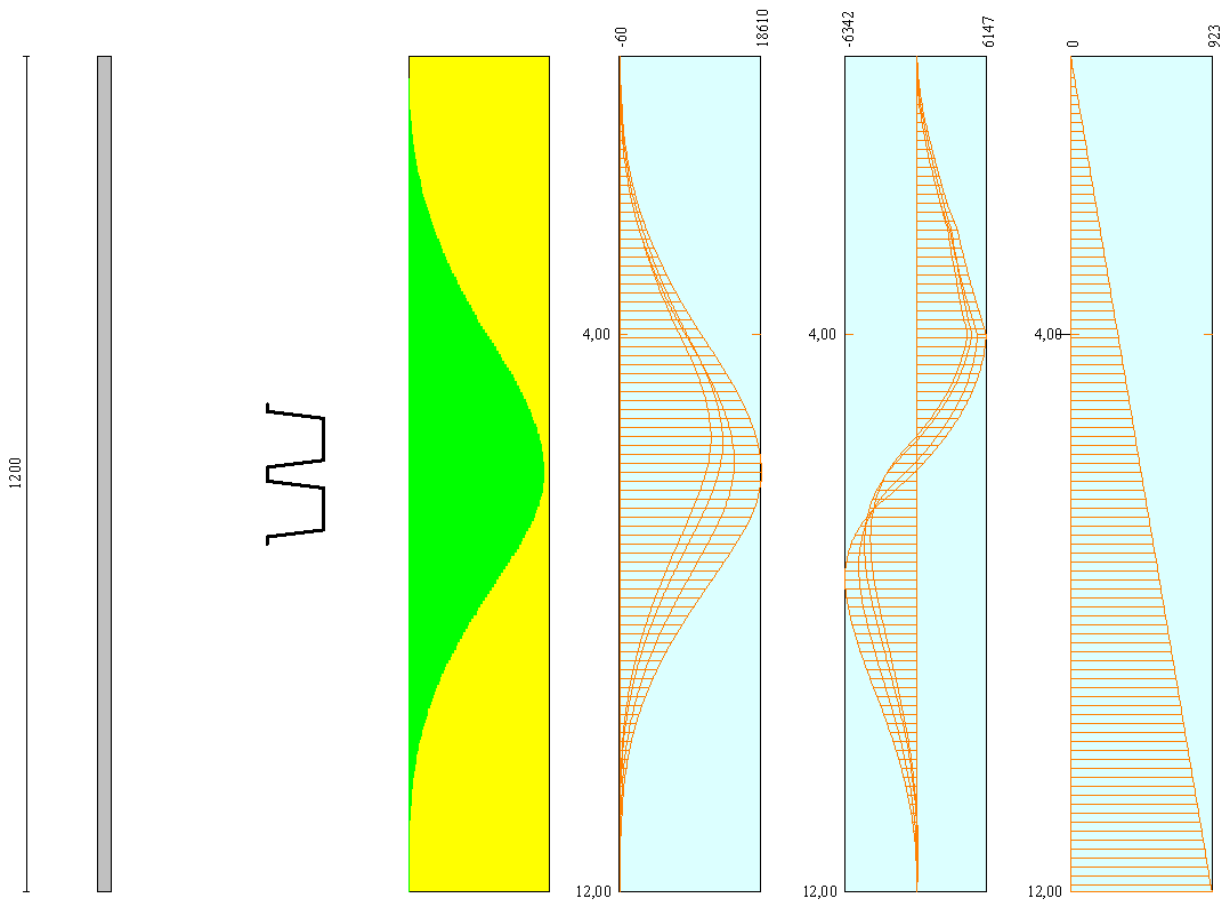
n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	3,90	-3,12	5,69	2,39
21	1,00	21,79	-20,22	25,99	8,18
31	1,50	66,12	-63,77	72,22	16,77
41	2,00	143,18	-140,04	150,42	26,62
51	2,50	257,42	-253,49	265,57	37,71
61	3,00	402,69	-397,98	409,86	44,06
71	3,50	572,21	-566,72	579,09	51,35
81	4,00	769,23	-762,95	776,12	59,55
91	4,45	948,85	-941,86	952,88	50,56
101	4,95	1102,46	-1094,69	1103,87	32,15
111	5,45	1175,92	-1167,36	1175,94	4,50

121	5,95	1137,19	-1127,85	1138,36	29,90
131	6,45	994,35	-984,23	998,15	50,21
141	6,95	803,33	-792,42	809,28	56,55
151	7,45	605,36	-593,66	612,53	53,97
161	7,95	425,45	-412,97	432,98	46,42
171	8,45	276,39	-263,12	283,63	36,76
181	8,95	162,29	-148,24	168,86	26,94
191	9,45	82,88	-68,04	88,16	17,36
201	9,95	34,84	-19,22	38,56	9,54
211	10,45	11,21	5,20	13,03	3,84
221	10,95	12,91	4,28	12,92	0,34
231	11,45	11,73	6,25	11,85	0,97
241	11,95	9,42	9,34	9,42	0,10

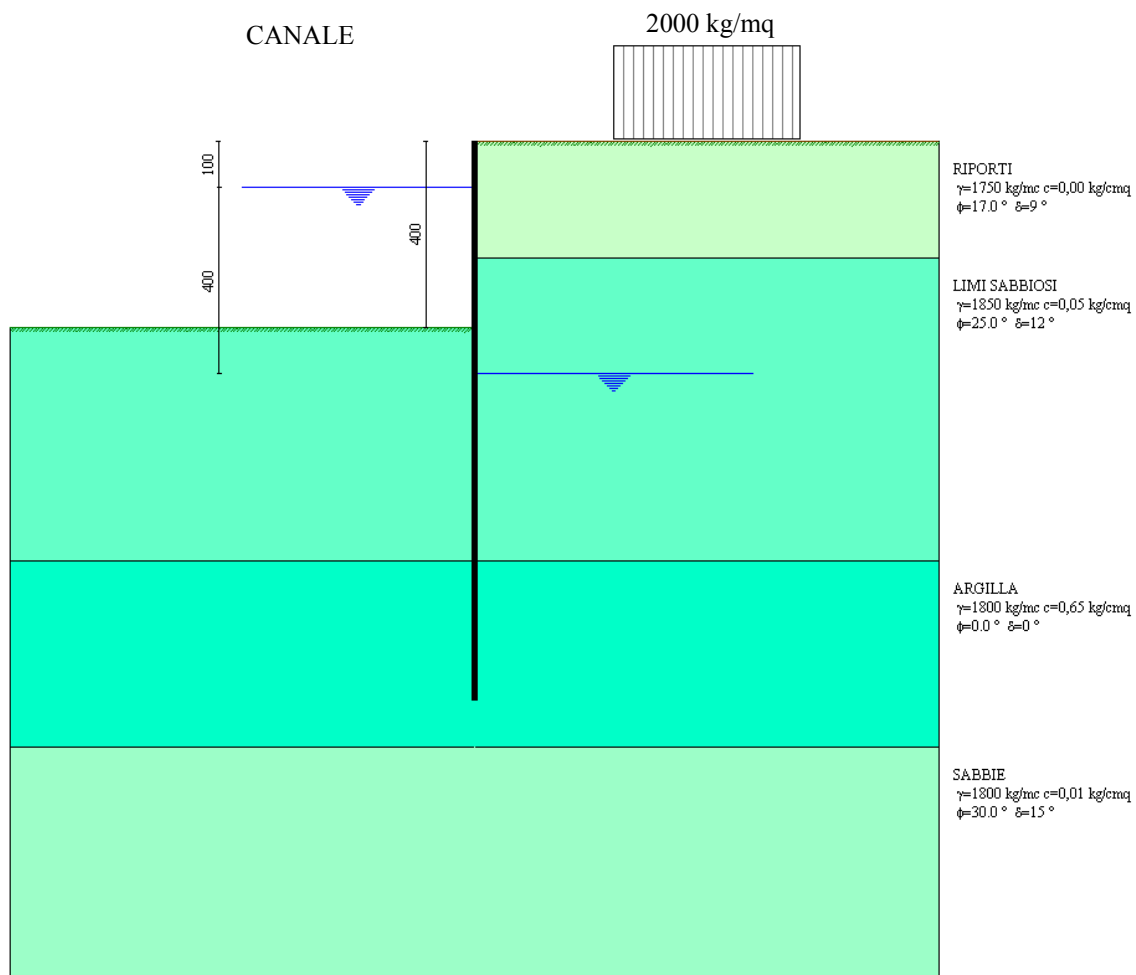
#### Verifica sezioni - Combinazione nr. 4

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	6,06	-5,28	8,66	3,57
21	1,00	30,04	-28,47	35,03	10,40
31	1,50	83,84	-81,49	90,63	19,86
41	2,00	173,19	-170,05	181,02	30,42
51	2,50	304,89	-300,97	314,43	44,39
61	3,00	478,10	-473,39	486,91	53,23
71	3,50	685,53	-680,03	694,32	63,61
81	4,00	932,14	-925,86	941,22	75,27
91	4,45	1167,29	-1160,31	1173,54	69,82
101	4,95	1395,61	-1387,84	1398,91	55,40
111	5,45	1558,23	-1549,67	1559,21	31,92
121	5,95	1622,89	-1613,55	1622,89	0,73
131	6,45	1556,36	-1546,23	1558,07	42,17
141	6,95	1357,19	-1346,28	1362,50	69,35
151	7,45	1093,98	-1082,28	1102,21	77,59
161	7,95	822,49	-810,01	832,36	73,81
171	8,45	576,37	-563,10	586,73	63,38
181	8,95	372,57	-358,52	382,59	50,21
191	9,45	218,18	-203,35	226,78	35,70
201	9,95	113,28	-97,66	119,94	22,75
211	10,45	50,41	-34,00	54,78	12,38
221	10,95	19,56	-2,37	21,42	5,04
231	11,45	9,68	8,30	9,80	0,89
241	11,95	9,40	9,37	9,40	0,04

# Diagramma dello sfruttamento strutturale







**Modello di Calcolo Condizione 2:** Canale dragato a profondità max di 4,00 ml dal p.c. e sistema di drenaggio a monte attivo (falda depressa a -5.00 m dal p.c.).

## Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia**

Altezza fuori terra	4,00	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]

Area per metro lineare di larghezza	98,00	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	23000,00	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	1150,00	[cm <sup>3</sup> ]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	10000,00	[kgm]
Fattore di taglio	1.20	

## Geometria cordoli

### *Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

### Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

### Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
0	-	-	-	-	--	--

## Geometria profilo terreno

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

### **Profilo di monte**

N	X	Y	A
2	10,00	0,00	0,00

### **Profilo di valle**

N	X	Y	A
1	-10,00	-4,00	0,00
2	0,00	-4,00	0,00

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	RIPORTI	1750,00	1950,00	17,00	9,00	0,000
2	LIMI SABBIOSI	1850,00	2000,00	25,00	12,00	0,050
3	ARGILLA	1800,00	1900,00	0,00	0,00	0,650
4	SABBIE	1800,00	1950,00	30,00	15,00	0,010

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	2,50	0,00	0,19	RIPORTI
2	6,50	0,00	1,57	LIMI SABBIOSI
3	4,00	0,00	1,73	ARGILLA
4	5,00	0,00	5,03	SABBIE

## Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	5,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	1,00	[m]
Regime delle pressioni neutre:	<b>Idrodinamico</b>	

## Caratteristiche materiali utilizzati

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] (1600* $\phi$ =1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

***Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.***

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] (1600* $\phi$ =1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

## Condizioni di carico

***Simbologia e convenzioni adottate***

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$F_x$  Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle

$F_y$  Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso

M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

$V_i, V_s$  Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle

R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

**Condizione n° 1**

Carico distribuito sul profilo       $X_i = 3,00$        $X_f = 7,00$        $Q_i = 2000$        $Q_f = 2000$

# Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

## Combinazione n° 1

Spinta terreno

## Combinazione n° 2

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

## Combinazione n° 3

Spinta terreno

## Combinazione n° 4

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

# Impostazioni di progetto

## Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988

- D.M. 16/01/1996

## Verifica materiali

Tensioni ammissibili

# Impostazioni di analisi

## **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno Pressione passiva

## Influenza $\delta$ (angolo di attrito terreno-paratia)

Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

## Stabilità globale

Metodo di Fellenius

## Verifica a sifonamento

Coefficiente di sicurezza a sifonamento 3.00

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Coefficiente di sicurezza al sollevamento del fondo scavo 1.50

## Impostazioni analisi sismica

Coefficiente di intensità sismica (percento) 6.00

Forma del diagramma di incremento sismico triangolare con vertice in basso sulla parte fuori terra

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

# Analisi della spinta

## Pressioni terreno

### Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

$\sigma_{am}$  sigma attiva da monte

$\sigma_{av}$  sigma attiva da valle

$\sigma_{pm}$  sigma passiva da monte

$\sigma_{pv}$  sigma passiva da valle

$\delta_a$  inclinazione spinta attiva espressa in [°]

$\delta_p$  inclinazione spinta passiva espressa in [°]

### Combinazione nr. 1

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	0	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	876	0	3959	0	9,0	9,0
21	2,00	1752	0	7918	0	9,0	9,0
31	2,80	1233	0	19540	0	12,0	12,0
41	3,80	1915	0	26001	0	12,0	12,0
51	4,80	2595	0	32469	5083	12,0	12,0
61	5,80	3026	83	36559	8584	12,0	12,0
71	6,80	3394	449	40056	12082	12,0	12,0
81	7,80	3762	816	43552	15580	12,0	12,0
91	8,80	4131	1184	47048	19077	12,0	12,0
101	9,60	630	0	26559	18549	0,0	0,0
111	10,60	1494	0	27458	19448	0,0	0,0
121	11,60	2375	0	28358	20348	0,0	0,0

### Combinazione nr. 2

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	0	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	876	0	3959	0	9,0	9,0
21	2,00	1752	0	8731	0	9,0	9,0
31	2,80	1598	0	30424	0	12,0	12,0
41	3,80	2502	0	27663	0	12,0	12,0
51	4,80	3282	0	33961	5083	12,0	12,0
61	5,80	3766	83	36736	8584	12,0	12,0
71	6,80	4081	449	40163	12082	12,0	12,0
81	7,80	4465	816	43623	15580	12,0	12,0
91	8,80	4741	1184	47098	19077	12,0	12,0
101	9,60	947	0	26587	18549	0,0	0,0
111	10,60	833	0	27484	19448	0,0	0,0
121	11,60	2240	0	28382	20348	0,0	0,0

**Combinazione nr. 3**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	283	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	1088	0	3959	0	9,0	9,0
21	2,00	1893	0	7918	0	9,0	9,0
31	2,80	1318	0	19540	0	12,0	12,0
41	3,80	1929	0	26001	0	12,0	12,0
51	4,80	2595	0	32469	5083	12,0	12,0
61	5,80	3026	83	36559	8584	12,0	12,0
71	6,80	3394	449	40056	12082	12,0	12,0
81	7,80	3762	816	43552	15580	12,0	12,0
91	8,80	4131	1184	47048	19077	12,0	12,0
101	9,60	630	0	26559	18549	0,0	0,0
111	10,60	1494	0	27458	19448	0,0	0,0
121	11,60	2375	0	28358	20348	0,0	0,0

**Combinazione nr. 4**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	508	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	1263	0	3959	0	9,0	9,0
21	2,00	2018	0	8731	0	9,0	9,0
31	2,80	1767	0	30424	0	12,0	12,0
41	3,80	2550	0	27663	0	12,0	12,0
51	4,80	3282	0	33961	5083	12,0	12,0
61	5,80	3766	83	36736	8584	12,0	12,0
71	6,80	4081	449	40163	12082	12,0	12,0
81	7,80	4465	816	43623	15580	12,0	12,0
91	8,80	4741	1184	47098	19077	12,0	12,0
101	9,60	947	0	26587	18549	0,0	0,0
111	10,60	833	0	27484	19448	0,0	0,0
121	11,60	2240	0	28382	20348	0,0	0,0



# Analisi della paratia

## L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 80 elementi fuori terra e 160 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4,00	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]

## Forze agenti sulla paratia

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

Tutte le forze sono espresse in [kg] e si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia

$Y_a$  rappresenta il punto di applicazione, rispetto alla testa della paratia, espresso in [m]

### Combinazione nr. 1

	<b>Valore</b>	<b><math>Y_a</math></b>
Spinta agente sulla paratia	5126,49	2,47
Spinta falda sulla paratia	-36000,00	7,43
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	0,00	0,00
Controspinta agente sulla paratia	30873,53	8,25
Spostamento massimo della paratia	0,91	0,00
Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	4,00	[m]
Centro di rotazione	-4,00	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0,00	[%]

### Combinazione nr. 2

	<b>Valore</b>	<b><math>Y_a</math></b>
Spinta agente sulla paratia	5779,92	2,55
Spinta falda sulla paratia	-36000,00	7,43
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	0,00	0,00
Controspinta agente sulla paratia	30220,10	8,36
Spostamento massimo della paratia	1,18	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,15	[m]
Punto di inversione del diagramma	4,00	[m]
Centro di rotazione	-4,00	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0,00	[%]

### Combinazione nr. 3

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	4951,76	2,43
Incremento sismico della spinta	565,50	1,33
Spinta falda sulla paratia	-36000,00	7,43
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-7,59	4,02
Controspinta agente sulla paratia	30490,40	8,35
Spostamento massimo della paratia	1,41	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	4,00	[m]
Centro di rotazione	4,06	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0,62	[%]

### Combinazione nr. 4

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	5739,28	2,56
Incremento sismico della spinta	1066,44	1,33
Spinta falda sulla paratia	-36000,00	7,43
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-241,23	4,44
Controspinta agente sulla paratia	29435,69	8,57
Spostamento massimo della paratia	2,34	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,15	[m]
Punto di inversione del diagramma	4,50	[m]
Centro di rotazione	4,68	[m]
Percentuale molle plasticizzate	6,21	[%]

# Pressioni orizzontali agenti sulla paratia

## *Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione espressa in [m]  
P pressione sulla paratia espressa in [kg/mq] positiva da monte verso valle

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 1**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,50	432,49
21	1,00	864,98
31	1,50	1297,47
41	2,00	1729,96
51	2,50	1550,27
61	3,00	1339,57
71	3,50	1672,53
1	4,00	1019,34
11	4,50	2169,90
21	5,00	3043,66
31	5,50	3659,67
41	6,00	4054,96
51	6,50	4274,12
61	7,00	4361,22
71	7,50	4355,21
81	8,00	4288,00
91	8,50	4184,49
101	9,00	4271,91
111	9,50	4344,73
121	10,00	4217,85
131	10,50	4102,61
141	11,00	3997,34
151	11,50	3898,04
161	12,00	3800,73

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 2**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,50	432,49
21	1,00	864,98
31	1,50	1297,47
41	2,00	1729,96
51	2,50	1986,31
61	3,00	1756,72

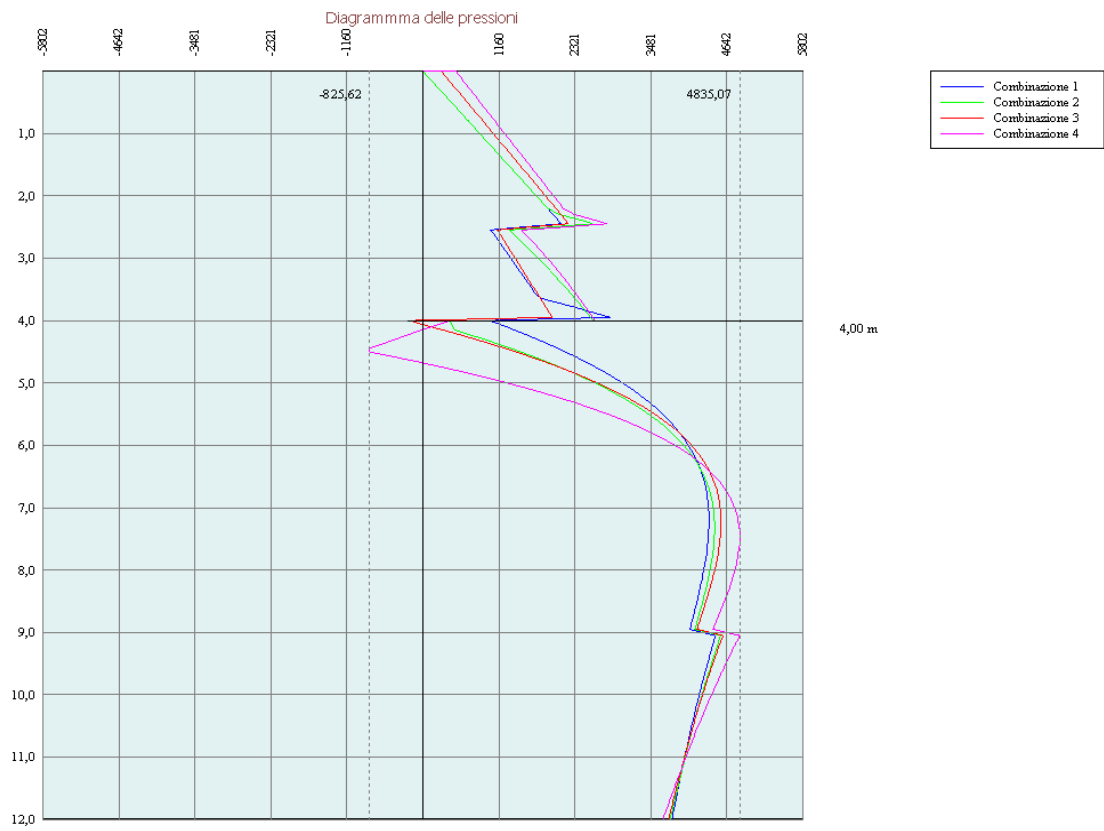
71	3,50	2200,47
81	4,00	2612,75
11	4,50	1485,77
21	5,00	2626,93
31	5,50	3445,38
41	6,00	3982,94
51	6,50	4293,61
61	7,00	4432,49
71	7,50	4449,29
81	8,00	4385,36
91	8,50	4273,14
101	9,00	4349,27
111	9,50	4406,48
121	10,00	4259,98
131	10,50	4126,00
141	11,00	4003,08
151	11,50	3886,85
161	12,00	3772,90

### Pressioni terreno - Combinazione nr. 3

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,45	637,09
21	0,95	1034,68
31	1,45	1432,26
41	1,95	1829,84
51	2,45	2217,69
61	2,95	1378,69
71	3,45	1677,30
81	3,95	1975,94
1	4,00	-198,63
11	4,50	1412,56
21	5,00	2660,71
31	5,50	3538,29
41	6,00	4100,51
51	6,50	4412,96
61	7,00	4540,03
71	7,50	4538,35
81	8,00	4453,97
91	8,50	4322,29
101	9,00	4383,13
111	9,50	4426,68
121	10,00	4268,02
131	10,50	4124,40
141	11,00	3993,51
151	11,50	3870,20
161	12,00	3749,41

#### Pressioni terreno - Combinazione nr. 4

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,45	837,08
21	0,95	1209,86
31	1,45	1582,63
41	1,95	1955,41
51	2,45	2804,88
61	2,95	1856,91
71	3,45	2246,66
81	3,95	2596,12
11	4,50	-825,62
21	5,00	1286,10
31	5,50	2820,55
41	6,00	3846,87
51	6,50	4459,86
61	7,00	4758,83
71	7,50	4834,80
81	8,00	4764,11
91	8,50	4606,61
101	9,00	4632,53
111	9,50	4626,76
121	10,00	4405,34
131	10,50	4201,53
141	11,00	4013,74
151	11,50	3835,83
161	12,00	3661,31



# Stabilità globale

## Metodo di Fellenius

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N° numero d'ordine della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

### Combinazione nr. 1

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

#### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 3,60  
 Raggio del cerchio R[m] = 15,60  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,63  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 15,18  
 Coefficiente di sicurezza C= 4,85

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	2224,67	-58,88	-1904,42	1,10	25,00	0,050	0,346	(0; 0)
2	3220,07	-55,04	-2638,93	0,99	25,00	0,050	0,433	(0; 0)
3	4087,38	-51,54	-3200,59	0,91	25,00	0,050	0,510	(0; 0)
4	4855,37	-48,30	-3624,93	0,85	25,00	0,050	0,577	(0; 0)
5	5542,62	-45,25	-3936,00	0,81	25,00	0,050	0,638	(0; 0)
6	6161,95	-42,35	-4151,28	0,77	25,00	0,050	0,693	(0; 0)
7	6722,68	-39,59	-4284,12	0,74	25,00	0,050	0,742	(0; 0)
8	7231,38	-36,93	-4344,88	0,71	25,00	0,050	0,787	(0; 0)
9	7679,17	-34,36	-4334,22	0,69	0,00	0,650	0,827	(0; 0)
10	8079,16	-31,87	-4265,74	0,67	0,00	0,650	0,865	(0; 0)
11	8442,61	-29,44	-4150,17	0,65	0,00	0,650	0,898	(0; 0)
12	8772,20	-27,08	-3992,72	0,64	0,00	0,650	0,929	(0; 0)

13	9070,11	-24,76	-3798,02	0,63	0,00	0,650	0,956	(0; 0)
14	9338,18	-22,48	-3570,23	0,61	0,00	0,650	0,981	(0; 0)
15	9577,92	-20,24	-3313,11	0,61	0,00	0,650	1,003	(0; 0)
16	9790,60	-18,03	-3030,18	0,60	0,00	0,650	1,023	(0; 0)
17	9977,31	-15,85	-2724,66	0,59	0,00	0,650	1,040	(0; 0)
18	10138,93	-13,69	-2399,62	0,58	0,00	0,650	1,055	(0; 0)
19	10276,20	-11,55	-2057,93	0,58	0,00	0,650	1,068	(0; 0)
20	10389,72	-9,43	-1702,36	0,58	0,00	0,650	1,079	(0; 0)
21	10479,98	-7,32	-1335,55	0,57	0,00	0,650	1,087	(0; 0)
22	10547,36	-5,22	-960,10	0,57	0,00	0,650	1,093	(0; 0)
23	10592,12	-3,13	-578,50	0,57	0,00	0,650	1,097	(0; 0)
24	10614,46	-1,04	-193,24	0,57	0,00	0,650	1,099	(0; 0)
25	13251,61	1,07	248,10	0,58	0,00	0,650	0,699	(0; 0)
26	13227,31	3,22	742,94	0,58	0,00	0,650	0,697	(0; 0)
27	13178,61	5,37	1233,68	0,59	0,00	0,650	0,693	(0; 0)
28	13105,30	7,53	1717,55	0,59	0,00	0,650	0,686	(0; 0)
29	13007,07	9,70	2191,73	0,59	0,00	0,650	0,677	(0; 0)
30	12883,48	11,89	2653,33	0,60	0,00	0,650	0,666	(0; 0)
31	12733,96	14,09	3099,38	0,60	0,00	0,650	0,653	(0; 0)
32	12557,82	16,31	3526,75	0,61	0,00	0,650	0,637	(0; 0)
33	12354,20	18,56	3932,20	0,62	0,00	0,650	0,619	(0; 0)
34	12122,06	20,84	4312,25	0,62	0,00	0,650	0,598	(0; 0)
35	11860,15	23,15	4663,22	0,64	0,00	0,650	0,574	(0; 0)
36	11566,96	25,51	4981,13	0,65	0,00	0,650	0,548	(0; 0)
37	11240,70	27,91	5261,60	0,66	0,00	0,650	0,518	(0; 0)
38	10879,19	30,37	5499,83	0,68	0,00	0,650	0,486	(0; 0)
39	10479,79	32,89	5690,43	0,70	0,00	0,650	0,450	(0; 0)
40	10038,44	35,48	5826,79	0,72	12,50	0,350	0,410	(0; 0)
41	9533,88	38,16	5891,06	0,74	25,00	0,050	0,366	(0; 0)
42	8969,84	40,95	5878,59	0,77	25,00	0,050	0,318	(0; 0)
43	8346,13	43,86	5782,56	0,81	25,00	0,050	0,265	(0; 0)
44	7653,71	46,91	5589,67	0,85	25,00	0,050	0,205	(0; 0)
45	6880,24	50,16	5282,74	0,91	25,00	0,050	0,139	(0; 0)
46	6008,08	53,64	4838,46	0,99	25,00	0,050	0,064	(0; 0)
47	5031,79	57,44	4241,16	1,09	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
48	3948,65	61,70	3476,74	1,23	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
49	2638,87	66,67	2423,18	1,47	21,00	0,025	0,000	(0; 0)
50	967,33	72,85	924,34	1,98	17,00	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 448277,30$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 29417,94$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 33194,31$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 133519,66$  [kg]

