



**PROVINCIA DI FERMO**  
*SETTORE VIABILITA' - INFRASTRUTTURE - URBANISTICA*

---

**COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO**

---

**LAVORI DI AMMODERNAMENTO ED AMPLIAMENTO  
DELLA S.P. 238 VALDASO (EX S.S. 433) - SECONDO  
STRALCIO DAL BIVIO CON LA S.P. 183 FAVETO AL  
BIVIO CON LA STRADA VICINALE CANUTICA**

---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

**Ufficio Tecnico Servizio Viabilità**  
**PROGETTISTI:**

ing. Giuseppe Laureti

ing. Stefano Massetani

---

**Consulenze Esterne**

**Assistenza alla progettazione**

ing. Donato Pescatore

**Assistenza alla progettazione strutturale**

ing. Omero Bassotti

**Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione**

ing. Maurizio Ciarrocchi

---

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:** ing. Ivano Pignoloni

---

**RELAZIONE DI CALCOLO**  
**GALLERIA ARTIFICIALE MONTEFALCONE**

**D.7**

---

*maggio 2011*



## 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.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

# 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 controspinta 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 controspinta 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, controspinta, 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 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 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

## 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 rigidità,  $u$  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 rigidità 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  $i_{\text{esima}}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{\text{esima}}$  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.

## Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	6,00	[m]
Profondità di infissione	10,00	[m]
Altezza totale della paratia	16,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,00	[m]
Diametro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	10	
Numero di pali per metro lineare	1.00	

## 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	100,00	100,00	--	--
2	1,00	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	7,00	3,50	26,57
3	14,00	7,00	26,57

4	28,00	14,00	26,57
5	35,00	14,00	0,00

**Profilo di valle**

<b>N</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>A</b>
1	-30,00	-6,00	0,00
2	-10,00	-6,00	0,00
3	0,00	-6,00	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 [kN/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

<b>n°</b>	<b>Descrizione</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\gamma_s</math></b>	<b><math>\phi</math></b>	<b><math>\delta</math></b>	<b>c</b>
2	limo sabbioso con detriti di arenaria	17,6523	17,6523	22,00	15,00	0,0010
3	limo sabbioso	20,0000	20,0000	25,00	17,00	0,0010
4	ghiaie	18,6329	18,6329	32,00	21,00	0,0010

## 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

<b>n°</b>	<b>sp</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>kw</b>	<b>Terreno</b>
1	10,00	5,00	1,08	limo sabbioso con detriti di arenaria
2	11,00	5,00	4,04	limo sabbioso
3	8,00	0,00	9,47	ghiaie

## Caratteristiche materiali utilizzati

**Calcestruzzo**

Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	Rck 250	
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	29,4	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	9,6	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	0,59	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	1,79	[N/mm <sup>2</sup> ]

**Acciaio**

Tipo	FeB44K	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	255,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione di snervamento $f_{yk}$	431,5	[N/mm <sup>2</sup> ]

**Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.**

Tipo	FeB44K	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	255,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione di snervamento $f_{yk}$	431,5	[N/mm <sup>2</sup> ]

**Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.**

Tipo	FeB44K	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	255,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione di snervamento $f_{yk}$	431,5	[N/mm <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 [kN], positiva da monte verso valle

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

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

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

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

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

**Condizione n° 1**

Carico concentrato sulla paratia  $Y=0,00$   $F_x=0,00$   $F_y=165,00$   $M=0,00$

**Condizione n° 2**

Carico concentrato sulla paratia  $Y=0,00$   $F_x=0,00$   $F_y=360,00$   $M=0,00$

**Condizione n° 3**

Carico concentrato sulla paratia  $Y=0,00$   $F_x=0,00$   $F_y=120,00$   $M=0,00$

## Vincoli lungo l'altezza della paratia

*Simbologia adottata*

$n^{\circ}$	numero d'ordine del vincolo
$Y$	ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
$V_x$	Vincolo in direzione orizzontale
$K_x$	Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espresso in [Kg/cm]
$V_r$	Vincolo alla rotazione
$K_r$	Rigidezza vincolo alla rotazione espresso in [Kgm/°]

$n^{\circ}$	$Y$	$V_x$	$K_x$	$V_r$	$K_r$
1	1,00	V. ELASTICO	5300,00	V. RIGIDO	--
2	6,00	V. ELASTICO	10600,00	LIBERO	--

## Combinazioni di carico

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

### Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali)	x 1.00

### Combinazione n° 2 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti)	x 1.00

### Combinazione n° 3 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali)	x 1.00

### Combinazione n° 4 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti)	x 1.00

### Combinazione n° 5 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V+)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V+)	x 1.00

### Combinazione n° 6 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V-)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V-)	x 1.00

### Combinazione n° 7 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V-)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V-)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V-)	x 0.50

### Combinazione n° 8 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V+)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V+)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V+)	x 0.50

### Combinazione n° 9 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V-)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V-)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V-)	x 0.50

Combinazione n° 10 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V+)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V+)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V+)	x 0.50

Combinazione n° 11 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V+)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V+)	x 1.00

Combinazione n° 12 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V-)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V-)	x 1.00

Combinazione n° 13

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali)	x 0.20

Combinazione n° 14

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali)	x 0.50

Combinazione n° 15

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali)	x 1.00

Combinazione n° 16

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V+)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V+)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V+)	x 0.20

Combinazione n° 17

Spinta terreno	
Condizione 1 (peso proprio / sisma V-)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V-)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V-)	x 0.20

Combinazione n° 18

Spinta terreno

Condizione 1 (peso proprio / sisma V+)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V+)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V+)	x 0.50

Combinazione n° 19

Spinta terreno

Condizione 1 (peso proprio / sisma V-)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V-)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V-)	x 0.50

Combinazione n° 20

Spinta terreno

Condizione 1 (peso proprio / sisma V+)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V+)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V+)	x 1.00

Combinazione n° 21

Spinta terreno

Condizione 1 (peso proprio / sisma V-)	x 1.00
Condizione 2 (permanenti / sisma V-)	x 1.00
Condizione 