## Combinazione nr. 2



Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= -1,20 Y[m]= 1,20  
 Raggio del cerchio R[m] = 13,25  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,40  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 12,01  
 Coefficiente di sicurezza C= 4,29

**Caratteristiche delle strisce**

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	2082,10	-64,41	-1877,80	1,19	25,00	0,050	0,352	(0; 0)
2	3089,71	-59,62	-2665,55	1,02	25,00	0,050	0,450	(0; 0)
3	3928,64	-55,46	-3235,95	0,91	25,00	0,050	0,531	(0; 0)
4	4650,66	-51,69	-3649,38	0,83	25,00	0,050	0,601	(0; 0)
5	5284,19	-48,22	-3940,69	0,77	25,00	0,050	0,663	(0; 0)
6	5846,87	-44,98	-4132,68	0,73	25,00	0,050	0,717	(0; 0)
7	6350,61	-41,90	-4241,55	0,69	25,00	0,050	0,766	(0; 0)
8	6797,92	-38,98	-4275,78	0,66	12,50	0,350	0,810	(0; 0)
9	7187,19	-36,16	-4240,99	0,64	0,00	0,650	0,850	(0; 0)
10	7538,28	-33,45	-4154,89	0,62	0,00	0,650	0,886	(0; 0)
11	7855,46	-30,82	-4024,12	0,60	0,00	0,650	0,918	(0; 0)
12	8141,56	-28,25	-3853,99	0,59	0,00	0,650	0,947	(0; 0)
13	8398,87	-25,75	-3649,11	0,57	0,00	0,650	0,974	(0; 0)
14	8629,26	-23,30	-3413,58	0,56	0,00	0,650	0,997	(0; 0)
15	8834,27	-20,90	-3151,08	0,55	0,00	0,650	1,018	(0; 0)
16	9015,18	-18,53	-2864,98	0,54	0,00	0,650	1,036	(0; 0)
17	9173,03	-16,19	-2558,39	0,54	0,00	0,650	1,053	(0; 0)
18	9308,69	-13,89	-2234,20	0,53	0,00	0,650	1,066	(0; 0)
19	9422,88	-11,60	-1895,14	0,53	0,00	0,650	1,078	(0; 0)
20	9516,17	-9,34	-1543,81	0,52	0,00	0,650	1,088	(0; 0)
21	9589,01	-7,08	-1182,71	0,52	0,00	0,650	1,095	(0; 0)
22	9641,76	-4,84	-814,25	0,52	0,00	0,650	1,100	(0; 0)
23	9674,65	-2,61	-440,79	0,52	0,00	0,650	1,104	(0; 0)
24	9687,84	-0,38	-64,63	0,52	0,00	0,650	1,105	(0; 0)
25	9681,39	1,85	311,92	0,52	0,00	0,650	1,105	(0; 0)
26	9655,27	4,08	686,57	0,52	0,00	0,650	1,102	(0; 0)
27	11332,73	6,28	1240,16	0,50	0,00	0,650	0,697	(0; 0)
28	11271,15	8,46	1659,02	0,51	0,00	0,650	0,691	(0; 0)
29	11190,98	10,66	2069,80	0,51	0,00	0,650	0,682	(0; 0)
30	11091,87	12,87	2470,30	0,51	0,00	0,650	0,672	(0; 0)
31	10973,35	15,10	2858,27	0,52	0,00	0,650	0,659	(0; 0)
32	10839,57	17,35	3232,74	0,52	0,00	0,650	0,645	(0; 0)
33	11676,46	19,63	3923,25	0,53	0,00	0,650	0,628	(0; 0)
34	11495,74	21,95	4296,65	0,54	0,00	0,650	0,609	(0; 0)



35	11292,48	24,30	4647,12	0,55	0,00	0,650	0,588	(0; 0)
36	11065,45	26,70	4971,58	0,56	0,00	0,650	0,564	(0; 0)
37	10813,17	29,15	5266,60	0,57	0,00	0,650	0,537	(0; 0)
38	10533,85	31,66	5528,40	0,59	0,00	0,650	0,508	(0; 0)
39	10225,31	34,24	5752,69	0,61	0,00	0,650	0,476	(0; 0)
40	9873,86	36,90	5927,94	0,63	0,00	0,650	0,440	(0; 0)
41	8505,79	39,65	5427,92	0,65	12,50	0,350	0,400	(0; 0)
42	8071,23	42,53	5455,57	0,68	25,00	0,050	0,356	(0; 0)
43	7586,44	45,54	5414,57	0,71	25,00	0,050	0,308	(0; 0)
44	7046,06	48,72	5295,25	0,76	25,00	0,050	0,254	(0; 0)
45	6438,90	52,12	5082,46	0,82	25,00	0,050	0,193	(0; 0)
46	5748,40	55,81	4754,98	0,89	25,00	0,050	0,124	(0; 0)
47	4947,99	59,89	4280,42	1,00	25,00	0,050	0,044	(0; 0)
48	4028,16	64,57	3637,81	1,17	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
49	2894,32	70,30	2724,86	1,48	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
50	1122,24	78,95	1101,44	2,61	17,00	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 857324,28$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 59330,21$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 58376,76$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 258896,37$  [kg]

### Combinazione nr. 3

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 7,20

Raggio del cerchio R[m] = 19,20

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -15,61

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 17,81

Coefficiente di sicurezza C= 3,07

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	2620,46	-52,70	-2084,39	1,12	25,00	0,050	0,343	(0; 0)
2	3763,00	-49,47	-2860,01	1,04	25,00	0,050	0,427	(0; 0)
3	4785,44	-46,44	-3467,79	0,98	25,00	0,050	0,503	(0; 0)
4	5707,48	-43,57	-3934,07	0,94	25,00	0,050	0,571	(0; 0)
5	6543,32	-40,84	-4278,81	0,90	25,00	0,050	0,632	(0; 0)
6	7303,59	-38,21	-4517,72	0,86	25,00	0,050	0,688	(0; 0)
7	7996,47	-35,68	-4663,59	0,84	25,00	0,050	0,739	(0; 0)



8	8627,93	-33,22	-4726,83	0,81	25,00	0,050	0,786	(0; 0)
9	9185,41	-30,83	-4707,53	0,79	0,00	0,650	0,828	(0; 0)
10	9683,86	-28,50	-4620,67	0,77	0,00	0,650	0,867	(0; 0)
11	10136,67	-26,22	-4478,41	0,76	0,00	0,650	0,902	(0; 0)
12	10546,58	-23,98	-4286,72	0,74	0,00	0,650	0,934	(0; 0)
13	10915,89	-21,78	-4051,00	0,73	0,00	0,650	0,963	(0; 0)
14	11246,55	-19,62	-3776,19	0,72	0,00	0,650	0,988	(0; 0)
15	11540,18	-17,48	-3466,90	0,71	0,00	0,650	1,011	(0; 0)
16	11798,14	-15,37	-3127,39	0,70	0,00	0,650	1,031	(0; 0)
17	12021,59	-13,28	-2761,73	0,70	0,00	0,650	1,048	(0; 0)
18	12211,48	-11,21	-2373,76	0,69	0,00	0,650	1,063	(0; 0)
19	12368,59	-9,15	-1967,15	0,69	0,00	0,650	1,075	(0; 0)
20	12493,55	-7,11	-1545,46	0,68	0,00	0,650	1,085	(0; 0)
21	12586,86	-5,07	-1112,14	0,68	0,00	0,650	1,092	(0; 0)
22	12648,87	-3,04	-670,57	0,68	0,00	0,650	1,097	(0; 0)
23	12679,81	-1,01	-224,07	0,68	0,00	0,650	1,099	(0; 0)
24	14962,29	0,98	256,99	0,66	0,00	0,650	0,699	(0; 0)
25	14933,88	2,95	769,49	0,66	0,00	0,650	0,697	(0; 0)
26	14876,96	4,93	1277,60	0,66	0,00	0,650	0,693	(0; 0)
27	14791,31	6,91	1778,35	0,66	0,00	0,650	0,686	(0; 0)
28	14676,64	8,89	2268,72	0,67	0,00	0,650	0,677	(0; 0)
29	14532,52	10,89	2745,66	0,67	0,00	0,650	0,665	(0; 0)
30	14358,40	12,90	3206,00	0,68	0,00	0,650	0,651	(0; 0)
31	14153,62	14,93	3646,48	0,68	0,00	0,650	0,635	(0; 0)
32	13917,34	16,98	4063,70	0,69	0,00	0,650	0,616	(0; 0)
33	13648,59	19,05	4454,10	0,70	0,00	0,650	0,595	(0; 0)
34	13346,19	21,14	4813,90	0,71	0,00	0,650	0,570	(0; 0)
35	13008,77	23,27	5139,10	0,72	0,00	0,650	0,544	(0; 0)
36	12634,69	25,43	5425,38	0,73	0,00	0,650	0,514	(0; 0)
37	12222,01	27,63	5668,07	0,74	0,00	0,650	0,481	(0; 0)
38	11768,44	29,88	5862,04	0,76	0,00	0,650	0,445	(0; 0)
39	11269,23	32,17	6000,57	0,78	12,50	0,350	0,405	(0; 0)
40	10701,66	34,53	6066,06	0,80	25,00	0,050	0,361	(0; 0)
41	10075,29	36,96	6057,21	0,83	25,00	0,050	0,314	(0; 0)
42	9390,13	39,46	5967,99	0,85	25,00	0,050	0,262	(0; 0)
43	8639,74	42,06	5788,00	0,89	25,00	0,050	0,205	(0; 0)
44	7815,91	44,77	5504,75	0,93	25,00	0,050	0,143	(0; 0)
45	6907,91	47,62	5102,74	0,98	25,00	0,050	0,074	(0; 0)
46	5912,60	50,63	4570,86	1,04	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
47	4863,04	53,85	3926,78	1,12	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
48	3684,84	57,34	3102,29	1,22	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
49	2356,10	61,21	2064,85	1,37	17,00	0,000	0,000	(0; 0)
50	831,58	65,41	756,18	1,58	17,00	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1367015,69$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 91911,15$  [kg]

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 100679,74 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 406956,27 \text{ [kg]}$$

#### Combinazione nr. 4

Numero di cerchi analizzati 100

Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,20 Y[m]= 4,80

Raggio del cerchio R[m] = 16,84

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -15,57

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 14,95

Coefficiente di sicurezza C= 2,92

#### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	2328,68	-56,69	-1946,12	1,09	25,00	0,050	0,344	(0; 0)
2	3352,42	-53,14	-2682,21	1,00	25,00	0,050	0,430	(0; 0)
3	4255,72	-49,86	-3253,37	0,93	25,00	0,050	0,505	(0; 0)
4	5062,54	-46,79	-3689,95	0,87	25,00	0,050	0,573	(0; 0)
5	5789,11	-43,89	-4013,53	0,83	25,00	0,050	0,633	(0; 0)
6	6447,05	-41,13	-4240,29	0,79	25,00	0,050	0,688	(0; 0)
7	7044,98	-38,47	-4382,95	0,76	25,00	0,050	0,738	(0; 0)
8	7589,32	-35,91	-4451,66	0,74	25,00	0,050	0,784	(0; 0)
9	8070,80	-33,44	-4447,03	0,72	0,00	0,650	0,825	(0; 0)
10	8500,55	-31,03	-4381,51	0,70	0,00	0,650	0,863	(0; 0)
11	8891,70	-28,68	-4266,92	0,68	0,00	0,650	0,897	(0; 0)
12	9246,91	-26,38	-4108,55	0,67	0,00	0,650	0,929	(0; 0)
13	9568,38	-24,13	-3911,13	0,66	0,00	0,650	0,957	(0; 0)
14	9857,92	-21,91	-3678,94	0,65	0,00	0,650	0,982	(0; 0)
15	10117,10	-19,73	-3415,92	0,64	0,00	0,650	1,005	(0; 0)
16	10347,20	-17,58	-3125,69	0,63	0,00	0,650	1,025	(0; 0)
17	10549,31	-15,46	-2811,64	0,62	0,00	0,650	1,043	(0; 0)
18	10724,34	-13,35	-2476,96	0,62	0,00	0,650	1,058	(0; 0)
19	10873,05	-11,27	-2124,70	0,61	0,00	0,650	1,072	(0; 0)
20	10996,07	-9,20	-1757,76	0,61	0,00	0,650	1,082	(0; 0)
21	11093,89	-7,14	-1378,95	0,60	0,00	0,650	1,091	(0; 0)
22	11166,90	-5,09	-990,97	0,60	0,00	0,650	1,097	(0; 0)
23	11215,38	-3,05	-596,51	0,60	0,00	0,650	1,102	(0; 0)
24	11239,53	-1,01	-198,16	0,60	0,00	0,650	1,104	(0; 0)
25	11239,43	1,03	201,47	0,60	0,00	0,650	1,104	(0; 0)
26	11215,08	3,07	599,79	0,60	0,00	0,650	1,102	(0; 0)
27	14109,63	5,15	1266,45	0,63	0,00	0,650	0,697	(0; 0)
28	14029,27	7,28	1778,29	0,63	0,00	0,650	0,690	(0; 0)
29	13920,93	9,42	2279,60	0,63	0,00	0,650	0,681	(0; 0)

30	13784,15	11,58	2767,19	0,64	0,00	0,650	0,670	(0; 0)
31	13848,66	13,75	3292,52	0,64	0,00	0,650	0,656	(0; 0)
32	14668,76	15,95	4030,22	0,65	0,00	0,650	0,639	(0; 0)
33	14442,40	18,16	4502,39	0,66	0,00	0,650	0,620	(0; 0)
34	14184,18	20,41	4946,71	0,66	0,00	0,650	0,598	(0; 0)
35	13892,78	22,69	5359,12	0,68	0,00	0,650	0,574	(0; 0)
36	13566,58	25,01	5735,28	0,69	0,00	0,650	0,546	(0; 0)
37	13203,64	27,37	6070,42	0,70	0,00	0,650	0,515	(0; 0)
38	11848,86	29,79	5886,01	0,72	0,00	0,650	0,481	(0; 0)
39	11111,76	32,26	5931,05	0,74	0,00	0,650	0,444	(0; 0)
40	10620,06	34,80	6061,63	0,76	12,50	0,350	0,403	(0; 0)
41	10057,38	37,43	6112,70	0,78	25,00	0,050	0,357	(0; 0)
42	9432,83	40,15	6082,27	0,82	25,00	0,050	0,307	(0; 0)
43	8743,58	42,99	5961,53	0,85	25,00	0,050	0,252	(0; 0)
44	7980,39	45,96	5736,67	0,90	25,00	0,050	0,190	(0; 0)
45	7130,84	49,10	5390,09	0,95	25,00	0,050	0,122	(0; 0)
46	6177,52	52,46	4898,40	1,02	25,00	0,050	0,046	(0; 0)
47	5133,27	56,10	4260,72	1,12	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
48	3973,61	60,13	3445,73	1,25	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
49	2601,77	64,74	2353,03	1,46	21,00	0,025	0,000	(0; 0)
50	937,49	70,08	881,43	1,83	17,00	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

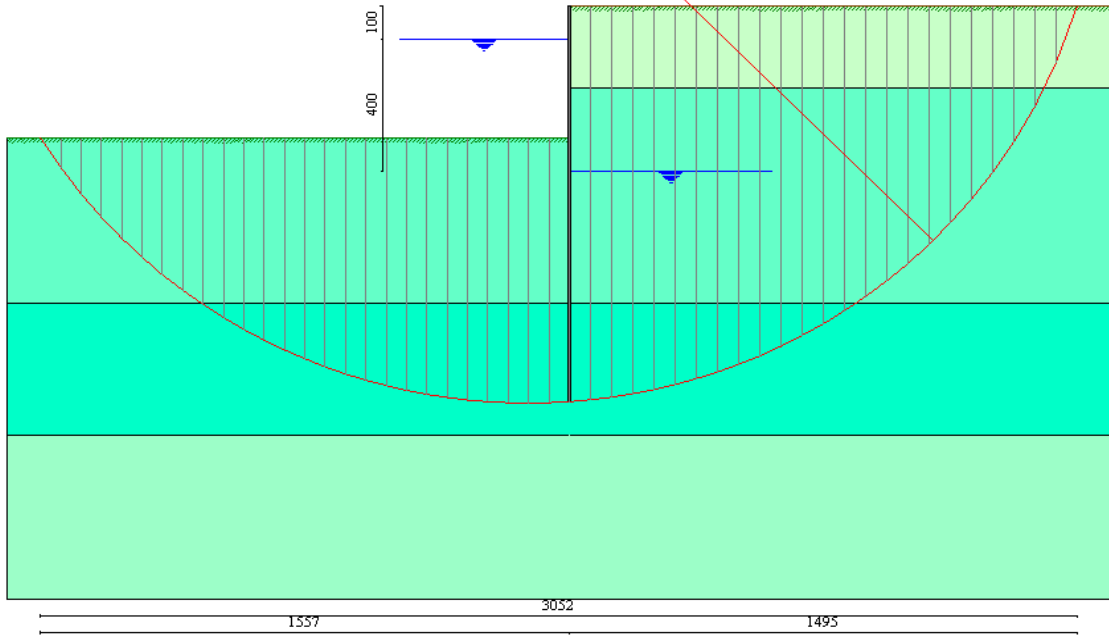
$\Sigma W_i = 1843199,42$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 125410,43$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 136060,42$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 547580,22$  [kg]

C= 2,92  
R=16,84m  
X= -1,20 Y= 4,80



# Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

## Simbologia adottata

Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
$M_{max}$ , $M_{min}$	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
$N_{max}$ , $N_{min}$	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
$T_{max}$ , $T_{min}$	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

## Combinazione nr. 1

$y_{Mmax} = 4,35$	$M_{max} = 3442$	$y_{Mmin} = 10,00$	$M_{min} = -135$
$y_{Tmax} = 2,50$	$T_{max} = 1577$	$y_{Tmin} = 5,90$	$T_{min} = -1030$
$y_{Nmax} = 12,00$	$N_{max} = 923$	$y_{Nmin} = 0,00$	$N_{min} = 0$

## Combinazione nr. 2

$y_{Mmax} = 4,50$	$M_{max} = 4194$	$y_{Mmin} = 10,05$	$M_{min} = -146$
$y_{Tmax} = 2,50$	$T_{max} = 1654$	$y_{Tmin} = 6,00$	$T_{min} = -1293$
$y_{Nmax} = 12,00$	$N_{max} = 923$	$y_{Nmin} = 0,00$	$N_{min} = 0$

## Combinazione nr. 3

$y_{Mmax} = 4,35$	$M_{max} = 4974$	$y_{Mmin} = 10,00$	$M_{min} = -174$
$y_{Tmax} = 2,50$	$T_{max} = 2057$	$y_{Tmin} = 5,85$	$T_{min} = -1557$
$y_{Nmax} = 12,00$	$N_{max} = 923$	$y_{Nmin} = 0,00$	$N_{min} = 0$

## Combinazione nr. 4

$y_{Mmax} = 4,65$	$M_{max} = 7391$	$y_{Mmin} = 10,10$	$M_{min} = -208$
$y_{Tmax} = 2,50$	$T_{max} = 2534$	$y_{Tmin} = 6,10$	$T_{min} = -2394$
$y_{Nmax} = 12,00$	$N_{max} = 923$	$y_{Nmin} = 0,00$	$N_{min} = 0$

# Sollecitazioni per metro di paratia

## Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio espresso in [kg]

**Combinazione nr. 1**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	18,11	38,47	108,12
21	1,00	144,34	76,93	432,49
31	1,50	465,88	115,39	848,10
41	2,00	986,79	153,86	1229,96
51	2,50	1690,11	192,32	1576,87
61	3,00	2409,12	230,79	1286,73
71	3,50	2962,94	269,26	914,79
81	4,00	3333,59	307,72	626,47
91	4,45	3436,49	342,34	-70,23
101	4,95	3221,76	380,80	-627,48
111	5,45	2771,51	419,27	-955,84
121	5,95	2218,82	457,73	-1028,85
131	6,45	1668,43	496,20	-945,73
141	6,95	1179,95	534,66	-784,48
151	7,45	778,80	573,13	-602,10
161	7,95	466,09	611,59	-437,66
171	8,45	226,78	650,06	-315,88
181	8,95	36,05	688,52	-250,42
191	9,45	-93,93	726,99	-51,45
201	9,95	-134,77	765,45	91,90
211	10,45	-117,87	803,92	174,43
221	10,95	-72,34	842,38	201,71
231	11,45	-24,79	880,85	177,88
241	11,95	-0,25	919,31	104,98

**Combinazione nr. 2**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	18,11	38,46	108,12
21	1,00	144,34	76,93	432,49
31	1,50	465,88	115,40	848,10
41	2,00	986,79	153,86	1229,96
51	2,50	1696,87	192,33	1653,67
61	3,00	2493,89	230,79	1534,28
71	3,50	3228,75	269,26	1400,50
81	4,00	3887,90	307,72	1228,47
91	4,45	4189,41	342,34	178,38
101	4,95	4030,58	380,80	-658,09
111	5,45	3524,75	419,27	-1146,63
121	5,95	2857,29	457,73	-1292,47
131	6,45	2170,11	496,20	-1222,90
141	6,95	1547,08	534,66	-1038,84
151	7,45	1027,65	573,13	-814,70
161	7,95	619,46	611,59	-601,85



171	8,45	308,81	650,06	-432,99
181	8,95	69,09	688,52	-326,42
191	9,45	-90,42	726,99	-91,38
201	9,95	-144,87	765,45	78,41
211	10,45	-130,54	803,92	177,74
221	10,95	-81,26	842,38	212,70
231	11,45	-28,09	880,85	187,92
241	11,95	-0,28	919,31	105,68

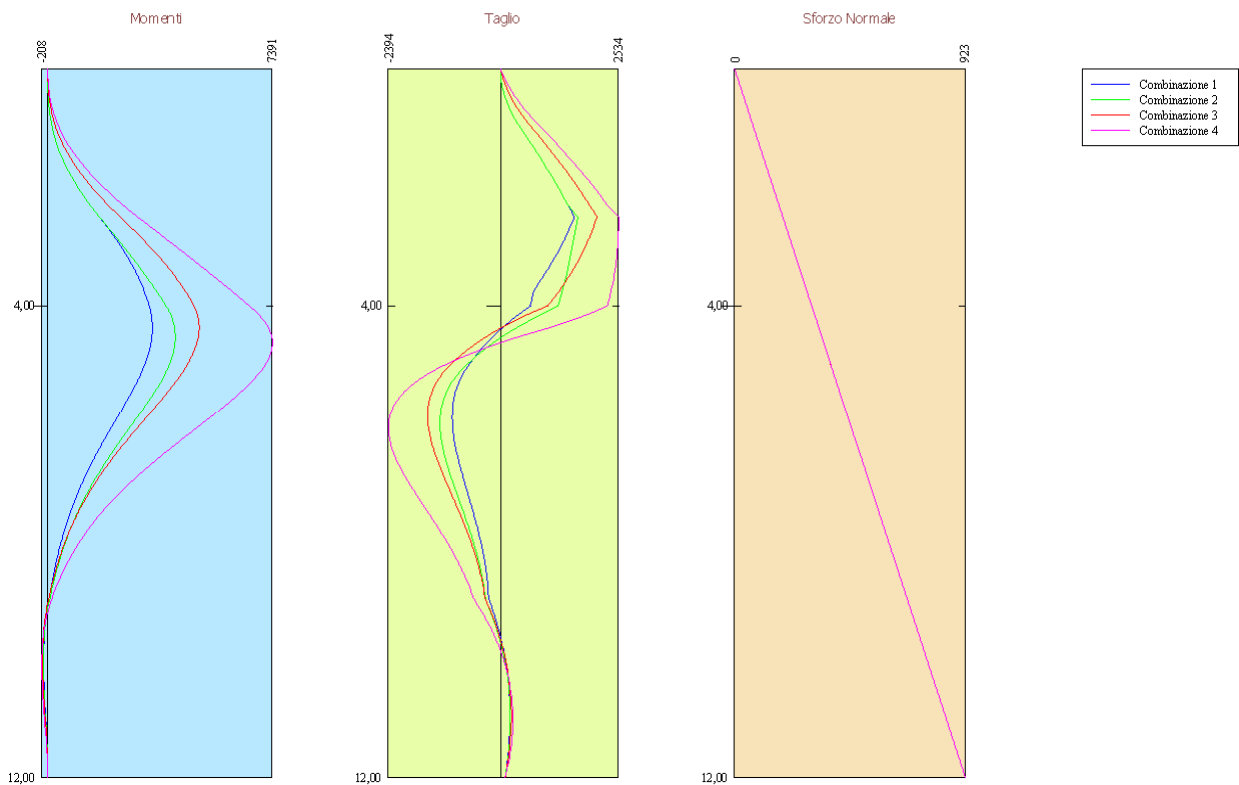
### Combinazione nr. 3

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	51,56	38,47	239,02
21	1,00	272,32	76,93	676,84
31	1,50	740,75	115,40	1188,45
41	2,00	1452,19	153,86	1648,85
51	2,50	2380,95	192,32	2056,85
61	3,00	3351,45	230,79	1809,90
71	3,50	4174,06	269,26	1463,88
81	4,00	4798,48	307,72	1017,19
91	4,45	4966,52	342,34	-157,54
101	4,95	4635,16	380,80	-1004,28
111	5,45	3962,15	419,27	-1460,94
121	5,95	3148,96	457,73	-1553,61
131	6,45	2344,65	496,20	-1424,12
141	6,95	1634,16	534,66	-1182,64
151	7,45	1054,41	573,13	-908,73
161	7,95	608,61	611,59	-655,94
171	8,45	278,04	650,06	-457,23
181	8,95	31,20	688,52	-330,02
191	9,45	-126,64	726,99	-80,89
201	9,95	-173,97	765,45	96,15
211	10,45	-150,17	803,92	197,24
221	10,95	-91,57	842,38	229,56
231	11,45	-31,27	880,85	198,37
241	11,95	-0,31	919,31	106,26

### Combinazione nr. 4

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	78,30	38,47	343,97
21	1,00	375,19	76,93	874,33
31	1,50	962,92	115,39	1466,09
41	2,00	1830,63	153,86	1994,23
51	2,50	2953,19	192,33	2534,38
61	3,00	4213,21	230,79	2500,70
71	3,50	5446,53	269,25	2423,07

81	4,00	6624,84	307,72	2277,45
91	4,50	7360,62	346,19	492,92
101	5,00	7149,04	384,65	-1189,52
111	5,50	6267,95	423,12	-2101,82
121	6,00	5081,50	461,58	-2390,20
131	6,50	3848,24	500,05	-2283,22
141	7,00	2723,47	538,51	-1960,09
151	7,50	1783,83	576,98	-1552,28
161	8,00	1049,88	615,44	-1149,63
171	8,50	505,18	653,90	-808,33
181	9,00	111,28	692,37	-547,67
191	9,50	-125,57	730,83	-182,32
201	10,00	-205,51	769,30	69,52
211	10,50	-183,75	807,76	215,39
221	11,00	-111,27	846,23	263,96
231	11,50	-35,15	884,69	221,65
241	12,00	0,00	923,16	91,53



# Verifiche idrauliche

## Verifica a sifonamento

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $\gamma_m$  : Peso di galleggiamento medio espresso in [kg/cm<sup>3</sup>]  
 $i_c$  : Gradiente idraulico critico  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $FS_{sif}$  : Coefficiente di sicurezza a sifonamento

### Combinazione nr. 1

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
-4,00	15,00	960,00	0,96	-0,27	999,90

### Combinazione nr. 2

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
-4,00	15,00	960,00	0,96	-0,27	999,90

### Combinazione nr. 3

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
-4,00	15,00	960,00	0,96	-0,27	999,90

### Combinazione nr. 4

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
-4,00	15,00	960,00	0,96	-0,27	999,90

## Verifica al sollevamento del fondo scavo

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $I$  : Profondità di infissione espressa in [m]  
 $\sigma_t$  : Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $u_w$  : Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $FS_{scavo}$  : Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

### Combinazione nr. 1

$\Delta H$	$L$	$i_E$	$I$	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
-4,00	15,00	-0,27	8,00	0,00	0,00	999,90

**Combinazione nr. 2**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
-4,00	15,00	-0,27	8,00	0,00	0,00	999,90

**Combinazione nr. 3**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
-4,00	15,00	-0,27	8,00	0,00	0,00	999,90

**Combinazione nr. 4**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
-4,00	15,00	-0,27	8,00	0,00	0,00	999,90

# Spostamenti massimi e minimi della paratia

## Simbologia adottata

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
 $u_{\max}$ ,  $u_{\min}$  spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
 $v_{\max}$ ,  $v_{\min}$  spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

### Combinazione nr. 1

$y_{U_{\max}} = 0,00$        $u_{\max} = 0,9126$                        $y_{U_{\min}} = 7,20$        $u_{\min} = -0,2778$   
 $y_{V_{\max}} = 0,00$        $v_{\max} = 0,0027$                        $y_{V_{\min}} = 0,00$        $v_{\min} = 0,0000$

### Combinazione nr. 2

$y_{U_{\max}} = 0,00$        $u_{\max} = 1,1801$                        $y_{U_{\min}} = 7,35$        $u_{\min} = -0,2833$   
 $y_{V_{\max}} = 0,00$        $v_{\max} = 0,0027$                        $y_{V_{\min}} = 0,00$        $v_{\min} = 0,0000$

### Combinazione nr. 3

$y_{U_{\max}} = 0,00$        $u_{\max} = 1,4121$                        $y_{U_{\min}} = 7,25$        $u_{\min} = -0,2895$   
 $y_{V_{\max}} = 0,00$        $v_{\max} = 0,0027$                        $y_{V_{\min}} = 0,00$        $v_{\min} = 0,0000$

### Combinazione nr. 4

$y_{U_{\max}} = 0,00$        $u_{\max} = 2,3361$                        $y_{U_{\min}} = 7,45$        $u_{\min} = -0,3075$   
 $y_{V_{\max}} = 0,00$        $v_{\max} = 0,0027$                        $y_{V_{\min}} = 0,00$        $v_{\min} = 0,0000$

# Spostamenti della paratia

## Simbologia adottata

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u spostamento orizzontale espresso in [cm] positivo verso valle  
v spostamento verticale espresso in [cm] positivo verso il basso

### Combinazione nr. 1

N°	Y	u	v
1	0,00	0,91262	0,00269
11	0,50	0,77724	0,00269
21	1,00	0,64201	0,00267

31	1,50	0,50761	0,00265
41	2,00	0,37571	0,00262
51	2,50	0,24900	0,00257
61	3,00	0,13104	0,00252
71	3,50	0,02548	0,00246
81	4,00	-0,06483	0,00239
91	4,50	-0,13801	0,00231
101	5,00	-0,19358	0,00222
111	5,50	-0,23276	0,00213
121	6,00	-0,25790	0,00202
131	6,50	-0,27184	0,00190
141	7,00	-0,27737	0,00178
151	7,50	-0,27699	0,00164
161	8,00	-0,27272	0,00150
171	8,50	-0,26613	0,00134
181	9,00	-0,25846	0,00118
191	9,50	-0,25066	0,00100
201	10,00	-0,24334	0,00082
211	10,50	-0,23669	0,00063
221	11,00	-0,23062	0,00043
231	11,50	-0,22489	0,00022
241	12,00	-0,21927	0,00000

### Combinazione nr. 2

N°	Y	u	v
1	0,00	1,18011	0,00269
11	0,50	1,01903	0,00269
21	1,00	0,85808	0,00267
31	1,50	0,69797	0,00265
41	2,00	0,54036	0,00262
51	2,50	0,38793	0,00257
61	3,00	0,24433	0,00252
71	3,50	0,11361	0,00246
81	4,00	-0,00043	0,00239
91	4,50	-0,09450	0,00231
101	5,00	-0,16707	0,00222
111	5,50	-0,21913	0,00213
121	6,00	-0,25332	0,00202
131	6,50	-0,27307	0,00190
141	7,00	-0,28191	0,00178
151	7,50	-0,28298	0,00164
161	8,00	-0,27891	0,00150
171	8,50	-0,27177	0,00134
181	9,00	-0,26314	0,00118
191	9,50	-0,25422	0,00100
201	10,00	-0,24577	0,00082
211	10,50	-0,23804	0,00063
221	11,00	-0,23095	0,00043

231	11,50	-0,22424	0,00022
241	12,00	-0,21767	0,00000

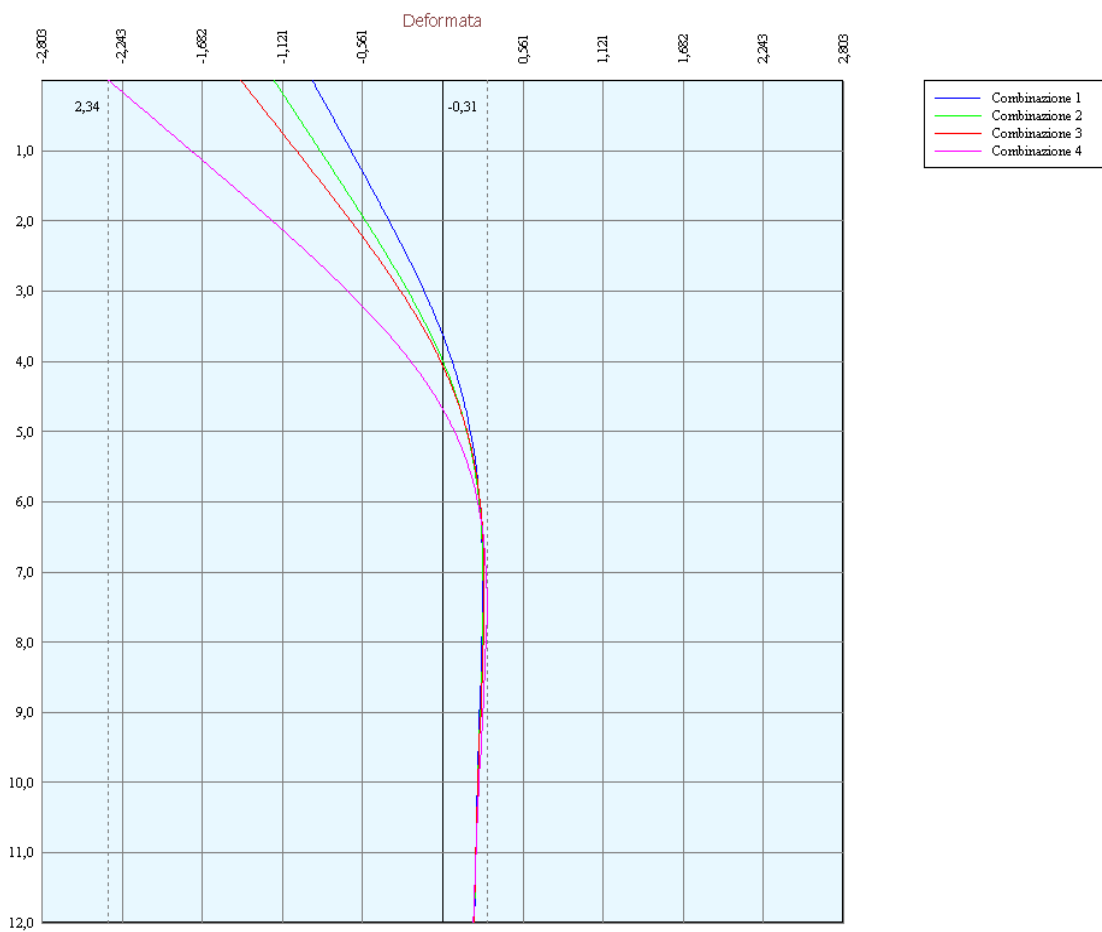
### Combinazione nr. 3

N°	Y	u	v
1	0,00	1,41205	0,00269
11	0,50	1,21807	0,00269
21	1,00	1,02443	0,00267
31	1,50	0,83231	0,00265
41	2,00	0,64413	0,00262
51	2,50	0,46356	0,00257
61	3,00	0,29533	0,00252
71	3,50	0,14439	0,00246
81	4,00	0,01496	0,00239
91	4,50	-0,08984	0,00231
101	5,00	-0,16922	0,00222
111	5,50	-0,22504	0,00213
121	6,00	-0,26079	0,00202
131	6,50	-0,28067	0,00190
141	7,00	-0,28875	0,00178
151	7,50	-0,28864	0,00164
161	8,00	-0,28327	0,00150
171	8,50	-0,27490	0,00134
181	9,00	-0,26519	0,00118
191	9,50	-0,25539	0,00100
201	10,00	-0,24623	0,00082
211	10,50	-0,23795	0,00063
221	11,00	-0,23039	0,00043
231	11,50	-0,22328	0,00022
241	12,00	-0,21631	0,00000

### Combinazione nr. 4

N°	Y	u	v
1	0,00	2,33613	0,00269
11	0,50	2,04747	0,00269
21	1,00	1,75932	0,00267
31	1,50	1,47323	0,00265
41	2,00	1,19225	0,00262
51	2,50	0,92086	0,00257
61	3,00	0,66481	0,00252
71	3,50	0,43056	0,00246
81	4,00	0,22448	0,00239
91	4,50	0,05251	0,00231
101	5,00	-0,08180	0,00222
111	5,50	-0,17939	0,00213
121	6,00	-0,24466	0,00202
131	6,50	-0,28365	0,00190

141	7,00	-0,30266	0,00178
151	7,50	-0,30749	0,00164
161	8,00	-0,30300	0,00150
171	8,50	-0,29298	0,00134
181	9,00	-0,28028	0,00118
191	9,50	-0,26693	0,00100
201	10,00	-0,25415	0,00082
211	10,50	-0,24240	0,00063
221	11,00	-0,23156	0,00043
231	11,50	-0,22130	0,00022
241	12,00	-0,21123	0,00000





## Verifica sezione in acciaio (per un metro di larghezza)

Per la verifica delle sezioni si adotta il metodo delle tensioni ammissibili.

Area della sezione	98,00	cmq
Inerzia della sezione	23000,00	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza	1150,00	cm <sup>3</sup>
Fattore di taglio	1.20	

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
$\sigma_f$	tensione di compressione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma'_f$	tensione di trazione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{id}$	tensione ideale espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_f$	tensione tangenziale in [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 1

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	1,97	-1,18	3,02	1,32
21	1,00	13,34	-11,77	16,19	5,30
31	1,50	41,69	-39,33	45,40	10,38
41	2,00	87,38	-84,24	91,19	15,06
51	2,50	148,93	-145,00	152,64	19,31
61	3,00	211,84	-207,13	213,59	15,76
71	3,50	260,39	-254,90	261,12	11,20
81	4,00	293,02	-286,74	293,32	7,67
91	4,45	302,32	-295,33	302,32	0,86
101	4,95	284,04	-276,27	284,35	7,68
111	5,45	245,28	-236,72	246,12	11,70
121	5,95	197,61	-188,27	198,81	12,60
131	6,45	150,14	-140,02	151,48	11,58
141	6,95	108,06	-97,15	109,33	9,61
151	7,45	73,57	-61,87	74,67	7,37
161	7,95	46,77	-34,29	47,68	5,36
171	8,45	26,35	-13,09	27,19	3,87
181	8,95	10,16	3,89	11,46	3,07
191	9,45	15,59	-0,75	15,62	0,63
201	9,95	19,53	-3,91	19,63	1,13
211	10,45	18,45	-2,05	18,82	2,14
221	10,95	14,89	2,31	15,49	2,47
231	11,45	11,14	6,83	11,77	2,18
241	11,95	9,40	9,36	9,66	1,29

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 2

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	1,97	-1,18	3,02	1,32
21	1,00	13,34	-11,77	16,19	5,30
31	1,50	41,69	-39,33	45,40	10,38
41	2,00	87,38	-84,24	91,19	15,06
51	2,50	149,52	-145,59	153,57	20,25
61	3,00	219,21	-214,50	221,62	18,79
71	3,50	283,51	-278,01	285,06	17,15
81	4,00	341,22	-334,94	342,21	15,04
91	4,45	367,79	-360,80	367,81	2,18
101	4,95	354,37	-346,60	354,65	8,06
111	5,45	310,78	-302,22	311,73	14,04
121	5,95	253,13	-243,79	254,61	15,83
131	6,45	193,77	-183,64	195,50	14,97
141	6,95	139,98	-129,07	141,71	12,72
151	7,45	95,21	-83,51	96,76	9,98
161	7,95	60,11	-47,62	61,45	7,37
171	8,45	33,49	-20,22	34,72	5,30
181	8,95	13,03	1,02	14,76	4,00
191	9,45	15,28	-0,44	15,40	1,12
201	9,95	20,41	-4,79	20,48	0,96
211	10,45	19,55	-3,15	19,91	2,18
221	10,95	15,66	1,53	16,30	2,60
231	11,45	11,43	6,55	12,11	2,30
241	11,95	9,41	9,36	9,67	1,29

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 3

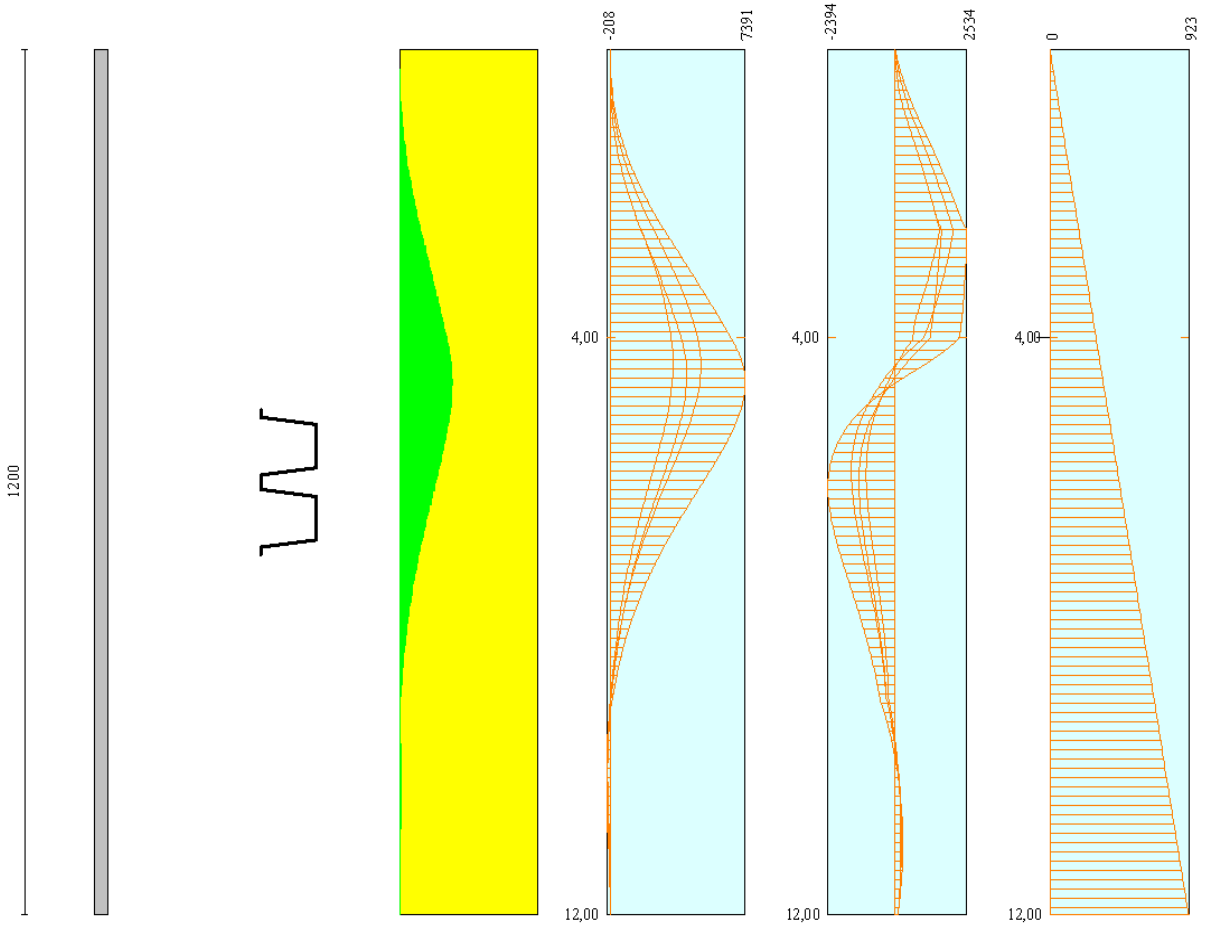
n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	4,88	-4,09	7,03	2,93
21	1,00	24,47	-22,90	28,37	8,29
31	1,50	65,59	-63,24	70,27	14,55
41	2,00	127,85	-124,71	132,54	20,19
51	2,50	209,00	-205,08	213,51	25,19
61	3,00	293,79	-289,08	296,28	22,16
71	3,50	365,71	-360,21	367,02	17,93
81	4,00	420,40	-414,12	420,95	12,46
91	4,45	435,36	-428,38	435,38	1,93
101	4,95	406,94	-399,17	407,50	12,30
111	5,45	348,81	-340,26	350,19	17,89

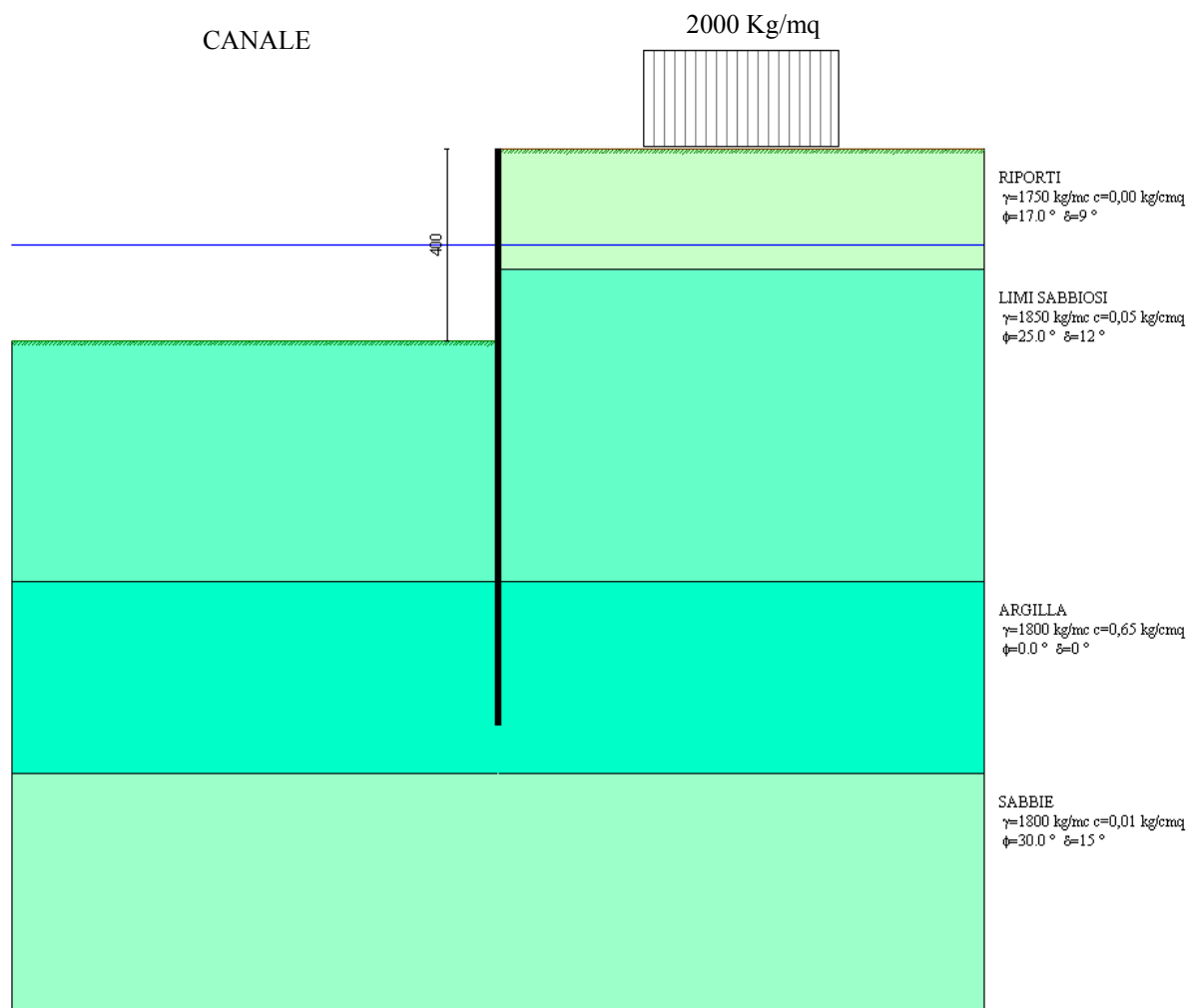
121	5,95	278,49	-269,15	280,44	19,02
131	6,45	208,95	-198,82	211,12	17,44
141	6,95	147,56	-136,65	149,67	14,48
151	7,45	97,54	-85,84	99,42	11,13
161	7,95	59,16	-46,68	60,78	8,03
171	8,45	30,81	-17,54	32,30	5,60
181	8,95	9,74	4,31	11,99	4,04
191	9,45	18,43	-3,59	18,51	0,99
201	9,95	22,94	-7,32	23,03	1,18
211	10,45	21,26	-4,86	21,67	2,42
221	10,95	16,56	0,63	17,26	2,81
231	11,45	11,71	6,27	12,44	2,43
241	11,95	9,41	9,35	9,67	1,30

#### Verifica sezioni - Combinazione nr. 4

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	7,20	-6,42	10,25	4,21
21	1,00	33,41	-31,84	38,21	10,71
31	1,50	84,91	-82,55	90,42	17,95
41	2,00	160,75	-157,61	166,23	24,42
51	2,50	258,76	-254,84	264,29	31,03
61	3,00	368,72	-364,01	372,52	30,62
71	3,50	476,36	-470,86	479,12	29,67
81	4,00	579,21	-572,93	581,22	27,89
91	4,50	643,59	-636,52	643,67	6,04
101	5,00	625,58	-617,73	626,09	14,57
111	5,50	549,36	-540,72	551,16	25,74
121	6,00	446,58	-437,16	449,45	29,27
131	6,50	339,73	-329,53	343,17	27,96
141	7,00	242,32	-231,33	245,86	24,00
151	7,50	161,00	-149,23	164,33	19,01
161	8,00	97,57	-85,01	100,57	14,08
171	8,50	50,60	-37,26	53,43	9,90
181	9,00	16,74	-2,61	20,38	6,71
191	9,50	18,38	-3,46	18,78	2,23
201	10,00	25,72	-10,02	25,76	0,85
211	10,50	24,22	-7,74	24,65	2,64
221	11,00	18,31	-1,04	19,15	3,23
231	11,50	12,08	5,97	12,97	2,71
241	12,00	9,42	9,42	9,62	1,12

# Diagramma dello sfruttamento strutturale





**Modello di Calcolo Condizione 3:** Canale dragato a profondità max di 4,00 ml dal p.c.; livelli idrici costanti a monte e a valle, con profondità max di 2.00 m dal piano di campagna (gradiente di efflusso nullo).

## Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia**

Altezza fuori terra	4,00	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Area per metro lineare di larghezza	98,00	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	23000,00	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	1150,00	[cm <sup>3</sup> ]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	10000,00	[kgm]
Fattore di taglio	1.20	

## Geometria cordoli

*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0,00	Calcestruzzo	50,00	50,00	--	--

## Geometria profilo terreno

*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

### Profilo di monte

N	X	Y	A
2	10,00	0,00	0,00

### Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-4,00	0,00
2	0,00	-4,00	0,00

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	RIPORTI	1750,00	1950,00	17,00	9,00	0,000
2	LIMI SABBIOSI	1850,00	2000,00	25,00	12,00	0,050
3	ARGILLA	1800,00	1900,00	0,00	0,00	0,650
4	SABBIE	1800,00	1950,00	30,00	15,00	0,010

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Terreno Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	2,50	0,00	0,19	RIPORTI
2	6,50	0,00	1,57	LIMI SABBIOSI
3	4,00	0,00	1,73	ARGILLA
4	5,00	0,00	5,03	SABBIE

## Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	2,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	2,00	[m]
Regime delle pressioni neutre:	<b>Idrodinamico</b>	

## Caratteristiche materiali utilizzati

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] (1600* $\phi$ =1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### *Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.*

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] (1600* $\phi$ =1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

## Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$F_x$  Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle

$F_y$  Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso

$M$  Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

$V_i, V_s$  Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle

$R$  Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo       $X_i = 3,00$        $X_f = 7,00$        $Q_i = 2000$        $Q_f = 2000$



# Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

## Combinazione n° 1

Spinta terreno

## Combinazione n° 2

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

## Combinazione n° 3

Spinta terreno

## Combinazione n° 4

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

# Impostazioni di progetto

## Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988

- D.M. 16/01/1996

## Verifica materiali

Tensioni ammissibili

# Impostazioni di analisi

## **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno Pressione passiva

## Influenza $\delta$ (angolo di attrito terreno-paratia)

Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

## Stabilità globale

Metodo di Fellenius

## Verifica a sifonamento

Coefficiente di sicurezza a sifonamento 3.00

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Coefficiente di sicurezza al sollevamento del fondo scavo 1.50

## Impostazioni analisi sismica

Coefficiente di intensità sismica (percento) 6.00

Forma del diagramma di incremento sismico triangolare con vertice in basso sulla parte fuori terra

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

# Analisi della spinta

## Pressioni terreno

### Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

$\sigma_{am}$  sigma attiva da monte

$\sigma_{av}$  sigma attiva da valle

$\sigma_{pm}$  sigma passiva da monte

$\sigma_{pv}$  sigma passiva da valle

$\delta_a$  inclinazione spinta attiva espressa in [°]

$\delta_p$  inclinazione spinta passiva espressa in [°]

### Combinazione nr. 1

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	0	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	876	0	3959	0	9,0	9,0
21	2,00	1742	0	7872	0	9,0	9,0
31	2,80	992	0	17248	0	12,0	12,0
41	3,80	1361	0	20738	0	12,0	12,0
51	4,80	1728	0	24234	5083	12,0	12,0
61	5,80	2097	83	27730	8584	12,0	12,0
71	6,80	2465	449	31227	12082	12,0	12,0
81	7,80	2833	816	34723	15580	12,0	12,0
91	8,80	3201	1184	38220	19077	12,0	12,0
101	9,60	0	0	24032	18549	0,0	0,0
111	10,60	0	0	24931	19448	0,0	0,0
121	11,60	0	0	25831	20348	0,0	0,0

### Combinazione nr. 2

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	0	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	876	0	3959	0	9,0	9,0
21	2,00	1742	0	8685	0	9,0	9,0
31	2,80	1379	0	28197	0	12,0	12,0
41	3,80	1959	0	22403	0	12,0	12,0
51	4,80	2418	0	25733	5083	12,0	12,0
61	5,80	2832	83	27929	8584	12,0	12,0
71	6,80	3146	449	31354	12082	12,0	12,0
81	7,80	3530	816	34810	15580	12,0	12,0
91	8,80	3789	1184	38281	19077	12,0	12,0
101	9,60	0	0	24067	18549	0,0	0,0
111	10,60	0	0	24964	19448	0,0	0,0
121	11,60	0	0	25861	20348	0,0	0,0

**Combinazione nr. 3**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	256	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	1068	0	3959	0	9,0	9,0
21	2,00	1869	0	7872	0	9,0	9,0
31	2,80	1069	0	17248	0	12,0	12,0
41	3,80	1373	0	20738	0	12,0	12,0
51	4,80	1728	0	24234	5083	12,0	12,0
61	5,80	2097	83	27730	8584	12,0	12,0
71	6,80	2465	449	31227	12082	12,0	12,0
81	7,80	2833	816	34723	15580	12,0	12,0
91	8,80	3201	1184	38220	19077	12,0	12,0
101	9,60	0	0	24032	18549	0,0	0,0
111	10,60	0	0	24931	19448	0,0	0,0
121	11,60	0	0	25831	20348	0,0	0,0

**Combinazione nr. 4**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	470	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	1228	0	3959	0	9,0	9,0
21	2,00	1977	0	8685	0	9,0	9,0
31	2,80	1520	0	28197	0	12,0	12,0
41	3,80	1982	0	22403	0	12,0	12,0
51	4,80	2418	0	25733	5083	12,0	12,0
61	5,80	2832	83	27929	8584	12,0	12,0
71	6,80	3146	449	31354	12082	12,0	12,0
81	7,80	3530	816	34810	15580	12,0	12,0
91	8,80	3789	1184	38281	19077	12,0	12,0
101	9,60	0	0	24067	18549	0,0	0,0
111	10,60	0	0	24964	19448	0,0	0,0
121	11,60	0	0	25861	20348	0,0	0,0

# Analisi della paratia

## L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 80 elementi fuori terra e 160 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4,00	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]

## Forze agenti sulla paratia

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

Tutte le forze sono espresse in [kg] e si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia

$Y_a$  rappresenta il punto di applicazione, rispetto alla testa della paratia, espresso in [m]

## Combinazione nr. 1

	<b>Valore</b>	<b><math>Y_a</math></b>
Spinta agente sulla paratia	4348,81	2,30
Spinta falda sulla paratia	0,00	0,00
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-8300,68	5,43
Controspinta agente sulla paratia	3951,96	8,87
Spostamento massimo della paratia	4,75	0,00
Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5,55	[m]
Centro di rotazione	6,91	[m]
Percentuale molle plasticizzate	19,88	[%]

## Combinazione nr. 2

	<b>Valore</b>	<b><math>Y_a</math></b>
Spinta agente sulla paratia	5149,52	2,45
Spinta falda sulla paratia	0,00	0,00
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-9982,40	5,72
Controspinta agente sulla paratia	4833,01	9,21
Spostamento massimo della paratia	6,47	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	6,00	[m]
Centro di rotazione	7,29	[m]
Percentuale molle plasticizzate	25,47	[%]

### Combinazione nr. 3

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	4341,82	2,30
Incremento sismico della spinta	511,68	1,33
Spinta falda sulla paratia	0,00	0,00
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-9513,88	5,52
Controspinta agente sulla paratia	4660,50	8,97
Spostamento massimo della paratia	5,87	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5,75	[m]
Centro di rotazione	7,02	[m]
Percentuale molle plasticizzate	21,74	[%]

### Combinazione nr. 4

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	5136,69	2,45
Incremento sismico della spinta	940,07	1,33
Spinta falda sulla paratia	0,00	0,00
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-12299,04	5,88
Controspinta agente sulla paratia	6222,47	9,40
Spostamento massimo della paratia	9,02	0,00

Punto di nullo del diagramma	4,00	[m]
Punto di inversione del diagramma	6,30	[m]
Centro di rotazione	7,50	[m]
Percentuale molle plasticizzate	29,19	[%]

# Pressioni orizzontali agenti sulla paratia

## *Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione espressa in [m]  
P pressione sulla paratia espressa in [kg/mq] positiva da monte verso valle

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 1**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,50	432,49
21	1,00	864,98
31	1,50	1297,47
41	2,00	1720,08
51	2,50	1379,77
61	3,00	1042,31
71	3,50	1222,62
1	4,00	-801,52
11	4,50	-2360,81
21	5,00	-3894,72
31	5,50	-5426,80
41	6,00	-3186,67
51	6,50	-1137,61
61	7,00	191,37
71	7,50	952,83
81	8,00	1297,33
91	8,50	1357,49
101	9,00	1304,00
111	9,50	1131,46
121	10,00	847,83
131	10,50	551,00
141	11,00	256,41
151	11,50	-32,89
161	12,00	-319,60

### **Pressioni terreno - Combinazione nr. 2**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0,00	0,00
11	0,50	432,49
21	1,00	864,98
31	1,50	1297,47
41	2,00	1720,08
51	2,50	1836,82
61	3,00	1480,00

71	3,50	1764,21
1	4,00	-192,84
11	4,50	-1707,01
21	5,00	-3209,09
31	5,50	-4717,89
41	6,00	-6272,40
51	6,50	-3223,28
61	7,00	-920,90
71	7,50	532,72
81	8,00	1328,81
91	8,50	1649,95
101	9,00	1738,00
111	9,50	1613,40
121	10,00	1290,26
131	10,50	916,78
141	11,00	527,72
151	11,50	137,35
161	12,00	-251,89

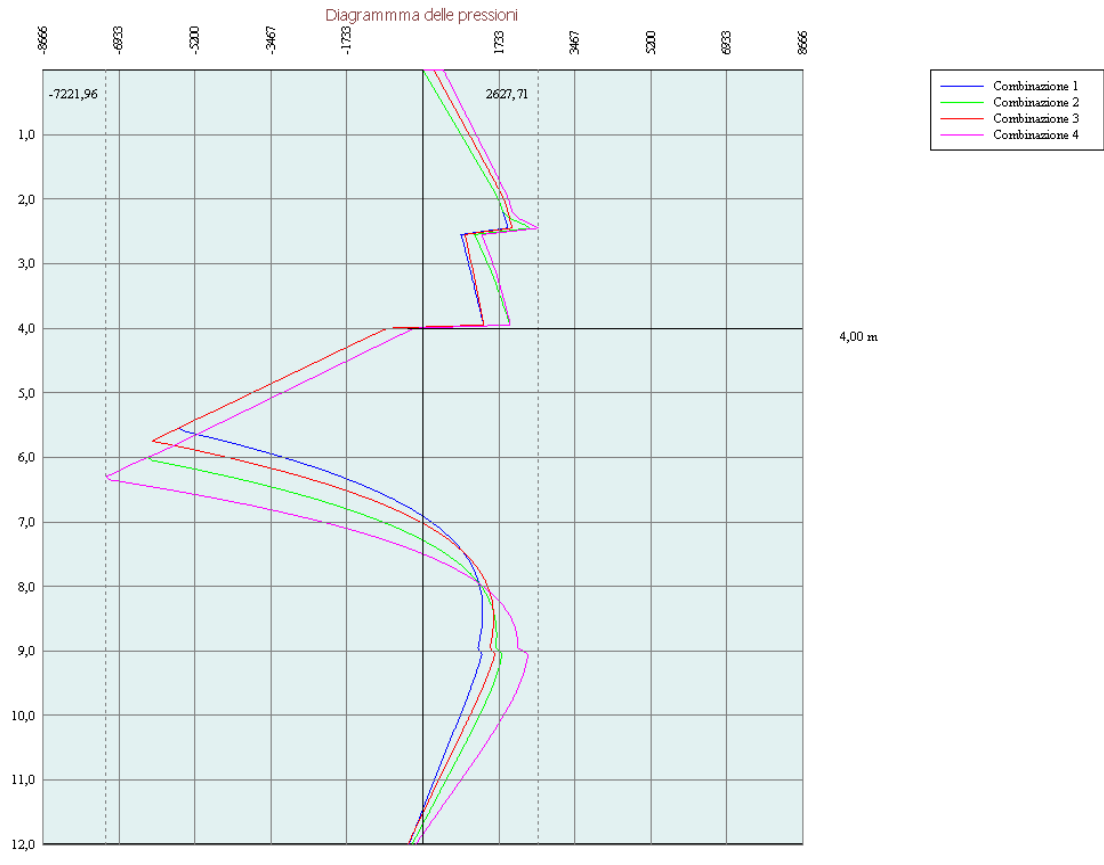
### Pressioni terreno - Combinazione nr. 3

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,45	613,51
21	0,95	1014,41
31	1,45	1415,31
41	1,95	1811,27
51	2,45	2033,90
61	2,95	1089,82
71	3,45	1239,06
81	3,95	1388,02
1	4,00	-801,52
11	4,50	-2360,81
21	5,00	-3894,72
31	5,50	-5426,80
41	6,00	-4458,85
51	6,50	-1815,29
61	7,00	-63,27
71	7,50	974,43
81	8,00	1478,80
91	8,50	1612,76
101	9,00	1587,78
111	9,50	1404,24
121	10,00	1072,71
131	10,50	716,87
141	11,00	359,07
151	11,50	5,60
161	12,00	-345,29



#### Pressioni terreno - Combinazione nr. 4

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,45	801,26
21	0,95	1175,72
31	1,45	1550,18
41	1,95	1919,70
51	2,45	2627,71
61	2,95	1568,88
71	3,45	1800,88
81	3,95	1993,54
1	4,00	-192,84
11	4,50	-1707,01
21	5,00	-3209,09
31	5,50	-4717,89
41	6,00	-6272,40
51	6,50	-5812,15
61	7,00	-2299,88
71	7,50	13,71
81	8,00	1370,53
91	8,50	2015,47
101	9,00	2278,93
111	9,50	2213,41
121	10,00	1840,71
131	10,50	1371,55
141	11,00	864,72
151	11,50	348,41
161	12,00	-168,58



# Stabilità globale

## Metodo di Fellenius

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N° numero d'ordine della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

### Combinazione nr. 1

Numero di cerchi analizzati 100  
Numero di strisce 50,00

#### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 1,20  
Raggio del cerchio R[m] = 13,20  
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -12,14  
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 13,15  
Coefficiente di sicurezza C= 3,49

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	1526,90	-64,35	-1376,38	1,17	25,00	0,050	0,251	(0; 0)
2	2496,38	-59,64	-2153,97	1,00	25,00	0,050	0,347	(0; 0)
3	3305,76	-55,52	-2725,17	0,89	25,00	0,050	0,427	(0; 0)
4	4003,65	-51,81	-3146,67	0,82	25,00	0,050	0,496	(0; 0)
5	4616,89	-48,38	-3451,42	0,76	25,00	0,050	0,556	(0; 0)
6	5162,26	-45,17	-3661,05	0,72	25,00	0,050	0,610	(0; 0)
7	5651,09	-42,13	-3790,96	0,68	25,00	0,050	0,659	(0; 0)
8	6088,30	-39,23	-3850,76	0,65	12,50	0,350	0,702	(0; 0)
9	6468,43	-36,45	-3843,15	0,63	0,00	0,650	0,741	(0; 0)
10	6810,49	-33,77	-3785,26	0,61	0,00	0,650	0,777	(0; 0)
11	7119,99	-31,16	-3684,31	0,59	0,00	0,650	0,809	(0; 0)
12	7399,67	-28,63	-3545,35	0,58	0,00	0,650	0,838	(0; 0)

13	7651,72	-26,15	-3372,79	0,56	0,00	0,650	0,865	(0; 0)
14	7877,95	-23,73	-3170,52	0,55	0,00	0,650	0,888	(0; 0)
15	8079,84	-21,35	-2942,06	0,54	0,00	0,650	0,909	(0; 0)
16	8258,64	-19,01	-2690,61	0,54	0,00	0,650	0,928	(0; 0)
17	8415,35	-16,71	-2419,10	0,53	0,00	0,650	0,944	(0; 0)
18	8550,84	-14,43	-2130,30	0,52	0,00	0,650	0,958	(0; 0)
19	8665,78	-12,17	-1826,79	0,52	0,00	0,650	0,970	(0; 0)
20	8760,77	-9,93	-1511,02	0,51	0,00	0,650	0,980	(0; 0)
21	8836,23	-7,71	-1185,36	0,51	0,00	0,650	0,988	(0; 0)
22	8892,54	-5,50	-852,08	0,51	0,00	0,650	0,994	(0; 0)
23	8929,93	-3,30	-513,40	0,51	0,00	0,650	0,998	(0; 0)
24	8948,59	-1,10	-171,49	0,51	0,00	0,650	1,000	(0; 0)
25	11721,00	1,10	224,68	0,51	0,00	0,650	1,000	(0; 0)
26	11702,32	3,30	672,96	0,51	0,00	0,650	0,998	(0; 0)
27	11664,90	5,50	1118,01	0,51	0,00	0,650	0,994	(0; 0)
28	11608,55	7,71	1557,65	0,51	0,00	0,650	0,988	(0; 0)
29	11533,03	9,93	1989,67	0,51	0,00	0,650	0,980	(0; 0)
30	11437,97	12,17	2411,79	0,52	0,00	0,650	0,970	(0; 0)
31	11322,94	14,43	2821,64	0,52	0,00	0,650	0,958	(0; 0)
32	11187,35	16,71	3216,76	0,53	0,00	0,650	0,944	(0; 0)
33	11030,51	19,02	3594,57	0,54	0,00	0,650	0,928	(0; 0)
34	10851,57	21,36	3952,32	0,54	0,00	0,650	0,909	(0; 0)
35	10649,51	23,74	4287,04	0,55	0,00	0,650	0,888	(0; 0)
36	10423,10	26,16	4595,55	0,56	0,00	0,650	0,865	(0; 0)
37	10170,84	28,64	4874,32	0,58	0,00	0,650	0,838	(0; 0)
38	9890,93	31,17	5119,45	0,59	0,00	0,650	0,809	(0; 0)
39	9581,16	33,78	5326,54	0,61	0,00	0,650	0,777	(0; 0)
40	9238,80	36,46	5490,53	0,63	0,00	0,650	0,741	(0; 0)
41	8858,28	39,25	5604,15	0,65	12,50	0,350	0,702	(0; 0)
42	8420,61	42,14	5650,28	0,68	25,00	0,050	0,658	(0; 0)
43	7931,28	45,18	5626,25	0,72	25,00	0,050	0,610	(0; 0)
44	7385,34	48,40	5522,42	0,76	25,00	0,050	0,556	(0; 0)
45	6771,40	51,83	5323,35	0,82	25,00	0,050	0,495	(0; 0)
46	6072,66	55,55	5007,37	0,89	25,00	0,050	0,426	(0; 0)
47	5262,13	59,66	4541,51	1,00	25,00	0,050	0,346	(0; 0)
48	4290,99	64,38	3868,97	1,17	25,00	0,050	0,250	(0; 0)
49	3048,08	70,15	2867,00	1,49	25,00	0,050	0,127	(0; 0)
50	1145,98	78,88	1124,46	2,62	17,00	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 395719,19$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 34589,30$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 24584,38$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 124629,66$  [kg]

## Combinazione nr. 2

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= -1,20 Y[m]= 1,20  
 Raggio del cerchio R[m] = 13,25  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,40  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 12,01  
 Coefficiente di sicurezza C= 3,18

**Caratteristiche delle strisce**

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	1566,74	-64,41	-1413,00	1,19	25,00	0,050	0,252	(0; 0)
2	2574,35	-59,62	-2220,94	1,02	25,00	0,050	0,350	(0; 0)
3	3413,27	-55,46	-2811,45	0,91	25,00	0,050	0,431	(0; 0)
4	4135,30	-51,69	-3244,98	0,83	25,00	0,050	0,501	(0; 0)
5	4768,83	-48,22	-3556,36	0,77	25,00	0,050	0,563	(0; 0)
6	5331,51	-44,98	-3768,41	0,73	25,00	0,050	0,617	(0; 0)
7	5835,24	-41,90	-3897,34	0,69	25,00	0,050	0,666	(0; 0)
8	6282,56	-38,98	-3951,63	0,66	12,50	0,350	0,710	(0; 0)
9	6671,83	-36,16	-3936,88	0,64	0,00	0,650	0,750	(0; 0)
10	7022,92	-33,45	-3870,84	0,62	0,00	0,650	0,786	(0; 0)
11	7340,10	-30,82	-3760,12	0,60	0,00	0,650	0,818	(0; 0)
12	7626,19	-28,25	-3610,03	0,59	0,00	0,650	0,847	(0; 0)
13	7883,51	-25,75	-3425,20	0,57	0,00	0,650	0,874	(0; 0)
14	8113,90	-23,30	-3209,71	0,56	0,00	0,650	0,897	(0; 0)
15	8318,91	-20,90	-2967,26	0,55	0,00	0,650	0,918	(0; 0)
16	8499,82	-18,53	-2701,20	0,54	0,00	0,650	0,936	(0; 0)
17	8657,67	-16,19	-2414,65	0,54	0,00	0,650	0,953	(0; 0)
18	8793,33	-13,89	-2110,50	0,53	0,00	0,650	0,966	(0; 0)
19	8907,52	-11,60	-1791,49	0,53	0,00	0,650	0,978	(0; 0)
20	9000,81	-9,34	-1460,21	0,52	0,00	0,650	0,988	(0; 0)
21	9073,65	-7,08	-1119,15	0,52	0,00	0,650	0,995	(0; 0)
22	9126,40	-4,84	-770,73	0,52	0,00	0,650	1,000	(0; 0)
23	9159,29	-2,61	-417,31	0,52	0,00	0,650	1,004	(0; 0)
24	9172,48	-0,38	-61,19	0,52	0,00	0,650	1,005	(0; 0)
25	9166,03	1,85	295,31	0,52	0,00	0,650	1,005	(0; 0)
26	9139,91	4,08	649,92	0,52	0,00	0,650	1,002	(0; 0)
27	11570,42	6,28	1266,17	0,50	0,00	0,650	0,997	(0; 0)
28	11508,83	8,46	1694,01	0,51	0,00	0,650	0,991	(0; 0)
29	11428,67	10,66	2113,76	0,51	0,00	0,650	0,982	(0; 0)
30	11329,56	12,87	2523,24	0,51	0,00	0,650	0,972	(0; 0)
31	11211,04	15,10	2920,18	0,52	0,00	0,650	0,959	(0; 0)
32	11077,26	17,35	3303,63	0,52	0,00	0,650	0,945	(0; 0)
33	11914,14	19,63	4003,12	0,53	0,00	0,650	0,928	(0; 0)
34	11733,43	21,95	4385,48	0,54	0,00	0,650	0,909	(0; 0)



35	11530,17	24,30	4744,94	0,55	0,00	0,650	0,888	(0; 0)
36	11303,14	26,70	5078,37	0,56	0,00	0,650	0,864	(0; 0)
37	11050,85	29,15	5382,37	0,57	0,00	0,650	0,837	(0; 0)
38	10771,53	31,66	5653,15	0,59	0,00	0,650	0,808	(0; 0)
39	10463,00	34,24	5886,41	0,61	0,00	0,650	0,776	(0; 0)
40	10111,54	36,90	6070,64	0,63	0,00	0,650	0,740	(0; 0)
41	8743,47	39,65	5579,60	0,65	12,50	0,350	0,700	(0; 0)
42	8308,92	42,53	5616,23	0,68	25,00	0,050	0,656	(0; 0)
43	7824,12	45,54	5584,21	0,71	25,00	0,050	0,608	(0; 0)
44	7283,74	48,72	5473,87	0,76	25,00	0,050	0,554	(0; 0)
45	6676,59	52,12	5270,08	0,82	25,00	0,050	0,493	(0; 0)
46	5986,08	55,81	4951,59	0,89	25,00	0,050	0,424	(0; 0)
47	5185,68	59,89	4486,04	1,00	25,00	0,050	0,344	(0; 0)
48	4227,30	64,57	3817,65	1,17	25,00	0,050	0,249	(0; 0)
49	3001,53	70,30	2825,80	1,48	25,00	0,050	0,126	(0; 0)
50	1128,41	78,95	1107,50	2,61	17,00	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 796670,67$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 72781,99$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 49174,49$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 250006,37$  [kg]

### Combinazione nr. 3

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 3,60

Raggio del cerchio R[m] = 15,60

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,63

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 15,18

Coefficiente di sicurezza C= 2,48

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	1656,75	-58,88	-1418,26	1,10	25,00	0,050	0,246	(0; 0)
2	2652,15	-55,04	-2173,50	0,99	25,00	0,050	0,333	(0; 0)
3	3519,47	-51,54	-2755,89	0,91	25,00	0,050	0,410	(0; 0)
4	4287,46	-48,30	-3200,93	0,85	25,00	0,050	0,477	(0; 0)
5	4974,70	-45,25	-3532,70	0,81	25,00	0,050	0,538	(0; 0)
6	5594,03	-42,35	-3768,67	0,77	25,00	0,050	0,593	(0; 0)
7	6154,76	-39,59	-3922,21	0,74	25,00	0,050	0,642	(0; 0)



8	6663,46	-36,93	-4003,65	0,71	25,00	0,050	0,687	(0; 0)
9	7111,25	-34,36	-4013,68	0,69	0,00	0,650	0,727	(0; 0)
10	7511,24	-31,87	-3965,88	0,67	0,00	0,650	0,765	(0; 0)
11	7874,70	-29,44	-3870,99	0,65	0,00	0,650	0,798	(0; 0)
12	8204,28	-27,08	-3734,23	0,64	0,00	0,650	0,829	(0; 0)
13	8502,20	-24,76	-3560,21	0,63	0,00	0,650	0,856	(0; 0)
14	8770,26	-22,48	-3353,10	0,61	0,00	0,650	0,881	(0; 0)
15	9010,00	-20,24	-3116,66	0,61	0,00	0,650	0,903	(0; 0)
16	9222,69	-18,03	-2854,41	0,60	0,00	0,650	0,923	(0; 0)
17	9409,40	-15,85	-2569,57	0,59	0,00	0,650	0,940	(0; 0)
18	9571,01	-13,69	-2265,21	0,58	0,00	0,650	0,955	(0; 0)
19	9708,28	-11,55	-1944,20	0,58	0,00	0,650	0,968	(0; 0)
20	9821,80	-9,43	-1609,30	0,58	0,00	0,650	0,979	(0; 0)
21	9912,06	-7,32	-1263,18	0,57	0,00	0,650	0,987	(0; 0)
22	9979,44	-5,22	-908,40	0,57	0,00	0,650	0,993	(0; 0)
23	10024,21	-3,13	-547,49	0,57	0,00	0,650	0,997	(0; 0)
24	10046,55	-1,04	-182,90	0,57	0,00	0,650	0,999	(0; 0)
25	13529,02	1,07	253,30	0,58	0,00	0,650	0,999	(0; 0)
26	13504,73	3,22	758,53	0,58	0,00	0,650	0,997	(0; 0)
27	13456,03	5,37	1259,65	0,59	0,00	0,650	0,993	(0; 0)
28	13382,72	7,53	1753,91	0,59	0,00	0,650	0,986	(0; 0)
29	13284,49	9,70	2238,48	0,59	0,00	0,650	0,977	(0; 0)
30	13160,89	11,89	2710,47	0,60	0,00	0,650	0,966	(0; 0)
31	13011,38	14,09	3166,90	0,60	0,00	0,650	0,953	(0; 0)
32	12835,24	16,31	3604,66	0,61	0,00	0,650	0,937	(0; 0)
33	12631,62	18,56	4020,50	0,62	0,00	0,650	0,919	(0; 0)
34	12399,48	20,84	4410,94	0,62	0,00	0,650	0,898	(0; 0)
35	12137,57	23,15	4772,30	0,64	0,00	0,650	0,874	(0; 0)
36	11844,38	25,51	5100,59	0,65	0,00	0,650	0,848	(0; 0)
37	11518,12	27,91	5391,45	0,66	0,00	0,650	0,818	(0; 0)
38	11156,61	30,37	5640,08	0,68	0,00	0,650	0,786	(0; 0)
39	10757,21	32,89	5841,07	0,70	0,00	0,650	0,750	(0; 0)
40	10315,86	35,48	5987,82	0,72	12,50	0,350	0,710	(0; 0)
41	9811,29	38,16	6062,48	0,74	25,00	0,050	0,666	(0; 0)
42	9247,26	40,95	6060,40	0,77	25,00	0,050	0,618	(0; 0)
43	8623,55	43,86	5974,76	0,81	25,00	0,050	0,565	(0; 0)
44	7931,13	46,91	5792,28	0,85	25,00	0,050	0,505	(0; 0)
45	7157,65	50,16	5495,75	0,91	25,00	0,050	0,439	(0; 0)
46	6285,50	53,64	5061,88	0,99	25,00	0,050	0,364	(0; 0)
47	5287,85	57,44	4456,98	1,09	25,00	0,050	0,279	(0; 0)
48	4120,03	61,70	3627,64	1,23	25,00	0,050	0,179	(0; 0)
49	2699,94	66,67	2479,26	1,47	21,00	0,025	0,057	(0; 0)
50	967,33	72,85	924,34	1,98	17,00	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1237909,68$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 111093,15$  [kg]

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 81643,46 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 383526,03 \text{ [kg]}$$

#### Combinazione nr. 4

Numero di cerchi analizzati 100

Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 3,60

Raggio del cerchio R[m] = 15,60

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,63

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 15,18

Coefficiente di sicurezza C= 2,35

#### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	1656,75	-58,88	-1418,26	1,10	25,00	0,050	0,246	(0; 0)
2	2652,15	-55,04	-2173,50	0,99	25,00	0,050	0,333	(0; 0)
3	3519,47	-51,54	-2755,89	0,91	25,00	0,050	0,410	(0; 0)
4	4287,46	-48,30	-3200,93	0,85	25,00	0,050	0,477	(0; 0)
5	4974,70	-45,25	-3532,70	0,81	25,00	0,050	0,538	(0; 0)
6	5594,03	-42,35	-3768,67	0,77	25,00	0,050	0,593	(0; 0)
7	6154,76	-39,59	-3922,21	0,74	25,00	0,050	0,642	(0; 0)
8	6663,46	-36,93	-4003,65	0,71	25,00	0,050	0,687	(0; 0)
9	7111,25	-34,36	-4013,68	0,69	0,00	0,650	0,727	(0; 0)
10	7511,24	-31,87	-3965,88	0,67	0,00	0,650	0,765	(0; 0)
11	7874,70	-29,44	-3870,99	0,65	0,00	0,650	0,798	(0; 0)
12	8204,28	-27,08	-3734,23	0,64	0,00	0,650	0,829	(0; 0)
13	8502,20	-24,76	-3560,21	0,63	0,00	0,650	0,856	(0; 0)
14	8770,26	-22,48	-3353,10	0,61	0,00	0,650	0,881	(0; 0)
15	9010,00	-20,24	-3116,66	0,61	0,00	0,650	0,903	(0; 0)
16	9222,69	-18,03	-2854,41	0,60	0,00	0,650	0,923	(0; 0)
17	9409,40	-15,85	-2569,57	0,59	0,00	0,650	0,940	(0; 0)
18	9571,01	-13,69	-2265,21	0,58	0,00	0,650	0,955	(0; 0)
19	9708,28	-11,55	-1944,20	0,58	0,00	0,650	0,968	(0; 0)
20	9821,80	-9,43	-1609,30	0,58	0,00	0,650	0,979	(0; 0)
21	9912,06	-7,32	-1263,18	0,57	0,00	0,650	0,987	(0; 0)
22	9979,44	-5,22	-908,40	0,57	0,00	0,650	0,993	(0; 0)
23	10024,21	-3,13	-547,49	0,57	0,00	0,650	0,997	(0; 0)
24	10046,55	-1,04	-182,90	0,57	0,00	0,650	0,999	(0; 0)
25	13529,02	1,07	253,30	0,58	0,00	0,650	0,999	(0; 0)
26	13504,73	3,22	758,53	0,58	0,00	0,650	0,997	(0; 0)
27	13456,03	5,37	1259,65	0,59	0,00	0,650	0,993	(0; 0)
28	13382,72	7,53	1753,91	0,59	0,00	0,650	0,986	(0; 0)
29	13284,49	9,70	2238,48	0,59	0,00	0,650	0,977	(0; 0)



30	14169,36	11,89	2918,16	0,60	0,00	0,650	0,966	(0; 0)
31	14179,46	14,09	3451,20	0,60	0,00	0,650	0,953	(0; 0)
32	14003,32	16,31	3932,71	0,61	0,00	0,650	0,937	(0; 0)
33	13799,70	18,56	4392,28	0,62	0,00	0,650	0,919	(0; 0)
34	13567,56	20,84	4826,47	0,62	0,00	0,650	0,898	(0; 0)
35	13305,64	23,15	5231,57	0,64	0,00	0,650	0,874	(0; 0)
36	12995,53	25,51	5596,32	0,65	0,00	0,650	0,848	(0; 0)
37	11518,12	27,91	5391,45	0,66	0,00	0,650	0,818	(0; 0)
38	11156,61	30,37	5640,08	0,68	0,00	0,650	0,786	(0; 0)
39	10757,21	32,89	5841,07	0,70	0,00	0,650	0,750	(0; 0)
40	10315,86	35,48	5987,82	0,72	12,50	0,350	0,710	(0; 0)
41	9811,29	38,16	6062,48	0,74	25,00	0,050	0,666	(0; 0)
42	9247,26	40,95	6060,40	0,77	25,00	0,050	0,618	(0; 0)
43	8623,55	43,86	5974,76	0,81	25,00	0,050	0,565	(0; 0)
44	7931,13	46,91	5792,28	0,85	25,00	0,050	0,505	(0; 0)
45	7157,65	50,16	5495,75	0,91	25,00	0,050	0,439	(0; 0)
46	6285,50	53,64	5061,88	0,99	25,00	0,050	0,364	(0; 0)
47	5287,85	57,44	4456,98	1,09	25,00	0,050	0,279	(0; 0)
48	4120,03	61,70	3627,64	1,23	25,00	0,050	0,179	(0; 0)
49	2699,94	66,67	2479,26	1,47	21,00	0,025	0,057	(0; 0)
50	967,33	72,85	924,34	1,98	17,00	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

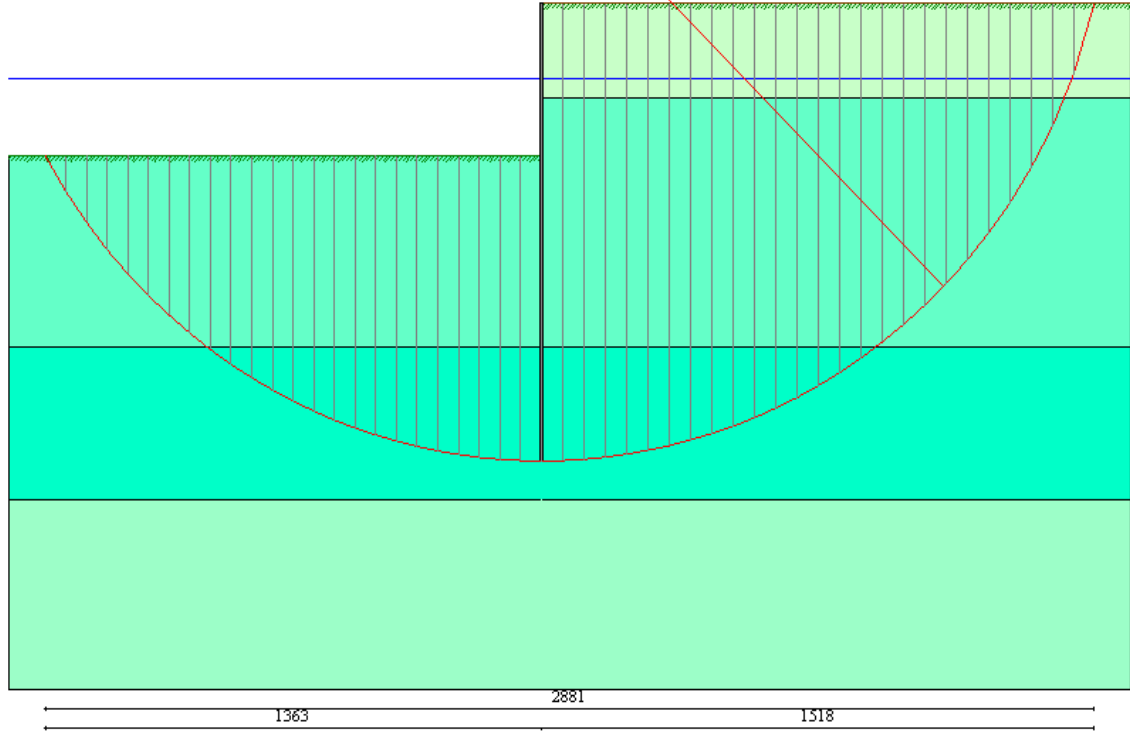
$\Sigma W_i = 1687148,70$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 151966,67$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 114112,43$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 517045,69$  [kg]

C= 2,35  
R=15,60m  
X= 0,00 Y= 3,60



# Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

## Simbologia adottata

Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
$M_{\max}$ , $M_{\min}$	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
$N_{\max}$ , $N_{\min}$	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
$T_{\max}$ , $T_{\min}$	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

## Combinazione nr. 1

$y_{M\max} = 5,45$	$M_{\max} = 11275$	$y_{M\min} = 10,90$	$M_{\min} = -66$
$y_{T\max} = 4,00$	$T_{\max} = 4349$	$y_{T\min} = 6,90$	$T_{\min} = -3863$
$y_{N\max} = 12,00$	$N_{\max} = 923$	$y_{N\min} = 0,00$	$N_{\min} = 0$

## Combinazione nr. 2

$y_{M\max} = 5,80$	$M_{\max} = 14022$	$y_{M\min} = 11,35$	$M_{\min} = -18$
$y_{T\max} = 4,00$	$T_{\max} = 5150$	$y_{T\min} = 7,25$	$T_{\min} = -4792$
$y_{N\max} = 12,00$	$N_{\max} = 923$	$y_{N\min} = 0,00$	$N_{\min} = 0$

## Combinazione nr. 3

$y_{M\max} = 5,55$	$M_{\max} = 13371$	$y_{M\min} = 11,00$	$M_{\min} = -56$
$y_{T\max} = 4,00$	$T_{\max} = 4854$	$y_{T\min} = 7,00$	$T_{\min} = -4575$
$y_{N\max} = 12,00$	$N_{\max} = 923$	$y_{N\min} = 0,00$	$N_{\min} = 0$

## Combinazione nr. 4

$y_{M\max} = 5,95$	$M_{\max} = 18226$	$y_{M\min} = 11,65$	$M_{\min} = -3$
$y_{T\max} = 4,00$	$T_{\max} = 6077$	$y_{T\min} = 7,45$	$T_{\min} = -6208$
$y_{N\max} = 12,00$	$N_{\max} = 923$	$y_{N\min} = 0,00$	$N_{\min} = 0$

# Sollecitazioni per metro di paratia

## Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio espresso in [kg]

**Combinazione nr. 1**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	18,11	38,47	108,12
21	1,00	144,34	76,93	432,49
31	1,50	486,82	115,39	973,10
41	2,00	1153,65	153,86	1729,47
51	2,50	2244,19	192,32	2652,00
61	3,00	3684,60	230,79	3126,13
71	3,50	5385,53	269,25	3692,43
81	4,00	7392,11	307,72	4348,81
91	4,45	9220,37	342,34	3613,66
101	4,95	10715,57	380,80	2088,01
111	5,45	11275,43	419,27	-204,17
121	5,95	10601,52	457,73	-2515,64
131	6,45	9053,25	496,20	-3615,29
141	6,95	7162,87	534,66	-3858,45
151	7,45	5282,11	573,13	-3571,22
161	7,95	3616,93	611,59	-3003,01
171	8,45	2265,08	650,06	-2331,49
181	8,95	1249,66	688,52	-1673,62
191	9,45	558,79	726,99	-1043,17
201	9,95	156,22	765,45	-540,18
211	10,45	-27,37	803,92	-182,94
221	10,95	-65,73	842,38	26,05
231	11,45	-32,58	880,85	88,98
241	11,95	-0,40	919,31	7,99

**Combinazione nr. 2**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	18,11	38,47	108,12
21	1,00	144,34	76,93	432,49
31	1,50	486,82	115,39	973,10
41	2,00	1153,65	153,86	1729,47
51	2,50	2251,79	192,33	2735,35
61	3,00	3776,29	230,79	3391,33
71	3,50	5669,38	269,26	4204,43
81	4,00	8002,79	307,72	5149,52
91	4,45	10254,48	342,34	4714,32
101	4,95	12374,60	380,80	3523,12
111	5,45	13729,90	419,27	1579,25
121	5,95	13943,32	457,73	-1121,68
131	6,45	12761,01	496,20	-3588,11
141	6,95	10681,23	534,66	-4642,90
151	7,45	8306,07	573,13	-4745,19
161	7,95	6021,99	611,59	-4276,50

171	8,45	4046,15	650,06	-3523,72
181	8,95	2472,10	688,52	-2687,70
191	9,45	1326,44	726,99	-1821,24
201	9,95	588,29	765,45	-1084,10
211	10,45	180,43	803,92	-521,83
221	10,95	11,03	842,38	-150,75
231	11,45	-16,70	880,85	25,22
241	11,95	-0,31	919,31	6,30

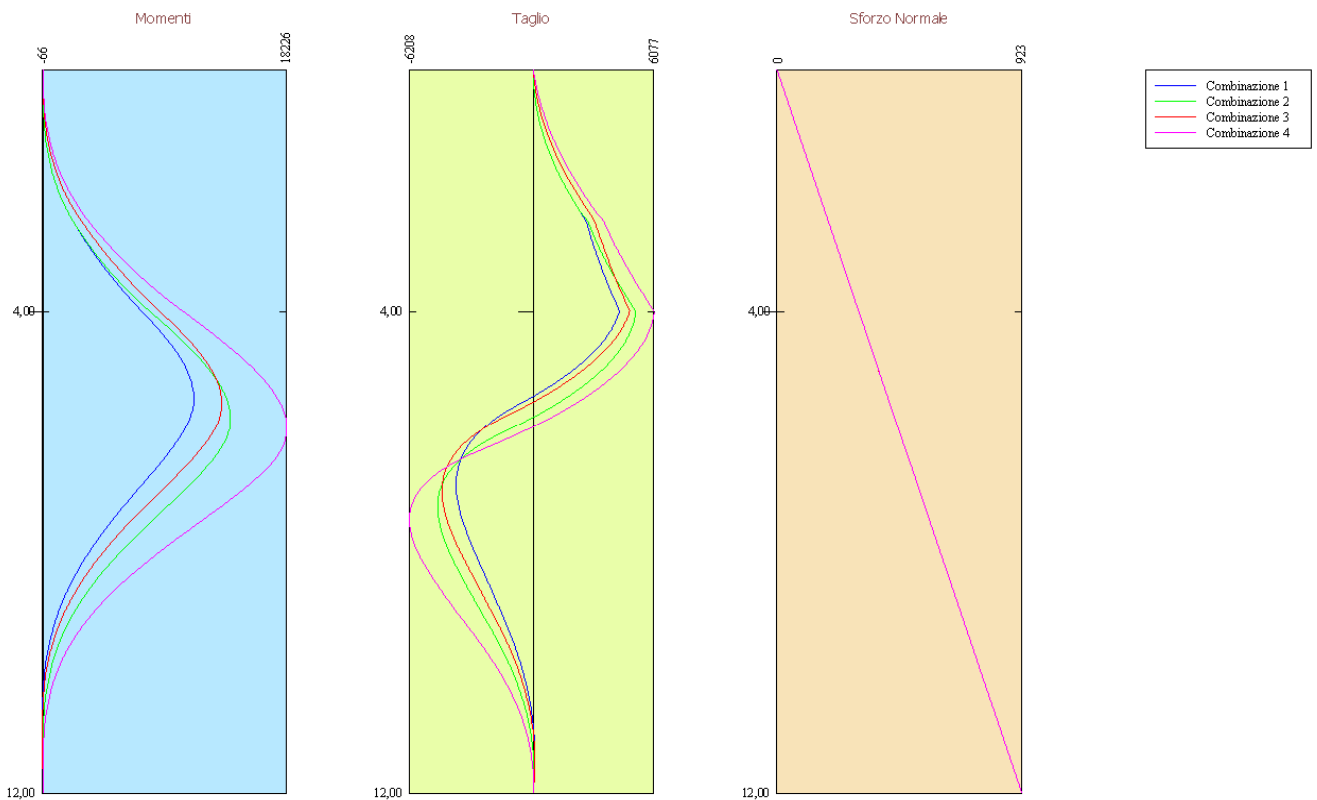
### Combinazione nr. 3

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	48,37	38,47	226,57
21	1,00	260,15	76,93	653,60
31	1,50	735,55	115,40	1281,07
41	2,00	1574,78	153,86	2108,51
51	2,50	2869,31	192,32	3086,32
61	3,00	4537,30	230,79	3599,54
71	3,50	6481,44	269,25	4189,31
81	4,00	8739,06	307,72	4853,51
91	4,45	10794,43	342,34	4118,35
101	4,95	12541,97	380,80	2592,69
111	5,45	13354,18	419,27	300,51
121	5,95	12861,49	457,73	-2497,51
131	6,45	11198,48	496,20	-4092,05
141	6,95	9007,51	534,66	-4572,23
151	7,45	6750,60	573,13	-4344,73
161	7,95	4706,73	611,59	-3725,58
171	8,45	3016,83	650,06	-2943,76
181	8,95	1724,83	688,52	-2153,00
191	9,45	826,96	726,99	-1378,76
201	9,95	285,98	765,45	-749,48
211	10,45	21,33	803,92	-292,80
221	10,95	-55,19	842,38	-15,01
231	11,45	-32,94	880,85	84,82
241	11,95	-0,43	919,31	8,63

### Combinazione nr. 4

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	73,71	38,46	325,74
21	1,00	357,10	76,93	838,71
31	1,50	943,78	115,40	1538,91
41	2,00	1927,35	153,86	2425,84
51	2,50	3400,26	192,32	3533,27
61	3,00	5342,88	230,79	4261,09
71	3,50	7682,81	269,25	5117,30

81	4,00	10477,42	307,72	6076,76
91	4,45	13146,38	342,34	5641,54
101	4,95	15730,10	380,80	4450,33
111	5,45	17549,00	419,27	2506,45
121	5,95	18226,03	457,73	-194,49
131	6,45	17377,91	496,20	-3561,90
141	6,95	15059,33	534,66	-5623,72
151	7,45	12067,15	573,13	-6208,47
161	7,95	9012,10	611,59	-5862,03
171	8,45	6259,61	650,06	-5007,08
181	8,95	3990,70	688,52	-3948,77
191	9,45	2279,59	726,99	-2788,30
201	9,95	1124,44	765,45	-1759,76
211	10,45	438,08	803,92	-942,48
221	10,95	106,10	842,38	-369,96
231	11,45	2,93	880,85	-53,66
241	11,95	-0,21	919,31	4,21



# Verifiche idrauliche

## Verifica a sifonamento

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $\gamma_m$  : Peso di galleggiamento medio espresso in [kg/cm<sup>3</sup>]  
 $i_c$  : Gradiente idraulico critico  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $FS_{sif}$  : Coefficiente di sicurezza a sifonamento

### Combinazione nr. 1

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
0,00	18,00	965,28	0,97	0,00	999,90

### Combinazione nr. 2

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
0,00	18,00	965,28	0,97	0,00	999,90

### Combinazione nr. 3

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
0,00	18,00	965,28	0,97	0,00	999,90

### Combinazione nr. 4

$\Delta H$	$L$	$\gamma_m$	$i_c$	$i_E$	$FS_{sif}$
0,00	18,00	965,28	0,97	0,00	999,90

## Verifica al sollevamento del fondo scavo

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $I$  : Profondità di infissione espressa in [m]  
 $\sigma_t$  : Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $u_w$  : Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $FS_{scavo}$  : Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

### Combinazione nr. 1

$\Delta H$	$L$	$i_E$	$I$	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
0,00	18,00	0,00	8,00	0,00	0,00	999,90

**Combinazione nr. 2**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
0,00	18,00	0,00	8,00	0,00	0,00	999,90

**Combinazione nr. 3**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
0,00	18,00	0,00	8,00	0,00	0,00	999,90

**Combinazione nr. 4**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
0,00	18,00	0,00	8,00	0,00	0,00	999,90



# Spostamenti massimi e minimi della paratia

## *Simbologia adottata*

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u<sub>max</sub>, u<sub>min</sub> spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
v<sub>max</sub>, v<sub>min</sub> spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

### **Combinazione nr. 1**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 4,7502      y<sub>Umin</sub> = 8,40      u<sub>min</sub> = -0,0867  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0027      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 2**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 6,4698      y<sub>Umin</sub> = 8,75      u<sub>min</sub> = -0,1070  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0027      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 3**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 5,8658      y<sub>Umin</sub> = 8,50      u<sub>min</sub> = -0,1026  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0027      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

### **Combinazione nr. 4**

y<sub>Umax</sub> = 0,00      u<sub>max</sub> = 9,0233      y<sub>Umin</sub> = 8,95      u<sub>min</sub> = -0,1380  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0027      y<sub>Vmin</sub> = 0,00      v<sub>min</sub> = 0,0000

# Spostamenti della paratia

## *Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u spostamento orizzontale espresso in [cm] positivo verso valle  
v spostamento verticale espresso in [cm] positivo verso il basso

### **Combinazione nr. 1**

N°	Y	u	v
1	0,00	4,75018	0,00269
11	0,50	4,29723	0,00269
21	1,00	3,84443	0,00267

31	1,50	3,39246	0,00265
41	2,00	2,94316	0,00262
51	2,50	2,50001	0,00257
61	3,00	2,06862	0,00252
71	3,50	1,65643	0,00246
81	4,00	1,27223	0,00239
91	4,50	0,92632	0,00231
101	5,00	0,62880	0,00222
111	5,50	0,38687	0,00213
121	6,00	0,20267	0,00202
131	6,50	0,07235	0,00190
141	7,00	-0,01217	0,00178
151	7,50	-0,06060	0,00164
161	8,00	-0,08251	0,00150
171	8,50	-0,08634	0,00134
181	9,00	-0,07889	0,00118
191	9,50	-0,06528	0,00100
201	10,00	-0,04891	0,00082
211	10,50	-0,03179	0,00063
221	11,00	-0,01479	0,00043
231	11,50	0,00190	0,00022
241	12,00	0,01844	0,00000

### Combinazione nr. 2

N°	Y	u	v
1	0,00	6,46982	0,00269
11	0,50	5,88531	0,00269
21	1,00	5,30094	0,00267
31	1,50	4,71742	0,00265
41	2,00	4,13655	0,00262
51	2,50	3,56184	0,00257
61	3,00	2,99897	0,00252
71	3,50	2,45581	0,00246
81	4,00	1,94218	0,00239
91	4,50	1,47006	0,00231
101	5,00	1,05204	0,00222
111	5,50	0,69864	0,00213
121	6,00	0,41620	0,00202
131	6,50	0,20500	0,00190
141	7,00	0,05857	0,00178
151	7,50	-0,03388	0,00164
161	8,00	-0,08451	0,00150
171	8,50	-0,10494	0,00134
181	9,00	-0,10515	0,00118
191	9,50	-0,09308	0,00100
201	10,00	-0,07444	0,00082
211	10,50	-0,05289	0,00063
221	11,00	-0,03045	0,00043

231	11,50	-0,00792	0,00022
241	12,00	0,01453	0,00000

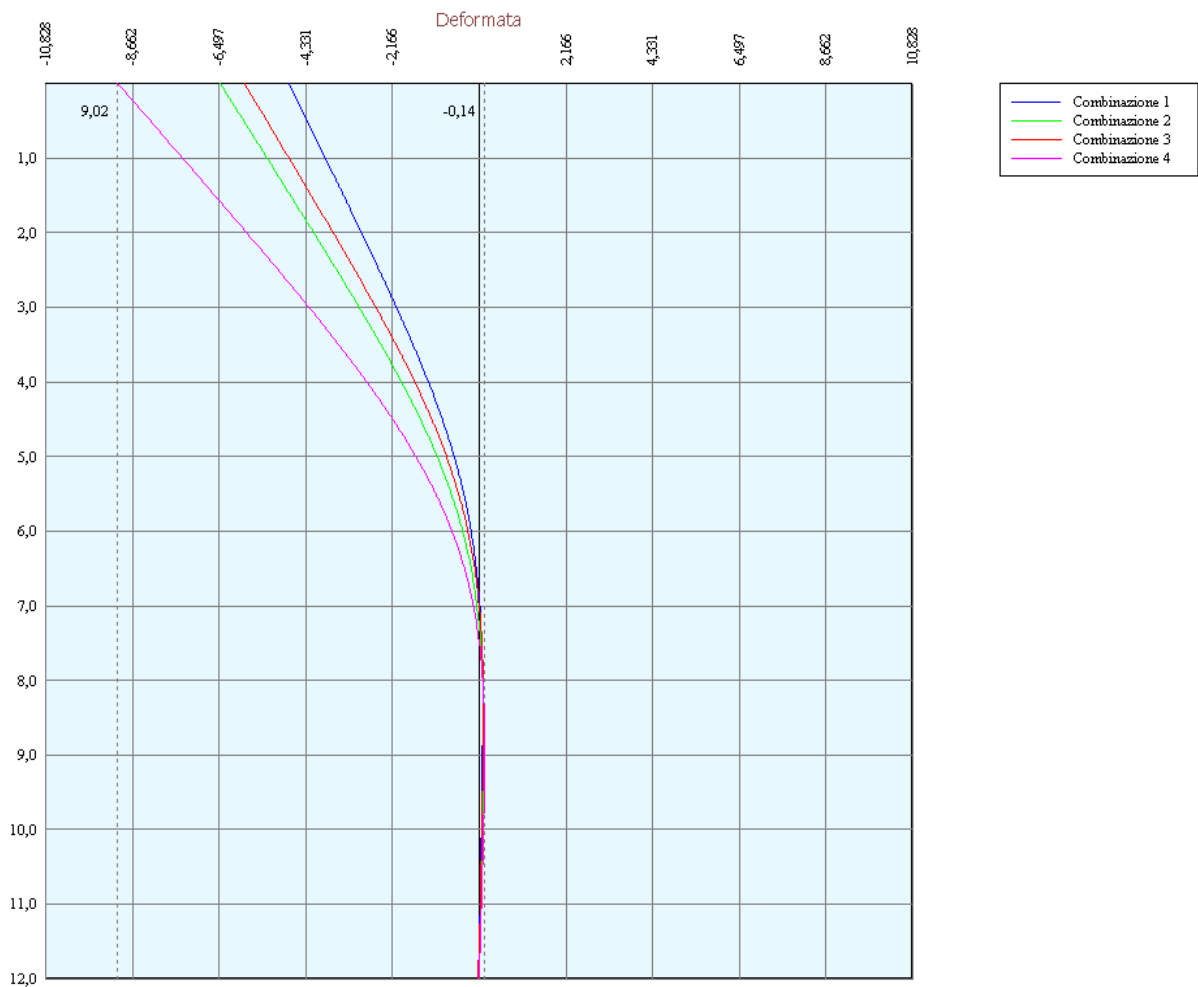
### Combinazione nr. 3

N°	Y	u	v
1	0,00	5,86585	0,00269
11	0,50	5,31018	0,00269
21	1,00	4,75484	0,00267
31	1,50	4,20096	0,00265
41	2,00	3,65104	0,00262
51	2,50	3,10947	0,00257
61	3,00	2,58292	0,00252
71	3,50	2,07996	0,00246
81	4,00	1,61070	0,00239
91	4,50	1,18667	0,00231
101	5,00	0,81933	0,00222
111	5,50	0,51715	0,00213
121	6,00	0,28358	0,00202
131	6,50	0,11545	0,00190
141	7,00	0,00402	0,00178
151	7,50	-0,06197	0,00164
161	8,00	-0,09405	0,00150
171	8,50	-0,10257	0,00134
181	9,00	-0,09606	0,00118
191	9,50	-0,08101	0,00100
201	10,00	-0,06189	0,00082
211	10,50	-0,04136	0,00063
221	11,00	-0,02072	0,00043
231	11,50	-0,00032	0,00022
241	12,00	0,01992	0,00000

### Combinazione nr. 4

N°	Y	u	v
1	0,00	9,02332	0,00269
11	0,50	8,21783	0,00269
21	1,00	7,41281	0,00267
31	1,50	6,60977	0,00265
41	2,00	5,81178	0,00262
51	2,50	5,02399	0,00257
61	3,00	4,25400	0,00252
71	3,50	3,51183	0,00246
81	4,00	2,80963	0,00239
91	4,50	2,16174	0,00231
101	5,00	1,58317	0,00222
111	5,50	1,08682	0,00213
121	6,00	0,68143	0,00202
131	6,50	0,36965	0,00190

141	7,00	0,14627	0,00178
151	7,50	-0,00087	0,00164
161	8,00	-0,08717	0,00150
171	8,50	-0,12818	0,00134
181	9,00	-0,13788	0,00118
191	9,50	-0,12770	0,00100
201	10,00	-0,10619	0,00082
211	10,50	-0,07913	0,00063
221	11,00	-0,04989	0,00043
231	11,50	-0,02010	0,00022
241	12,00	0,00973	0,00000



## Verifica sezione in acciaio (per un metro di larghezza)

Per la verifica delle sezioni si adotta il metodo delle tensioni ammissibili.

Area della sezione	98,00	cmq
Inerzia della sezione	23000,00	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza	1150,00	cm <sup>3</sup>
Fattore di taglio	1.20	

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
$\sigma_f$	tensione di compressione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma'_f$	tensione di trazione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{id}$	tensione ideale espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_f$	tensione tangenziale in [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 1

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	1,97	-1,18	3,02	1,32
21	1,00	13,34	-11,77	16,19	5,30
31	1,50	43,51	-41,15	48,16	11,92
41	2,00	101,89	-98,75	108,29	21,18
51	2,50	197,11	-193,18	204,98	32,47
61	3,00	322,76	-318,05	329,49	38,28
71	3,50	471,05	-465,56	477,52	45,21
81	4,00	645,93	-639,65	652,48	53,25
91	4,45	805,26	-798,28	808,90	44,25
101	4,95	935,67	-927,90	936,72	25,57
111	5,45	984,75	-976,19	984,76	2,50
121	5,95	926,54	-917,20	928,08	30,80
131	6,45	792,30	-782,18	796,00	44,27
141	6,95	628,31	-617,40	633,62	47,25
151	7,45	465,16	-453,47	471,29	43,73
161	7,95	320,76	-308,27	327,02	36,77
171	8,45	203,60	-190,33	209,52	28,55
181	8,95	115,69	-101,64	121,01	20,49
191	9,45	56,01	-41,17	60,22	12,77
201	9,95	21,39	-5,77	24,27	6,61
211	10,45	10,58	5,82	11,27	2,24
221	10,95	14,31	2,88	14,32	0,32
231	11,45	11,82	6,16	11,97	1,09
241	11,95	9,42	9,35	9,42	0,10

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 2

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	1,97	-1,18	3,02	1,32
21	1,00	13,34	-11,77	16,19	5,30
31	1,50	43,51	-41,15	48,16	11,92
41	2,00	101,89	-98,75	108,29	21,18
51	2,50	197,77	-193,84	206,10	33,49
61	3,00	330,73	-326,02	338,46	41,53
71	3,50	495,74	-490,24	503,69	51,48
81	4,00	699,03	-692,75	707,51	63,06
91	4,45	895,19	-888,20	900,75	57,73
101	4,95	1079,94	-1072,17	1082,52	43,14
111	5,45	1198,18	-1189,63	1198,65	19,34
121	5,95	1217,13	-1207,79	1217,37	13,73
131	6,45	1114,72	-1104,59	1117,31	43,94
141	6,95	934,26	-923,35	939,43	56,85
151	7,45	728,12	-716,42	735,04	58,10
161	7,95	529,89	-517,41	537,60	52,37
171	8,45	358,47	-345,21	366,18	43,15
181	8,95	221,99	-207,94	229,19	32,91
191	9,45	122,76	-107,92	128,69	22,30
201	9,95	58,97	-43,34	63,29	13,27
211	10,45	23,89	-7,49	26,33	6,39
221	10,95	9,56	7,64	10,08	1,85
231	11,45	10,44	7,54	10,45	0,31
241	11,95	9,41	9,35	9,41	0,08

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 3

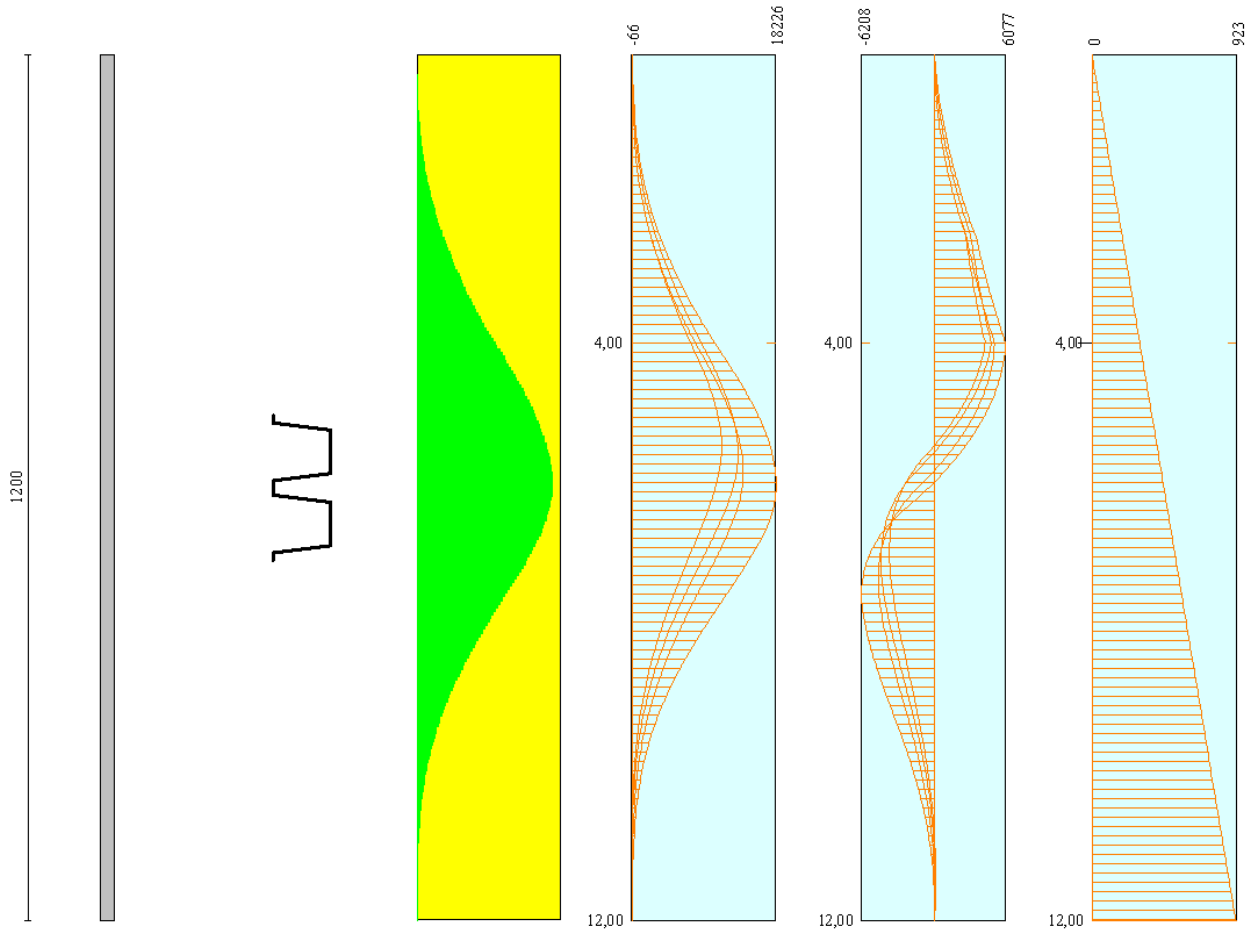
n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	4,60	-3,81	6,65	2,77
21	1,00	23,41	-21,84	27,20	8,00
31	1,50	65,14	-62,78	70,58	15,69
41	2,00	138,51	-135,37	145,55	25,82
51	2,50	251,47	-247,54	259,85	37,79
61	3,00	396,90	-392,19	404,18	44,08
71	3,50	566,35	-560,86	573,28	51,30
81	4,00	763,06	-756,78	769,97	59,43
91	4,45	942,14	-935,15	946,18	50,43
101	4,95	1094,49	-1086,72	1095,87	31,75
111	5,45	1165,51	-1156,95	1165,53	3,68

121	5,95	1123,06	-1113,72	1124,31	30,58
131	6,45	978,84	-968,72	982,68	50,11
141	6,95	788,72	-777,81	794,66	55,99
151	7,45	592,86	-581,16	599,98	53,20
161	7,95	415,52	-403,04	422,97	45,62
171	8,45	268,97	-255,70	276,12	36,05
181	8,95	157,01	-142,96	163,52	26,36
191	9,45	79,33	-64,49	84,55	16,88
201	9,95	32,68	-17,06	36,34	9,18
211	10,45	10,06	6,35	11,82	3,59
221	10,95	13,39	3,80	13,40	0,18
231	11,45	11,85	6,12	11,99	1,04
241	11,95	9,42	9,34	9,42	0,11

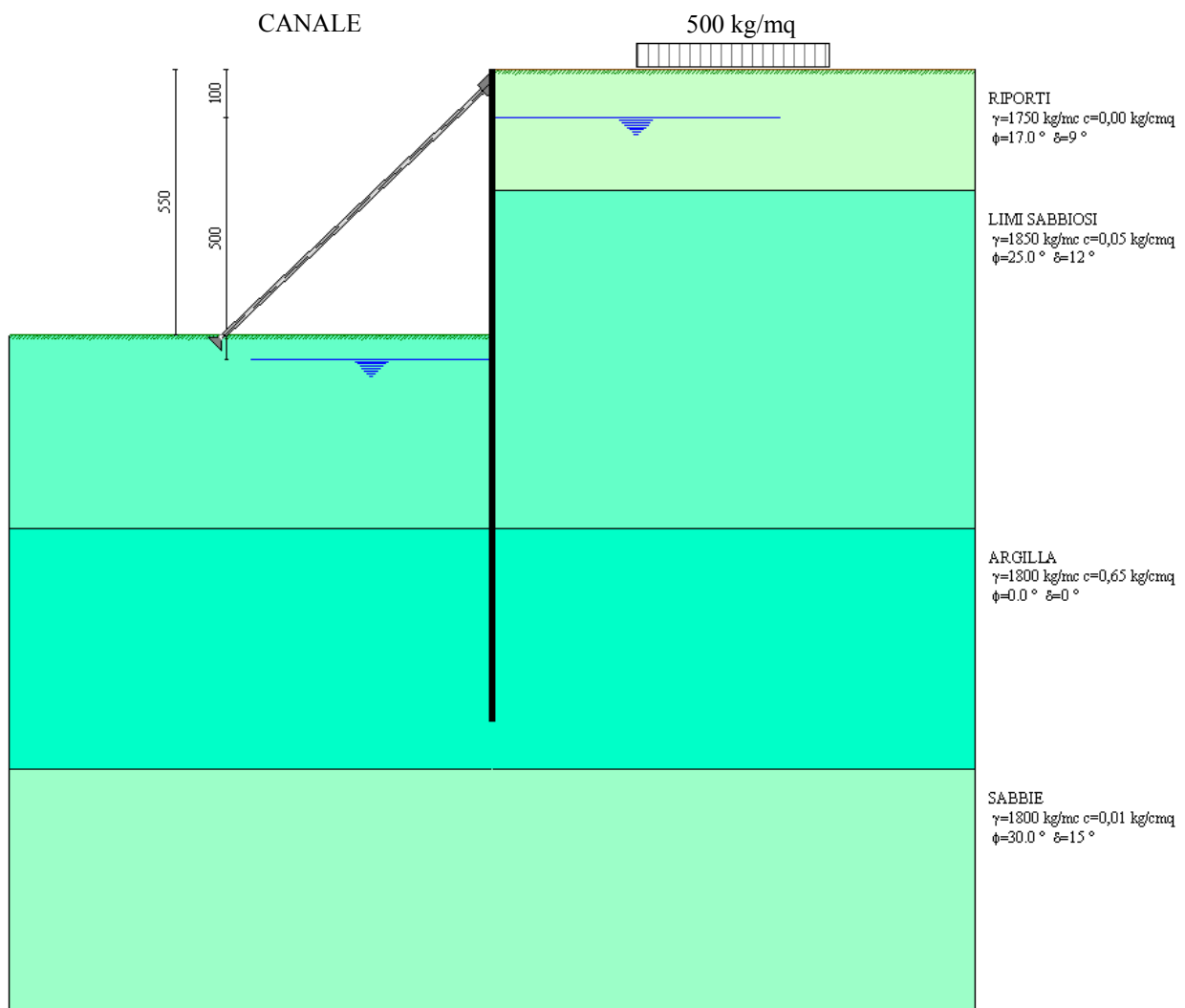
#### Verifica sezioni - Combinazione nr. 4

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,50	6,80	-6,02	9,70	3,99
21	1,00	31,84	-30,27	36,47	10,27
31	1,50	83,25	-80,89	89,42	18,84
41	2,00	169,17	-166,03	176,82	29,70
51	2,50	297,64	-293,71	306,93	43,26
61	3,00	466,95	-462,24	475,62	52,18
71	3,50	670,82	-665,32	679,54	62,66
81	4,00	914,22	-907,94	923,26	74,41
91	4,45	1146,66	-1139,67	1152,88	69,08
101	4,95	1371,72	-1363,95	1374,96	54,49
111	5,45	1530,28	-1521,72	1531,20	30,69
121	5,95	1589,54	-1580,20	1589,55	2,38
131	6,45	1516,19	-1506,06	1518,07	43,62
141	6,95	1314,96	-1304,05	1320,36	68,86
151	7,45	1055,17	-1043,47	1063,35	76,02
161	7,95	789,90	-777,42	799,63	71,78
171	8,45	550,95	-537,68	561,09	61,31
181	8,95	354,04	-339,99	363,81	48,35
191	9,45	205,64	-190,81	213,98	34,14
201	9,95	105,59	-89,97	111,99	21,55
211	10,45	46,30	-29,89	50,43	11,54
221	10,95	17,82	-0,63	19,47	4,53
231	11,45	9,24	8,73	9,31	0,66
241	11,95	9,40	9,36	9,40	0,05

# Diagramma dello sfruttamento strutturale







**Modello di Calcolo Condizione 4:** Ipotesi di dragaggio del canale fino alla profondità max di -5.50 m dal p.c. con sistemi di aggotamento a valle tali da generare una differenza di carico piezometrico al piede del diaframma pari a una colonna di acqua di altezza 5.00 m.

## Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia**

Altezza fuori terra	5,50	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	13,50	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Area per metro lineare di larghezza	98,00	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	23000,00	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	1150,00	[cm <sup>3</sup> ]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	10000,00	[kgm]
Fattore di taglio	1.20	

## Geometria cordoli

*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
-	-	-	-	-	--	--

## Geometria profilo terreno

*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

#### Profilo di monte

N	X	Y	A
2	10,00	0,00	0,00

#### Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-5,50	0,00
2	0,00	-5,50	0,00

## Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	RIPORTI	1750,00	1950,00	17,00	9,00	0,000
2	LIMI SABBIOSI	1850,00	2000,00	25,00	12,00	0,050
3	ARGILLA	1800,00	1900,00	0,00	0,00	0,650
4	SABBIE	1800,00	1950,00	30,00	15,00	0,010

## Descrizione stratigrafia

#### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Terreno Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw
1	2,50	0,00	0,19
2	7,00	0,00	1,64

**Terreno**  
RIPORTI  
LIMI SABBIOSI

**SOGESID**

3	5,00	0,00	1,73	ARGILLA
4	5,00	0,00	5,51	SABBIE

## Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	1,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	6,00	[m]
Regime delle pressioni neutre:	<b>Idrodinamico</b>	

## Caratteristiche materiali utilizzati

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] (1600* $\phi$ =1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### *Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.*

Tipo	Fe 360 "	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	1680	[kg/cm <sup>2</sup> ] (1600* $\phi$ =1.05)
Tensione di snervamento $f_{yk}$	2400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

## Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$F_x$  Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle

$F_y$  Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso

M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

$V_i, V_s$  Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle

R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 3,00$	$X_f = 7,00$	$Q_i = 500$	$Q_f = 500$
--------------------------------	--------------	--------------	-------------	-------------

# Descrizione puntoni

Numero di file di puntoni per sezione 1  
Numero puntoni: 1 / 3,00 m  
Franco laterale dalla testa paratia 0,20 [m]

## *Simbologia adottata - Geometria puntoni*

n° numero d'ordine della fila  
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia  
Int interasse della fila espresso in [m]  
X ascissa appoggio espresso in [m]  
Y ordinata appoggio espresso in [m]  
L lunghezza puntone espressa in [m]  
alfa inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]  
ALL allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)  
np numero di puntoni della fila

## *Simbologia adottata - Caratteristiche e materiali*

A Area espressa in [cmq]  
I Inerzia espressa in [cm<sup>4</sup>]  
Wr Modulo di resistenza espresso in [cm<sup>3</sup>]  
Vinc Tipo vincolo appoggio  
E Modulo Elastico espresso in [kg/cmq]  
 $\sigma_{amm}$  Tensione ammissibile espressa in [kg/cmq]

## **Geometria puntoni**

n°	Y	Int	X	Y	L	Alfa	ALL	np
1	-0,30	3,00	-5,50	-5,50	7,57	43,39	Centrati	3

## **Rigidezza, vincolo e materiale puntone**

N	A	I	Wr	Vinc	E	$\sigma_{amm}$
1	33,80	3058,25	224,05	Rigido	2100000,00	1900,00

## **Sezione puntone**

Tubo  
diametro 273 mm  
Spessore 4 mm

## **Materiale**

Acciaio (ex Fe430) S275

# Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

## Combinazione n° 1

Spinta terreno

## Combinazione n° 2

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

## Combinazione n° 3

Spinta terreno

## Combinazione n° 4

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

# Impostazioni di progetto

## Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988

- D.M. 16/01/1996

## Verifica materiali

Tensioni ammissibili

# Impostazioni di analisi

## **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno Pressione passiva

## Influenza $\delta$ (angolo di attrito terreno-paratia)

Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

## Stabilità globale

Metodo di Fellenius

## Verifica a sifonamento

Coefficiente di sicurezza a sifonamento 3.00

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Coefficiente di sicurezza al sollevamento del fondo scavo 1.50

## Impostazioni analisi sismica

Coefficiente di intensità sismica (percento) 6.00

Forma del diagramma di incremento sismico triangolare con vertice in basso sulla parte fuori terra

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

# Analisi della spinta

## Pressioni terreno

### Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

$\sigma_{am}$  sigma attiva da monte

$\sigma_{av}$  sigma attiva da valle

$\sigma_{pm}$  sigma passiva da monte

$\sigma_{pv}$  sigma passiva da valle

$\delta_a$  inclinazione spinta attiva espressa in [°]

$\delta_p$  inclinazione spinta passiva espressa in [°]

### Combinazione nr. 1

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	0	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	869	0	3928	0	9,0	9,0
21	2,00	1476	0	6673	0	9,0	9,0
31	2,80	863	0	16023	0	12,0	12,0
41	3,80	1324	0	20389	0	12,0	12,0
51	4,80	1784	0	24759	0	12,0	12,0
61	5,80	2244	0	29129	4225	12,0	12,0
71	6,80	2704	0	33500	7621	12,0	12,0
81	7,80	3164	257	37870	10245	12,0	12,0
91	8,80	3624	532	42241	12869	12,0	12,0
101	9,60	0	0	25439	16626	0,0	0,0
111	10,60	628	0	26583	17272	0,0	0,0
121	11,60	1754	0	27732	17921	0,0	0,0
131	12,60	2883	0	28882	18571	0,0	0,0

### Combinazione nr. 2

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	0	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	869	0	3928	0	9,0	9,0
21	2,00	1476	0	7412	0	9,0	9,0
31	2,80	863	0	17728	0	12,0	12,0
41	3,80	1493	0	20586	0	12,0	12,0
51	4,80	1972	0	25106	0	12,0	12,0
61	5,80	2440	0	29140	4225	12,0	12,0
71	6,80	2883	0	33505	7621	12,0	12,0
81	7,80	3345	257	37873	10245	12,0	12,0
91	8,80	3807	532	42242	12869	12,0	12,0
101	9,60	0	0	25445	16626	0,0	0,0
111	10,60	376	0	26589	17272	0,0	0,0



121	11,60	1704	0	27738	17921	0,0	0,0
131	12,60	2883	0	28743	18571	0,0	0,0

### **Combinazione nr. 3**

<b>Nr.</b>	<b>Y(m)</b>	<b><math>\sigma_{am}</math></b>	<b><math>\sigma_{av}</math></b>	<b><math>\sigma_{pm}</math></b>	<b><math>\sigma_{pv}</math></b>	<b><math>\delta_a</math></b>	<b><math>\delta_p</math></b>
1	0,00	303	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	1117	0	3928	0	9,0	9,0
21	2,00	1669	0	6673	0	9,0	9,0
31	2,80	1012	0	16023	0	12,0	12,0
41	3,80	1418	0	20389	0	12,0	12,0
51	4,80	1823	0	24759	0	12,0	12,0
61	5,80	2244	0	29129	4225	12,0	12,0
71	6,80	2704	0	33500	7621	12,0	12,0
81	7,80	3164	257	37870	10245	12,0	12,0
91	8,80	3624	532	42241	12869	12,0	12,0
101	9,60	0	0	25439	16626	0,0	0,0
111	10,60	628	0	26583	17272	0,0	0,0
121	11,60	1754	0	27732	17921	0,0	0,0
131	12,60	2883	0	28882	18571	0,0	0,0

### **Combinazione nr. 4**

<b>Nr.</b>	<b>Y(m)</b>	<b><math>\sigma_{am}</math></b>	<b><math>\sigma_{av}</math></b>	<b><math>\sigma_{pm}</math></b>	<b><math>\sigma_{pv}</math></b>	<b><math>\delta_a</math></b>	<b><math>\delta_p</math></b>
1	0,00	357	0	0	0	9,0	9,0
11	1,00	1162	0	3928	0	9,0	9,0
21	2,00	1706	0	7412	0	9,0	9,0
31	2,80	1041	0	17728	0	12,0	12,0
41	3,80	1607	0	20586	0	12,0	12,0
51	4,80	2023	0	25106	0	12,0	12,0
61	5,80	2440	0	29140	4225	12,0	12,0
71	6,80	2883	0	33505	7621	12,0	12,0
81	7,80	3345	257	37873	10245	12,0	12,0
91	8,80	3807	532	42242	12869	12,0	12,0
101	9,60	0	0	25445	16626	0,0	0,0
111	10,60	376	0	26589	17272	0,0	0,0
121	11,60	1704	0	27738	17921	0,0	0,0
131	12,60	2883	0	28743	18571	0,0	0,0

# Analisi della paratia

## L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 110 elementi fuori terra e 160 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	5,50	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	13,50	[m]

## Forze agenti sulla paratia

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

Tutte le forze sono espresse in [kg] e si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia

$Y_a$  rappresenta il punto di applicazione, rispetto alla testa della paratia, espresso in [m]

### Combinazione nr. 1

	Valore	$Y_a$
Spinta agente sulla paratia	6548,06	3,29
Spinta falda sulla paratia	23437,50	6,83
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-24070,03	8,06
Controspinta agente sulla paratia	1137,13	12,69
Risultante delle reazioni vincolari dei puntoni sulla paratia	-7052,72	0,30
Spostamento massimo della paratia	2,43	4,05

Punto di nullo del diagramma	5,50	[m]
Punto di inversione del diagramma	8,55	[m]
Centro di rotazione	11,33	[m]
Percentuale molle plasticizzate	38,51	[%]

### Combinazione nr. 2

	Valore	$Y_a$
Spinta agente sulla paratia	6925,20	3,35
Spinta falda sulla paratia	23437,50	6,83
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-24468,12	8,13
Controspinta agente sulla paratia	1408,53	12,67

Risultante delle reazioni vincolari dei puntoni sulla paratia	-7303,18	0,30
Spostamento massimo della paratia	2,60	4,10
Punto di nullo del diagramma	5,51	[m]
Punto di inversione del diagramma	8,70	[m]
Centro di rotazione	11,29	[m]
Percentuale molle plasticizzate	40,37	[%]

### Combinazione nr. 3

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	6535,42	3,29
Incremento sismico della spinta	834,25	1,83
Spinta falda sulla paratia	23437,50	6,83
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-24374,27	8,07
Controspinta agente sulla paratia	1254,73	12,67
Risultante delle reazioni vincolari dei puntoni sulla paratia	-7687,72	0,30
Spostamento massimo della paratia	2,54	4,05
Punto di nullo del diagramma	5,50	[m]
Punto di inversione del diagramma	8,60	[m]
Centro di rotazione	11,29	[m]
Percentuale molle plasticizzate	39,13	[%]

### Combinazione nr. 4

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	6909,67	3,36
Incremento sismico della spinta	999,21	1,83
Spinta falda sulla paratia	23437,50	6,83
Risultante carichi esterni applicati	0,00	0,00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-24845,31	8,15
Controspinta agente sulla paratia	1561,21	12,66
Risultante delle reazioni vincolari dei puntoni sulla paratia	-8062,36	0,30
Spostamento massimo della paratia	2,73	4,10
Punto di nullo del diagramma	5,51	[m]
Punto di inversione del diagramma	8,75	[m]
Centro di rotazione	11,26	[m]
Percentuale molle plasticizzate	40,99	[%]

# Analisi dei puntoni

## Caratteristiche dei puntoni utilizzati

### Simbologia adottata

Y	ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
np	numero puntoni della fila
N	reazione del puntone della fila espresso in [kg]
Rt/ml	reazione a metro lineare del puntone della fila espresso in [kg]
A <sub>f</sub>	area di armatura in ogni puntone espressa in [cmq]
σ <sub>f</sub>	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

Carico critico puntone n° 1  $N_{cr} = 110611,50$  [kg]

### Risultati puntoni - Combinazione nr. 1

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	3	-32350,66	-9705,20	33,80	957,12	0,51196

### Risultati puntoni - Combinazione nr. 2

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	3	-33499,54	-10049,86	33,80	991,11	0,53026

### Risultati puntoni - Combinazione nr. 3

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	3	-35263,42	-10579,03	33,80	1043,30	0,55835

### Risultati puntoni - Combinazione nr. 4

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	3	-36981,90	-11094,57	33,80	1094,14	0,58571

## Pressioni orizzontali agenti sulla paratia

### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione espressa in [m]
P	pressione sulla paratia espressa in [kg/mq] positiva da monte verso valle

### Pressioni terreno - Combinazione nr. 1

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,50	432,49
21	1,00	858,18
31	1,50	1161,55
41	2,00	1458,11
51	2,50	1202,01
61	3,00	934,48
71	3,50	1159,67
81	4,00	1384,86
91	4,50	1609,92
101	5,00	1834,49
1	5,50	-144,83
11	6,00	-3021,57
21	6,50	-4174,55
31	7,00	-5233,18
41	7,50	-6291,55
51	8,00	-7349,70
61	8,50	-8408,00
71	9,00	-6015,36
81	9,50	-3867,81
91	10,00	-2257,59
101	10,50	-1086,38
111	11,00	-331,90
121	11,50	132,41
131	12,00	413,61
141	12,50	594,04
151	13,00	730,32
161	13,50	854,69

### Pressioni terreno - Combinazione nr. 2

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,50	432,49
21	1,00	858,18
31	1,50	1161,55
41	2,00	1458,11
51	2,50	1202,01
61	3,00	934,48
71	3,50	1314,56
81	4,00	1555,18
91	4,50	1789,73
101	5,00	2020,67
111	5,50	2249,64

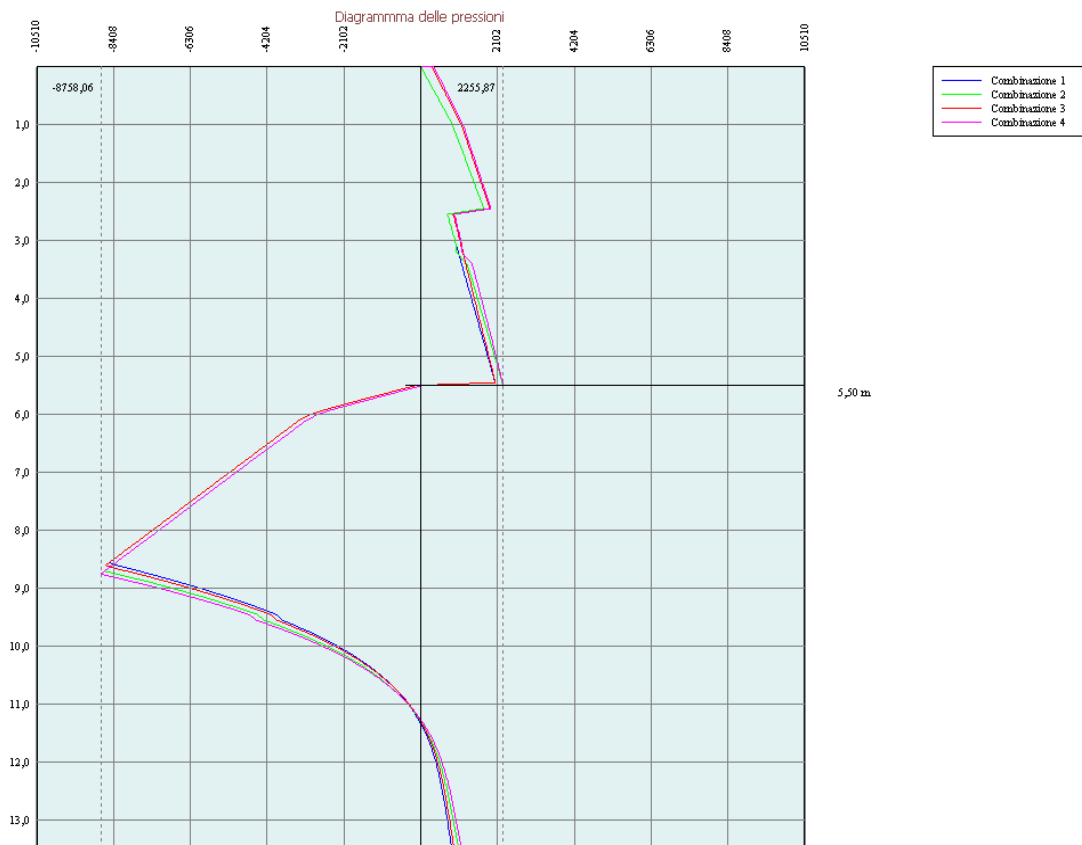
11	6,00	-2828,69
21	6,50	-3985,96
31	7,00	-5057,08
41	7,50	-6114,60
51	8,00	-7171,90
61	8,50	-8229,24
71	9,00	-6773,82
81	9,50	-4372,31
91	10,00	-2552,87
101	10,50	-1216,99
111	11,00	-348,58
121	11,50	190,45
131	12,00	519,20
141	12,50	730,87
151	13,00	890,63
161	13,50	1036,21

### Pressioni terreno - Combinazione nr. 3

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,45	664,35
21	0,95	1066,21
31	1,45	1352,52
41	1,95	1621,85
51	2,45	1884,50
61	2,95	1049,36
71	3,45	1247,79
81	3,95	1446,08
91	4,45	1644,04
101	4,95	1841,80
111	5,45	2039,92
1	5,50	-144,83
11	6,00	-3021,57
21	6,50	-4174,55
31	7,00	-5233,18
41	7,50	-6291,55
51	8,00	-7349,70
61	8,50	-8408,00
71	9,00	-6277,21
81	9,50	-4025,10
91	10,00	-2333,94
101	10,50	-1103,94
111	11,00	-312,17
121	11,50	173,65
131	12,00	465,86
141	12,50	651,24
151	13,00	789,68
161	13,50	915,41

#### Pressioni terreno - Combinazione nr. 4

N°	Y	P
1	0,00	0,00
11	0,45	713,39
21	0,95	1111,01
31	1,45	1393,09
41	1,95	1658,19
51	2,45	1916,61
61	2,95	1076,96
71	3,45	1423,87
81	3,95	1634,40
91	4,45	1838,18
101	4,95	2038,12
111	5,45	2236,25
11	6,00	-2828,69
21	6,50	-3985,96
31	7,00	-5057,08
41	7,50	-6114,60
51	8,00	-7171,90
61	8,50	-8229,24
71	9,00	-7136,43
81	9,50	-4598,29
91	10,00	-2670,97
101	10,50	-1254,62
111	11,00	-333,58
121	11,50	237,30
131	12,00	583,91
141	12,50	805,26
151	13,00	970,88
161	13,50	1121,24



## Stabilità globale

### Metodo di Fellenius

#### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N° numero d'ordine della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

$c$  coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

$b$  larghezza della striscia espressa in [m]

$L$  sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )

$u$  pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espressa in [kg]

### **Combinazione nr. 1**

Numero di cerchi analizzati 100

Numero di strisce 50,00



Cerchio critico		
Coordinate del centro	X[m]= 0,00	Y[m]= 0,00
Raggio del cerchio	R[m] = 13,50	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -12,33	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 13,50	
Coefficiente di sicurezza	C= 2,03	

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	488,51	-63,57	-437,46	1,15	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
2	1449,79	-59,00	-1242,73	1,00	25,00	0,050	0,095	(0; 0)
3	2266,45	-54,98	-1856,17	0,90	25,00	0,050	0,174	(0; 0)
4	2973,59	-51,34	-2321,83	0,82	25,00	0,050	0,243	(0; 0)
5	3596,69	-47,96	-2671,21	0,77	25,00	0,050	0,304	(0; 0)
6	4146,38	-44,79	-2921,40	0,72	12,50	0,350	0,358	(0; 0)
7	4621,46	-41,79	-3080,02	0,69	0,00	0,650	0,406	(0; 0)
8	5048,49	-38,93	-3172,26	0,66	0,00	0,650	0,450	(0; 0)
9	5434,69	-36,18	-3207,90	0,64	0,00	0,650	0,489	(0; 0)
10	5784,39	-33,52	-3193,98	0,62	0,00	0,650	0,525	(0; 0)
11	6100,99	-30,94	-3136,43	0,60	0,00	0,650	0,558	(0; 0)
12	6387,22	-28,42	-3040,31	0,58	0,00	0,650	0,587	(0; 0)
13	6645,28	-25,97	-2910,06	0,57	0,00	0,650	0,613	(0; 0)
14	6876,98	-23,57	-2749,63	0,56	0,00	0,650	0,637	(0; 0)
15	7083,82	-21,21	-2562,57	0,55	0,00	0,650	0,658	(0; 0)
16	7267,04	-18,88	-2352,12	0,54	0,00	0,650	0,677	(0; 0)
17	7427,67	-16,59	-2121,26	0,54	0,00	0,650	0,694	(0; 0)
18	7566,55	-14,33	-1872,79	0,53	0,00	0,650	0,708	(0; 0)
19	7684,41	-12,09	-1609,35	0,53	0,00	0,650	0,720	(0; 0)
20	7781,80	-9,87	-1333,42	0,52	0,00	0,650	0,730	(0; 0)
21	7859,19	-7,66	-1047,42	0,52	0,00	0,650	0,738	(0; 0)
22	7916,93	-5,46	-753,65	0,52	0,00	0,650	0,744	(0; 0)
23	7955,29	-3,27	-454,38	0,51	0,00	0,650	0,748	(0; 0)
24	7974,42	-1,09	-151,82	0,51	0,00	0,650	0,750	(0; 0)
25	13637,86	1,10	262,32	0,52	0,00	0,650	1,250	(0; 0)
26	13618,13	3,31	785,81	0,52	0,00	0,650	1,248	(0; 0)
27	13578,58	5,52	1305,88	0,52	0,00	0,650	1,243	(0; 0)
28	13519,03	7,74	1820,21	0,52	0,00	0,650	1,237	(0; 0)
29	13439,22	9,97	2326,46	0,53	0,00	0,650	1,229	(0; 0)
30	13338,75	12,21	2822,21	0,53	0,00	0,650	1,219	(0; 0)
31	13217,16	14,48	3304,94	0,54	0,00	0,650	1,207	(0; 0)
32	13073,84	16,77	3772,06	0,54	0,00	0,650	1,192	(0; 0)
33	12908,04	19,09	4220,81	0,55	0,00	0,650	1,176	(0; 0)
34	12718,86	21,44	4648,27	0,56	0,00	0,650	1,156	(0; 0)
35	12505,21	23,82	5051,30	0,57	0,00	0,650	1,135	(0; 0)
36	12265,77	26,26	5426,49	0,58	0,00	0,650	1,110	(0; 0)
37	11998,95	28,74	5770,11	0,59	0,00	0,650	1,083	(0; 0)

38	11702,82	31,29	6078,00	0,61	0,00	0,650	1,053	(0; 0)
39	11375,01	33,91	6345,46	0,63	0,00	0,650	1,020	(0; 0)
40	11012,60	36,61	6567,09	0,65	0,00	0,650	0,983	(0; 0)
41	10611,91	39,41	6736,57	0,67	0,00	0,650	0,943	(0; 0)
42	10168,25	42,32	6846,33	0,70	0,00	0,650	0,898	(0; 0)
43	9671,46	45,38	6884,20	0,74	12,50	0,350	0,848	(0; 0)
44	9095,13	48,62	6824,23	0,79	25,00	0,050	0,792	(0; 0)
45	8443,09	52,08	6660,31	0,84	25,00	0,050	0,729	(0; 0)
46	7699,84	55,83	6370,92	0,92	25,00	0,050	0,658	(0; 0)
47	6835,68	60,00	5919,87	1,04	25,00	0,050	0,575	(0; 0)
48	5795,99	64,79	5244,03	1,22	25,00	0,050	0,474	(0; 0)
49	4452,59	70,72	4202,84	1,57	25,00	0,050	0,345	(0; 0)
50	1792,47	82,03	1775,15	3,74	21,00	0,025	0,085	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 416814,29$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 67771,70$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 15969,40$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 144910,64$  [kg]

### Combinazione nr. 2

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m] = 13,50

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -12,33

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 13,50

Coefficiente di sicurezza C= 2,01

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	488,51	-63,57	-437,46	1,15	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
2	1449,79	-59,00	-1242,73	1,00	25,00	0,050	0,095	(0; 0)
3	2266,45	-54,98	-1856,17	0,90	25,00	0,050	0,174	(0; 0)
4	2973,59	-51,34	-2321,83	0,82	25,00	0,050	0,243	(0; 0)
5	3596,69	-47,96	-2671,21	0,77	25,00	0,050	0,304	(0; 0)
6	4146,38	-44,79	-2921,40	0,72	12,50	0,350	0,358	(0; 0)
7	4621,46	-41,79	-3080,02	0,69	0,00	0,650	0,406	(0; 0)
8	5048,49	-38,93	-3172,26	0,66	0,00	0,650	0,450	(0; 0)
9	5434,69	-36,18	-3207,90	0,64	0,00	0,650	0,489	(0; 0)
10	5784,39	-33,52	-3193,98	0,62	0,00	0,650	0,525	(0; 0)

11	6100,99	-30,94	-3136,43	0,60	0,00	0,650	0,558	(0; 0)
12	6387,22	-28,42	-3040,31	0,58	0,00	0,650	0,587	(0; 0)
13	6645,28	-25,97	-2910,06	0,57	0,00	0,650	0,613	(0; 0)
14	6876,98	-23,57	-2749,63	0,56	0,00	0,650	0,637	(0; 0)
15	7083,82	-21,21	-2562,57	0,55	0,00	0,650	0,658	(0; 0)
16	7267,04	-18,88	-2352,12	0,54	0,00	0,650	0,677	(0; 0)
17	7427,67	-16,59	-2121,26	0,54	0,00	0,650	0,694	(0; 0)
18	7566,55	-14,33	-1872,79	0,53	0,00	0,650	0,708	(0; 0)
19	7684,41	-12,09	-1609,35	0,53	0,00	0,650	0,720	(0; 0)
20	7781,80	-9,87	-1333,42	0,52	0,00	0,650	0,730	(0; 0)
21	7859,19	-7,66	-1047,42	0,52	0,00	0,650	0,738	(0; 0)
22	7916,93	-5,46	-753,65	0,52	0,00	0,650	0,744	(0; 0)
23	7955,29	-3,27	-454,38	0,51	0,00	0,650	0,748	(0; 0)
24	7974,42	-1,09	-151,82	0,51	0,00	0,650	0,750	(0; 0)
25	13637,86	1,10	262,32	0,52	0,00	0,650	1,250	(0; 0)
26	13618,13	3,31	785,81	0,52	0,00	0,650	1,248	(0; 0)
27	13578,58	5,52	1305,88	0,52	0,00	0,650	1,243	(0; 0)
28	13519,03	7,74	1820,21	0,52	0,00	0,650	1,237	(0; 0)
29	13439,22	9,97	2326,46	0,53	0,00	0,650	1,229	(0; 0)
30	13396,45	12,21	2834,41	0,53	0,00	0,650	1,219	(0; 0)
31	13476,78	14,48	3369,86	0,54	0,00	0,650	1,207	(0; 0)
32	13333,46	16,77	3846,97	0,54	0,00	0,650	1,192	(0; 0)
33	13167,66	19,09	4305,70	0,55	0,00	0,650	1,176	(0; 0)
34	12978,48	21,44	4743,15	0,56	0,00	0,650	1,156	(0; 0)
35	12764,83	23,82	5156,17	0,57	0,00	0,650	1,135	(0; 0)
36	12525,39	26,26	5541,35	0,58	0,00	0,650	1,110	(0; 0)
37	12258,57	28,74	5894,96	0,59	0,00	0,650	1,083	(0; 0)
38	11827,82	31,29	6142,92	0,61	0,00	0,650	1,053	(0; 0)
39	11375,01	33,91	6345,46	0,63	0,00	0,650	1,020	(0; 0)
40	11012,60	36,61	6567,09	0,65	0,00	0,650	0,983	(0; 0)
41	10611,91	39,41	6736,57	0,67	0,00	0,650	0,943	(0; 0)
42	10168,25	42,32	6846,33	0,70	0,00	0,650	0,898	(0; 0)
43	9671,46	45,38	6884,20	0,74	12,50	0,350	0,848	(0; 0)
44	9095,13	48,62	6824,23	0,79	25,00	0,050	0,792	(0; 0)
45	8443,09	52,08	6660,31	0,84	25,00	0,050	0,729	(0; 0)
46	7699,84	55,83	6370,92	0,92	25,00	0,050	0,658	(0; 0)
47	6835,68	60,00	5919,87	1,04	25,00	0,050	0,575	(0; 0)
48	5795,99	64,79	5244,03	1,22	25,00	0,050	0,474	(0; 0)
49	4452,59	70,72	4202,84	1,57	25,00	0,050	0,345	(0; 0)
50	1792,47	82,03	1775,15	3,74	21,00	0,025	0,085	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 835628,59$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 136284,69$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 31938,79$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 289821,28$  [kg]

### Combinazione nr. 3

Numero di cerchi analizzati	100	
Numero di strisce	50,00	
Cerchio critico		
Coordinate del centro	X[m]= 0,00	Y[m]= 2,70
Raggio del cerchio	R[m] = 16,20	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -13,98	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 15,98	
Coefficiente di sicurezza	C= 1,68	

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	532,28	-57,64	-449,63	1,14	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
2	1607,83	-53,81	-1297,66	1,03	25,00	0,050	0,086	(0; 0)
3	2558,00	-50,31	-1968,36	0,95	25,00	0,050	0,164	(0; 0)
4	3399,99	-47,05	-2488,52	0,89	25,00	0,050	0,233	(0; 0)
5	4153,32	-43,98	-2883,89	0,84	25,00	0,050	0,295	(0; 0)
6	4827,20	-41,06	-3170,53	0,81	12,50	0,350	0,351	(0; 0)
7	5413,39	-38,26	-3352,29	0,77	0,00	0,650	0,402	(0; 0)
8	5941,21	-35,57	-3456,10	0,75	0,00	0,650	0,447	(0; 0)
9	6419,88	-32,97	-3493,56	0,72	0,00	0,650	0,489	(0; 0)
10	6853,79	-30,44	-3472,41	0,71	0,00	0,650	0,526	(0; 0)
11	7246,47	-27,98	-3399,37	0,69	0,00	0,650	0,560	(0; 0)
12	7600,82	-25,57	-3280,32	0,67	0,00	0,650	0,591	(0; 0)
13	7919,22	-23,21	-3120,51	0,66	0,00	0,650	0,619	(0; 0)
14	8203,62	-20,89	-2924,70	0,65	0,00	0,650	0,643	(0; 0)
15	8455,68	-18,60	-2697,22	0,64	0,00	0,650	0,665	(0; 0)
16	8676,75	-16,35	-2442,11	0,63	0,00	0,650	0,684	(0; 0)
17	8867,98	-14,12	-2163,13	0,63	0,00	0,650	0,701	(0; 0)
18	9030,30	-11,91	-1863,84	0,62	0,00	0,650	0,715	(0; 0)
19	9164,46	-9,72	-1547,61	0,62	0,00	0,650	0,726	(0; 0)
20	9271,10	-7,55	-1217,70	0,61	0,00	0,650	0,736	(0; 0)
21	9350,68	-5,38	-877,25	0,61	0,00	0,650	0,743	(0; 0)
22	9403,54	-3,23	-529,33	0,61	0,00	0,650	0,747	(0; 0)
23	9429,91	-1,08	-176,94	0,61	0,00	0,650	0,749	(0; 0)
24	15544,83	1,05	284,01	0,59	0,00	0,650	1,249	(0; 0)
25	15520,48	3,14	850,68	0,59	0,00	0,650	1,247	(0; 0)
26	15471,69	5,24	1413,35	0,59	0,00	0,650	1,243	(0; 0)
27	15398,25	7,35	1969,30	0,60	0,00	0,650	1,236	(0; 0)
28	15299,86	9,46	2515,78	0,60	0,00	0,650	1,228	(0; 0)
29	15176,12	11,59	3049,98	0,60	0,00	0,650	1,217	(0; 0)
30	15026,48	13,74	3568,99	0,61	0,00	0,650	1,203	(0; 0)
31	14850,28	15,91	4069,79	0,62	0,00	0,650	1,188	(0; 0)
32	14646,72	18,10	4549,23	0,62	0,00	0,650	1,170	(0; 0)

33	14414,80	20,31	5003,95	0,63	0,00	0,650	1,149	(0; 0)
34	14153,36	22,56	5430,40	0,64	0,00	0,650	1,126	(0; 0)
35	13860,99	24,85	5824,76	0,65	0,00	0,650	1,100	(0; 0)
36	13536,02	27,18	6182,87	0,67	0,00	0,650	1,071	(0; 0)
37	13176,42	29,56	6500,17	0,68	0,00	0,650	1,039	(0; 0)
38	12779,78	32,00	6771,58	0,70	0,00	0,650	1,004	(0; 0)
39	12343,15	34,50	6991,37	0,72	0,00	0,650	0,965	(0; 0)
40	11862,92	37,08	7152,99	0,74	0,00	0,650	0,922	(0; 0)
41	11334,57	39,76	7248,76	0,77	0,00	0,650	0,875	(0; 0)
42	10736,58	42,54	7258,87	0,80	25,00	0,050	0,823	(0; 0)
43	10059,31	45,45	7168,83	0,84	25,00	0,050	0,766	(0; 0)
44	9307,20	48,52	6973,26	0,89	25,00	0,050	0,703	(0; 0)
45	8465,84	51,80	6652,67	0,96	25,00	0,050	0,631	(0; 0)
46	7514,31	55,33	6180,07	1,04	25,00	0,050	0,551	(0; 0)
47	6419,89	59,22	5515,31	1,16	25,00	0,050	0,459	(0; 0)
48	5125,74	63,62	4591,86	1,33	25,00	0,050	0,349	(0; 0)
49	3512,97	68,88	3276,96	1,64	25,00	0,050	0,213	(0; 0)
50	1270,87	75,94	1232,82	2,44	17,00	0,000	0,018	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1306765,44$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 212240,30$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 54124,71$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 447796,87$  [kg]

#### Combinazione nr. 4

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50,00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 2,70

Raggio del cerchio R[m] = 16,20

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -13,98

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 15,98

Coefficiente di sicurezza C= 1,67

#### Caratteristiche delle strisce

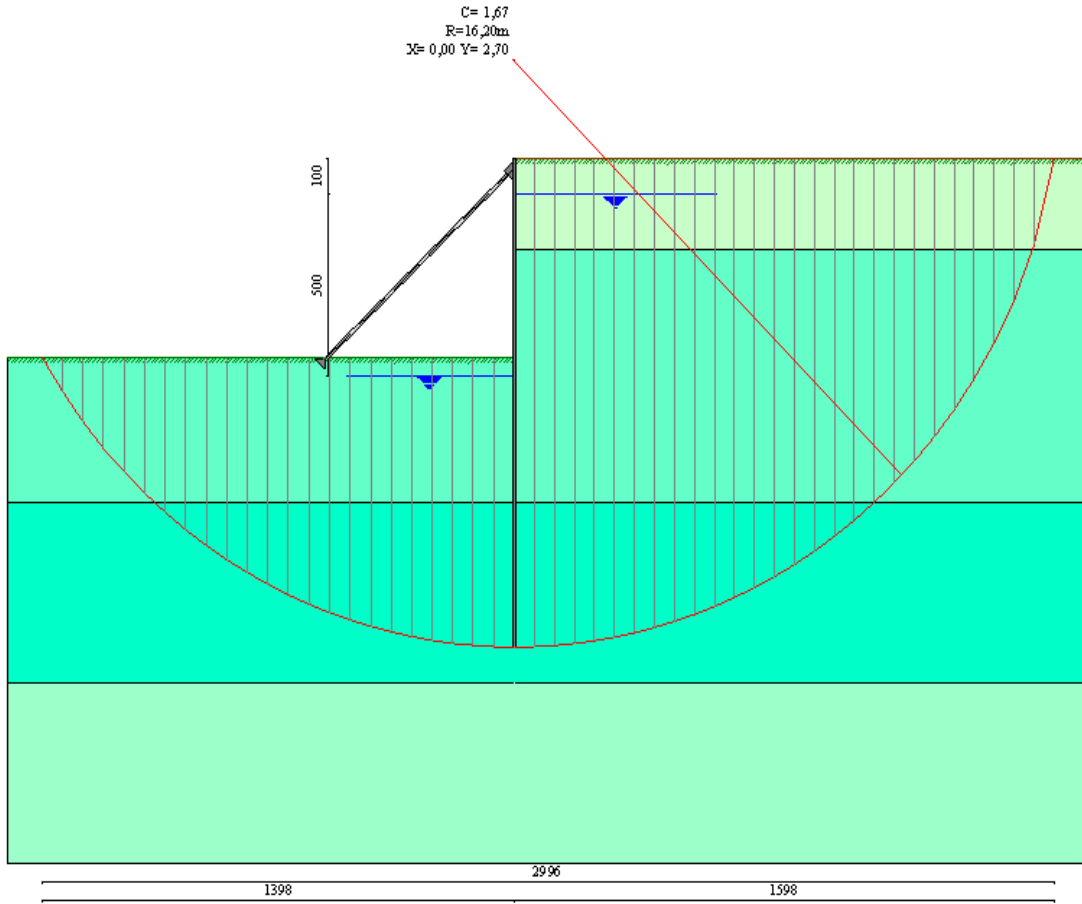
N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	532,28	-57,64	-449,63	1,14	25,00	0,050	0,000	(0; 0)
2	1607,83	-53,81	-1297,66	1,03	25,00	0,050	0,086	(0; 0)
3	2558,00	-50,31	-1968,36	0,95	25,00	0,050	0,164	(0; 0)
4	3399,99	-47,05	-2488,52	0,89	25,00	0,050	0,233	(0; 0)
5	4153,32	-43,98	-2883,89	0,84	25,00	0,050	0,295	(0; 0)



6	4827,20	-41,06	-3170,53	0,81	12,50	0,350	0,351	(0; 0)
7	5413,39	-38,26	-3352,29	0,77	0,00	0,650	0,402	(0; 0)
8	5941,21	-35,57	-3456,10	0,75	0,00	0,650	0,447	(0; 0)
9	6419,88	-32,97	-3493,56	0,72	0,00	0,650	0,489	(0; 0)
10	6853,79	-30,44	-3472,41	0,71	0,00	0,650	0,526	(0; 0)
11	7246,47	-27,98	-3399,37	0,69	0,00	0,650	0,560	(0; 0)
12	7600,82	-25,57	-3280,32	0,67	0,00	0,650	0,591	(0; 0)
13	7919,22	-23,21	-3120,51	0,66	0,00	0,650	0,619	(0; 0)
14	8203,62	-20,89	-2924,70	0,65	0,00	0,650	0,643	(0; 0)
15	8455,68	-18,60	-2697,22	0,64	0,00	0,650	0,665	(0; 0)
16	8676,75	-16,35	-2442,11	0,63	0,00	0,650	0,684	(0; 0)
17	8867,98	-14,12	-2163,13	0,63	0,00	0,650	0,701	(0; 0)
18	9030,30	-11,91	-1863,84	0,62	0,00	0,650	0,715	(0; 0)
19	9164,46	-9,72	-1547,61	0,62	0,00	0,650	0,726	(0; 0)
20	9271,10	-7,55	-1217,70	0,61	0,00	0,650	0,736	(0; 0)
21	9350,68	-5,38	-877,25	0,61	0,00	0,650	0,743	(0; 0)
22	9403,54	-3,23	-529,33	0,61	0,00	0,650	0,747	(0; 0)
23	9429,91	-1,08	-176,94	0,61	0,00	0,650	0,749	(0; 0)
24	15544,83	1,05	284,01	0,59	0,00	0,650	1,249	(0; 0)
25	15520,48	3,14	850,68	0,59	0,00	0,650	1,247	(0; 0)
26	15471,69	5,24	1413,35	0,59	0,00	0,650	1,243	(0; 0)
27	15398,25	7,35	1969,30	0,60	0,00	0,650	1,236	(0; 0)
28	15299,86	9,46	2515,78	0,60	0,00	0,650	1,228	(0; 0)
29	15451,67	11,59	3105,36	0,60	0,00	0,650	1,217	(0; 0)
30	15322,41	13,74	3639,28	0,61	0,00	0,650	1,203	(0; 0)
31	15146,21	15,91	4150,89	0,62	0,00	0,650	1,188	(0; 0)
32	14942,64	18,10	4641,14	0,62	0,00	0,650	1,170	(0; 0)
33	14710,73	20,31	5106,67	0,63	0,00	0,650	1,149	(0; 0)
34	14449,29	22,56	5543,94	0,64	0,00	0,650	1,126	(0; 0)
35	14105,81	24,85	5927,64	0,65	0,00	0,650	1,100	(0; 0)
36	13536,02	27,18	6182,87	0,67	0,00	0,650	1,071	(0; 0)
37	13176,42	29,56	6500,17	0,68	0,00	0,650	1,039	(0; 0)
38	12779,78	32,00	6771,58	0,70	0,00	0,650	1,004	(0; 0)
39	12343,15	34,50	6991,37	0,72	0,00	0,650	0,965	(0; 0)
40	11862,92	37,08	7152,99	0,74	0,00	0,650	0,922	(0; 0)
41	11334,57	39,76	7248,76	0,77	0,00	0,650	0,875	(0; 0)
42	10736,58	42,54	7258,87	0,80	25,00	0,050	0,823	(0; 0)
43	10059,31	45,45	7168,83	0,84	25,00	0,050	0,766	(0; 0)
44	9307,20	48,52	6973,26	0,89	25,00	0,050	0,703	(0; 0)
45	8465,84	51,80	6652,67	0,96	25,00	0,050	0,631	(0; 0)
46	7514,31	55,33	6180,07	1,04	25,00	0,050	0,551	(0; 0)
47	6419,89	59,22	5515,31	1,16	25,00	0,050	0,459	(0; 0)
48	5125,74	63,62	4591,86	1,33	25,00	0,050	0,349	(0; 0)
49	3512,97	68,88	3276,96	1,64	25,00	0,050	0,213	(0; 0)
50	1270,87	75,94	1232,82	2,44	17,00	0,000	0,018	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1779902,28 \text{ [kg]}$   
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 288813,74 \text{ [kg]}$   
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 76310,62 \text{ [kg]}$   
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 605772,45 \text{ [kg]}$



# Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

## Simbologia adottata

Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
$M_{\max}$ , $M_{\min}$	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
$N_{\max}$ , $N_{\min}$	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
$T_{\max}$ , $T_{\min}$	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

## Combinazione nr. 1

$y_{M\max} = 8,75$	$M_{\max} = 8564$	$y_{M\min} = 3,90$	$M_{\min} = -15987$
$y_{T\max} = 6,20$	$T_{\max} = 8047$	$y_{T\min} = 0,30$	$T_{\min} = -7013$
$y_{N\max} = 0,30$	$N_{\max} = 23$	$y_{N\min} = 0,30$	$N_{\min} = -6645$

## Combinazione nr. 2

$y_{M\max} = 8,85$	$M_{\max} = 9063$	$y_{M\min} = 3,95$	$M_{\min} = -16873$
$y_{T\max} = 6,30$	$T_{\max} = 8324$	$y_{T\min} = 0,30$	$T_{\min} = -7264$
$y_{N\max} = 0,30$	$N_{\max} = 23$	$y_{N\min} = 0,30$	$N_{\min} = -6881$

## Combinazione nr. 3

$y_{M\max} = 8,80$	$M_{\max} = 8883$	$y_{M\min} = 3,90$	$M_{\min} = -16534$
$y_{T\max} = 6,20$	$T_{\max} = 8234$	$y_{T\min} = 0,30$	$T_{\min} = -7561$
$y_{N\max} = 0,30$	$N_{\max} = 23$	$y_{N\min} = 0,30$	$N_{\min} = -7245$

## Combinazione nr. 4

$y_{M\max} = 8,90$	$M_{\max} = 9450$	$y_{M\min} = 3,95$	$M_{\min} = -17542$
$y_{T\max} = 6,30$	$T_{\max} = 8549$	$y_{T\min} = 0,30$	$T_{\min} = -7920$
$y_{N\max} = 0,30$	$N_{\max} = 23$	$y_{N\min} = 0,30$	$N_{\min} = -7599$

# Sollecitazioni per metro di paratia

## Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio espresso in [kg]



### Combinazione nr. 1

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,45	-1044,62	-6632,96	-6964,67
21	0,95	-4460,19	-6594,50	-6662,01
31	1,45	-7663,33	-6556,03	-6095,21
41	1,95	-10499,14	-6517,57	-5192,63
51	2,45	-12799,73	-6479,10	-3954,65
61	2,95	-14506,28	-6440,64	-2867,54
71	3,45	-15618,12	-6402,17	-1530,29
81	3,95	-15986,31	-6363,71	107,07
91	4,45	-15460,81	-6325,24	2044,43
101	4,95	-13891,63	-6286,78	4281,79
111	5,45	-11128,79	-6248,31	6819,08
121	5,90	-7741,89	-6213,70	7899,35
131	6,40	-3692,95	-6175,23	8006,24
141	6,90	253,96	-6136,77	7446,16
151	7,40	3770,49	-6098,30	6231,83
161	7,90	6529,52	-6059,84	4363,29
171	8,40	8204,02	-6021,37	1840,77
181	8,90	8518,26	-5982,91	-805,94
191	9,40	7761,42	-5944,44	-2306,01
201	9,90	6449,43	-5905,98	-2992,32
211	10,40	4938,24	-5867,51	-3061,15
221	10,90	3484,66	-5829,05	-2747,12
231	11,40	2235,68	-5790,58	-2235,92
241	11,90	1259,37	-5752,12	-1653,06
251	12,40	572,63	-5713,65	-1074,73
261	12,90	163,05	-5675,19	-540,51
271	13,40	4,34	-5636,72	-65,98

### Combinazione nr. 2

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,45	-1082,19	-6869,75	-7215,12
21	0,95	-4622,98	-6831,29	-6912,46
31	1,45	-7951,34	-6792,82	-6345,66
41	1,95	-10912,38	-6754,36	-5443,08
51	2,45	-13338,19	-6715,89	-4205,10
61	2,95	-15169,97	-6677,43	-3117,99
71	3,45	-16406,70	-6638,96	-1766,34
81	3,95	-16873,04	-6600,50	-48,14
91	4,45	-16403,52	-6562,03	1976,55
101	4,95	-14845,60	-6523,57	4305,14
111	5,45	-12047,70	-6485,10	6936,29
121	5,95	-8179,30	-6446,64	8161,77
131	6,45	-3995,24	-6408,17	8292,81

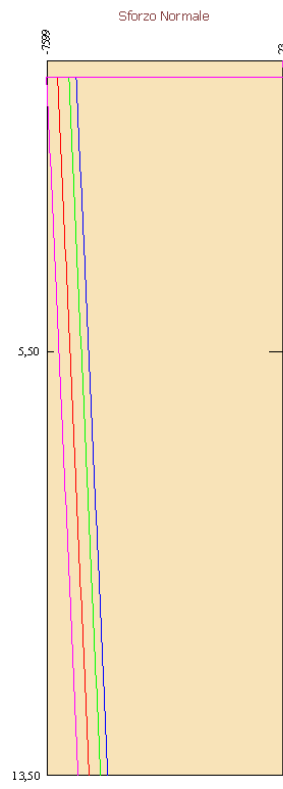
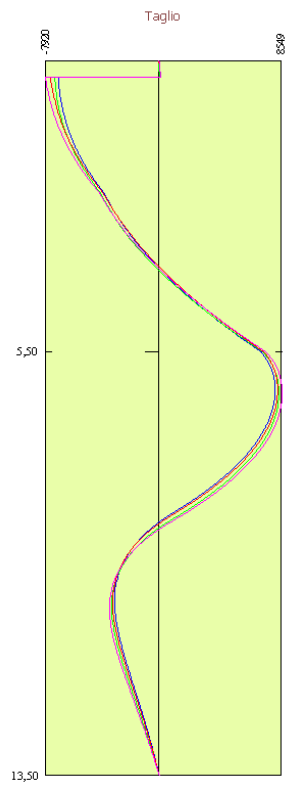
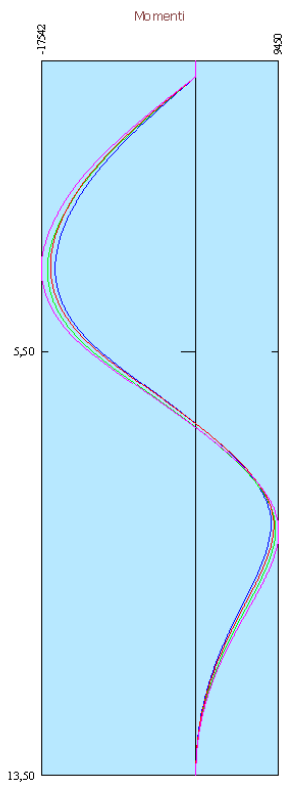
141	6,95	100,20	-6369,71	7756,37
151	7,45	3776,63	-6331,24	6564,86
161	7,95	6707,10	-6292,78	4719,65
171	8,45	8564,76	-6254,31	2220,72
181	8,95	9044,35	-6215,85	-611,11
191	9,45	8332,59	-6177,38	-2323,81
201	9,95	6974,09	-6138,92	-3151,10
211	10,45	5367,32	-6100,45	-3279,70
221	10,95	3800,08	-6061,99	-2976,47
231	11,45	2439,94	-6023,52	-2443,52
241	11,95	1368,46	-5985,06	-1817,79
251	12,45	611,41	-5946,59	-1182,29
261	12,95	162,68	-5908,13	-579,75
271	13,45	1,31	-5869,66	-26,53

### Combinazione nr. 3

n°	Y	M	N	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,45	-1110,36	-7233,29	-7470,32
21	0,95	-4745,51	-7194,83	-7036,91
31	1,45	-8106,25	-7156,36	-6352,98
41	1,95	-11044,51	-7117,90	-5346,89
51	2,45	-13399,20	-7079,43	-4019,03
61	2,95	-15118,46	-7040,97	-2856,31
71	3,45	-16208,62	-7002,50	-1457,01
81	3,95	-16527,47	-6964,04	228,90
91	4,45	-15931,73	-6925,57	2201,33
101	4,95	-14278,15	-6887,11	4460,27
111	5,45	-11423,49	-6848,64	7005,65
121	5,90	-7952,60	-6814,02	8085,99
131	6,40	-3810,34	-6775,56	8192,88
141	6,90	229,88	-6737,09	7632,80
151	7,40	3839,73	-6698,63	6418,46
161	7,90	6692,09	-6660,16	4549,93
171	8,40	8459,90	-6621,70	2027,40
181	8,90	8850,51	-6583,23	-729,96
191	9,40	8104,40	-6544,77	-2340,80
201	9,90	6758,86	-6506,30	-3091,32
211	10,40	5190,81	-6467,84	-3187,15
221	10,90	3673,05	-6429,37	-2874,71
231	11,40	2362,97	-6390,91	-2349,41
241	11,90	1334,80	-6352,44	-1743,70
251	12,40	608,74	-6313,98	-1138,24
261	12,90	173,89	-6275,51	-574,98
271	13,40	4,64	-6237,05	-70,53

### Combinazione nr. 4

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,45	-1161,33	-7587,48	-7822,02
21	0,95	-4966,38	-7549,01	-7365,15
31	1,45	-8485,82	-7510,55	-6659,88
41	1,95	-11572,63	-7472,08	-5634,56
51	2,45	-14066,79	-7433,62	-4289,59
61	2,95	-15917,53	-7395,15	-3112,01
71	3,45	-17131,92	-7356,69	-1685,56
81	3,95	-17542,42	-7318,22	91,86
91	4,45	-16991,35	-7279,76	2160,17
101	4,95	-15333,96	-7241,29	4516,82
111	5,45	-12426,46	-7202,83	7160,43
121	5,95	-8445,75	-7164,36	8386,45
131	6,45	-4149,34	-7125,90	8517,49
141	6,95	58,43	-7087,43	7981,05
151	7,45	3847,20	-7048,97	6789,54
161	7,95	6890,01	-7010,50	4944,33
171	8,45	8860,01	-6972,04	2445,40
181	8,95	9441,28	-6933,57	-489,13
191	9,45	8754,31	-6895,11	-2349,47
201	9,95	7360,69	-6856,64	-3265,46
211	10,45	5686,13	-6818,18	-3433,71
221	10,95	4039,44	-6779,71	-3136,45
231	11,45	2602,09	-6741,25	-2588,13
241	11,95	1464,21	-6702,78	-1934,50
251	12,45	656,42	-6664,32	-1264,23
261	12,95	175,28	-6625,85	-623,09
271	13,45	1,42	-6587,39	-28,66



# Verifiche idrauliche

## Verifica a sifonamento

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $\gamma_m$  : Peso di galleggiamento medio espresso in [kg/mc]  
 $i_C$  : Gradiente idraulico critico  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $FS_{sif}$  : Coefficiente di sicurezza a sifonamento

### **Combinazione nr. 1**

Verifica non effettuata (falda non affiorante al piano campagna)

### **Combinazione nr. 2**

Verifica non effettuata (falda non affiorante al piano campagna)

### **Combinazione nr. 3**

Verifica non effettuata (falda non affiorante al piano campagna)

### **Combinazione nr. 4**

Verifica non effettuata (falda non affiorante al piano campagna)

## Verifica al sollevamento del fondo scavo

### *Simbologia adottata*

$\Delta H$  : Perdita di carico espressa in [m]  
 $L$  : Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 $i_E$  : Gradiente idraulico di efflusso  
 $I$  : Profondità di infissione espressa in [m]  
 $\sigma_t$  : Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $u_w$  : Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $FS_{scavo}$  : Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

### **Combinazione nr. 1**

$\Delta H$	$L$	$i_E$	$I$	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
5,00	20,00	0,25	8,00	15525,00	9375,00	1,66

### **Combinazione nr. 2**

$\Delta H$	$L$	$i_E$	$I$	$\sigma_t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
5,00	20,00	0,25	8,00	15525,00	9375,00	1,66

### **Combinazione nr. 3**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
5,00	20,00	0,25	8,00	15525,00	9375,00	1,66

**Combinazione nr. 4**

$\Delta H$	<b>L</b>	$i_E$	<b>I</b>	$\sigma t$	$u_w$	$FS_{scavo}$
5,00	20,00	0,25	8,00	15525,00	9375,00	1,66

# Spostamenti massimi e minimi della paratia

## *Simbologia adottata*

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u<sub>max</sub>, u<sub>min</sub> spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
v<sub>max</sub>, v<sub>min</sub> spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

### **Combinazione nr. 1**

y<sub>Umax</sub> = 4,05      u<sub>max</sub> = 2,4334      y<sub>Umin</sub> = 13,50      u<sub>min</sub> = -0,0493  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0000      y<sub>Vmin</sub> = 0,30      v<sub>min</sub> = -0,0394

### **Combinazione nr. 2**

y<sub>Umax</sub> = 4,10      u<sub>max</sub> = 2,5984      y<sub>Umin</sub> = 13,50      u<sub>min</sub> = -0,0598  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0000      y<sub>Vmin</sub> = 0,30      v<sub>min</sub> = -0,0409

### **Combinazione nr. 3**

y<sub>Umax</sub> = 4,05      u<sub>max</sub> = 2,5391      y<sub>Umin</sub> = 13,50      u<sub>min</sub> = -0,0528  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0000      y<sub>Vmin</sub> = 0,30      v<sub>min</sub> = -0,0432

### **Combinazione nr. 4**

y<sub>Umax</sub> = 4,10      u<sub>max</sub> = 2,7297      y<sub>Umin</sub> = 13,50      u<sub>min</sub> = -0,0647  
y<sub>Vmax</sub> = 0,00      v<sub>max</sub> = 0,0000      y<sub>Vmin</sub> = 0,30      v<sub>min</sub> = -0,0455

# Spostamenti della paratia

## *Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
u spostamento orizzontale espresso in [cm] positivo verso valle  
v spostamento verticale espresso in [cm] positivo verso il basso

### **Combinazione nr. 1**

N°	Y	u	v
1	0,00	0,26990	-0,03936
11	0,50	0,67315	-0,03872
21	1,00	1,06858	-0,03711

31	1,50	1,43931	-0,03551
41	2,00	1,76896	-0,03393
51	2,50	2,04319	-0,03235
61	3,00	2,25040	-0,03078
71	3,50	2,38207	-0,02922
81	4,00	2,43286	-0,02767
91	4,50	2,40134	-0,02613
101	5,00	2,29080	-0,02460
111	5,50	2,11003	-0,02308
121	6,00	1,87388	-0,02157
131	6,50	1,60190	-0,02006
141	7,00	1,31490	-0,01857
151	7,50	1,03288	-0,01708
161	8,00	0,77323	-0,01561
171	8,50	0,54911	-0,01414
181	9,00	0,36774	-0,01269
191	9,50	0,22960	-0,01124
201	10,00	0,13025	-0,00980
211	10,50	0,06268	-0,00837
221	11,00	0,01915	-0,00695
231	11,50	-0,00764	-0,00555
241	12,00	-0,02386	-0,00414
251	12,50	-0,03427	-0,00275
261	13,00	-0,04213	-0,00137
271	13,50	-0,04931	0,00000

### Combinazione nr. 2

N°	Y	u	v
1	0,00	0,27284	-0,04088
11	0,50	0,70167	-0,04021
21	1,00	1,12240	-0,03855
31	1,50	1,51751	-0,03689
41	2,00	1,86999	-0,03525
51	2,50	2,16484	-0,03361
61	3,00	2,38983	-0,03199
71	3,50	2,53578	-0,03037
81	4,00	2,59670	-0,02876
91	4,50	2,57072	-0,02717
101	5,00	2,46085	-0,02558
111	5,50	2,27582	-0,02400
121	6,00	2,03072	-0,02243
131	6,50	1,74553	-0,02087
141	7,00	1,44176	-0,01932
151	7,50	1,14034	-0,01777
161	8,00	0,85985	-0,01624
171	8,50	0,61483	-0,01472
181	9,00	0,41410	-0,01320
191	9,50	0,25955	-0,01170



201	10,00	0,14728	-0,01020
211	10,50	0,07021	-0,00872
221	11,00	0,02011	-0,00724
231	11,50	-0,01099	-0,00578
241	12,00	-0,02995	-0,00432
251	12,50	-0,04217	-0,00287
261	13,00	-0,05138	-0,00143
271	13,50	-0,05978	0,00000

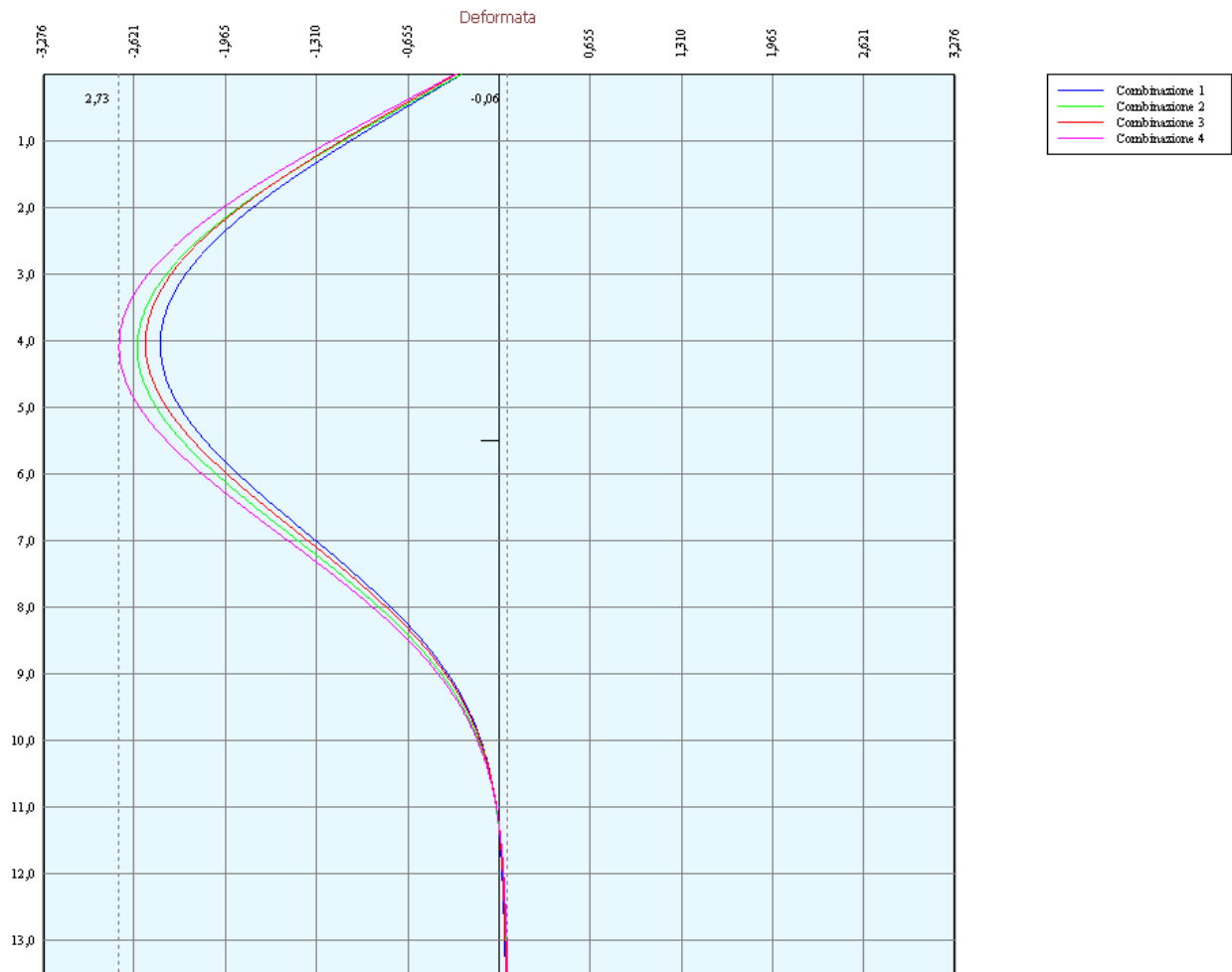
### Combinazione nr. 3

N°	Y	u	v
1	0,00	0,30704	-0,04321
11	0,50	0,72569	-0,04251
21	1,00	1,13603	-0,04076
31	1,50	1,52012	-0,03901
41	2,00	1,86080	-0,03728
51	2,50	2,14321	-0,03556
61	3,00	2,35552	-0,03384
71	3,50	2,48912	-0,03214
81	4,00	2,53881	-0,03044
91	4,50	2,50344	-0,02876
101	5,00	2,38667	-0,02708
111	5,50	2,19770	-0,02541
121	6,00	1,95189	-0,02375
131	6,50	1,66924	-0,02210
141	7,00	1,37107	-0,02046
151	7,50	1,07784	-0,01883
161	8,00	0,80744	-0,01721
171	8,50	0,57351	-0,01560
181	9,00	0,38374	-0,01400
191	9,50	0,23894	-0,01241
201	10,00	0,13465	-0,01082
211	10,50	0,06369	-0,00925
221	11,00	0,01801	-0,00768
231	11,50	-0,01002	-0,00613
241	12,00	-0,02688	-0,00458
251	12,50	-0,03757	-0,00305
261	13,00	-0,04556	-0,00152
271	13,50	-0,05281	0,00000

### Combinazione nr. 4

N°	Y	u	v
1	0,00	0,31675	-0,04548
11	0,50	0,76482	-0,04475
21	1,00	1,20418	-0,04291
31	1,50	1,61607	-0,04108
41	2,00	1,98252	-0,03926

51	2,50	2,28788	-0,03745
61	3,00	2,51962	-0,03565
71	3,50	2,66847	-0,03386
81	4,00	2,72857	-0,03208
91	4,50	2,69835	-0,03030
101	5,00	2,58126	-0,02854
111	5,50	2,38654	-0,02679
121	6,00	2,12985	-0,02504
131	6,50	1,83173	-0,02331
141	7,00	1,51432	-0,02158
151	7,50	1,19909	-0,01987
161	8,00	0,90520	-0,01816
171	8,50	0,64780	-0,01646
181	9,00	0,43627	-0,01477
191	9,50	0,27297	-0,01310
201	10,00	0,15409	-0,01143
211	10,50	0,07238	-0,00977
221	11,00	0,01925	-0,00811
231	11,50	-0,01369	-0,00647
241	12,00	-0,03369	-0,00484
251	12,50	-0,04646	-0,00322
261	13,00	-0,05601	-0,00160
271	13,50	-0,06469	0,00000



## Verifica sezione in acciaio (per un metro di larghezza)

Per la verifica delle sezioni si adotta il metodo delle tensioni ammissibili.

Area della sezione	98,00	cmq
Inerzia della sezione	23000,00	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza	1150,00	cm <sup>3</sup>
Fattore di taglio	1.20	

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
$\sigma_f$	tensione di compressione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]
$\sigma'_f$	tensione di trazione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]
$\sigma_{id}$	tensione ideale espressa in [kg/cmq]
$\tau_f$	tensione tangenziale in [kg/cmq]

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 1

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,45	23,15	-158,52	149,52	85,28
21	0,95	320,55	-455,13	350,31	81,58
31	1,45	599,48	-733,27	613,26	74,64
41	1,95	846,46	-979,47	853,60	63,58
51	2,45	1046,91	-1179,13	1050,26	48,42
61	2,95	1195,69	-1327,14	1197,24	35,11
71	3,45	1292,77	-1423,43	1293,18	18,74
81	3,95	1325,18	-1455,05	1325,18	1,31
91	4,45	1279,88	-1408,96	1280,61	25,03
101	4,95	1143,82	-1272,12	1147,42	52,43
111	5,45	903,96	-1031,48	915,46	83,50
121	5,90	609,80	-736,61	632,40	96,73
131	6,40	258,11	-384,14	308,96	98,04
141	6,90	-40,54	-84,70	163,04	91,18
151	7,40	265,64	-390,10	296,70	76,31
161	7,90	505,95	-629,62	514,34	53,43
171	8,40	651,95	-774,84	653,12	22,54
181	8,90	679,67	-801,77	679,88	9,87
191	9,40	614,25	-735,56	616,19	28,24
201	9,90	500,56	-621,09	504,56	36,64
211	10,40	369,54	-489,28	375,20	37,48
221	10,90	243,53	-362,49	250,41	33,64
231	11,40	135,32	-253,49	143,39	27,38
241	11,90	50,82	-168,21	61,74	20,24
251	12,40	-8,51	-108,10	24,33	13,16

261	12,90	-43,73	-72,09	45,21	6,62
271	13,40	-57,14	-57,89	57,16	0,81

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 2

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,45	24,00	-164,20	154,90	88,35
21	0,95	332,29	-471,71	363,20	84,64
31	1,45	622,11	-760,74	636,50	77,70
41	1,95	879,98	-1017,82	887,52	66,65
51	2,45	1091,31	-1228,37	1094,95	51,49
61	2,95	1250,99	-1387,26	1252,74	38,18
71	3,45	1358,92	-1494,41	1359,44	21,63
81	3,95	1399,87	-1534,57	1399,87	0,59
91	4,45	1359,43	-1493,35	1360,08	24,20
101	4,95	1224,35	-1357,49	1227,75	52,72
111	5,45	981,45	-1113,80	992,42	84,93
121	5,95	645,46	-777,03	668,27	99,94
131	6,45	282,02	-412,80	332,37	101,54
141	6,95	-56,28	-73,71	173,87	94,98
151	7,45	263,80	-393,01	298,29	80,39
161	7,95	519,01	-647,44	528,58	57,79
171	8,45	680,94	-808,58	682,57	27,19
181	8,95	723,04	-849,89	723,15	7,48
191	9,45	661,54	-787,61	663,37	28,45
201	9,95	543,80	-669,08	547,89	38,58
211	10,45	404,47	-528,97	410,41	40,16
221	10,95	268,58	-392,30	275,90	36,45
231	11,45	150,70	-273,63	159,37	29,92
241	11,95	57,92	-180,07	69,58	22,26
251	12,45	-7,51	-113,85	26,18	14,48
261	12,95	-46,14	-74,43	47,75	7,10
271	13,45	-59,78	-60,01	59,78	0,32

### Verifica sezioni - Combinazione nr. 3

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,45	22,74	-170,36	160,06	91,47
21	0,95	339,24	-486,07	370,61	86,17
31	1,45	631,87	-777,92	646,07	77,79
41	1,95	887,76	-1033,02	894,97	65,47
51	2,45	1092,91	-1237,39	1096,23	49,21
61	2,95	1242,80	-1386,50	1244,28	34,98

71	3,45	1337,99	-1480,90	1338,35	17,84
81	3,95	1366,11	-1508,23	1366,12	2,80
91	4,45	1314,70	-1456,04	1315,53	26,96
101	4,95	1171,30	-1311,86	1175,12	54,62
111	5,45	923,46	-1063,23	935,34	85,78
121	5,90	622,00	-761,06	645,21	99,01
131	6,40	262,20	-400,47	314,55	100,32
141	6,90	-48,76	-88,74	169,07	93,46
151	7,40	265,54	-402,24	298,40	78,59
161	7,90	513,96	-649,88	522,94	55,71
171	8,40	668,08	-803,21	669,46	24,83
181	8,90	702,43	-836,79	702,60	8,94
191	9,40	637,95	-771,51	639,88	28,66
201	9,90	521,34	-654,12	525,44	37,85
211	10,40	385,38	-517,37	391,26	39,03
221	10,90	253,79	-385,00	261,01	35,20
231	11,40	140,26	-270,69	148,85	28,77
241	11,90	51,25	-180,89	63,20	21,35
251	12,40	-11,49	-117,36	26,74	13,94
261	12,90	-48,92	-79,16	50,41	7,04
271	13,40	-63,24	-64,05	63,26	0,86

#### Verifica sezioni - Combinazione nr. 4

n°	Y	$\sigma$	$\sigma'_f$	$\sigma_{id}$	$\tau_f$
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,45	23,56	-178,41	167,56	95,78
21	0,95	354,83	-508,89	387,69	90,19
31	1,45	661,26	-814,54	676,18	81,55
41	1,95	930,07	-1082,56	937,72	68,99
51	2,45	1147,35	-1299,05	1150,95	52,53
61	2,95	1308,67	-1459,59	1310,34	38,11
71	3,45	1414,66	-1564,80	1415,12	20,64
81	3,95	1450,75	-1600,10	1450,75	1,12
91	4,45	1403,23	-1551,79	1403,97	26,45
101	4,95	1259,50	-1407,28	1263,13	55,31
111	5,45	1007,06	-1154,06	1018,45	87,68
121	5,95	661,31	-807,52	684,81	102,69
131	6,45	288,10	-433,53	340,05	104,30
141	6,95	-67,24	-77,40	182,13	97,73
151	7,45	262,61	-406,47	299,50	83,14
161	7,95	527,60	-670,67	537,92	60,54
171	8,45	699,29	-841,58	701,21	29,94
181	8,95	750,23	-891,73	750,30	5,99
191	9,45	690,89	-831,60	692,68	28,77
201	9,95	570,09	-710,03	574,29	39,99
211	10,45	424,87	-564,02	431,07	42,05

221	10,95	282,07	-420,44	289,81	38,41
231	11,45	157,48	-295,06	166,77	31,69
241	11,95	58,93	-195,72	71,80	23,69
251	12,45	-10,92	-125,08	28,95	15,48
261	12,95	-52,37	-82,85	54,01	7,63
271	13,45	-67,10	-67,34	67,10	0,35

Diagramma dello sfruttamento strutturale

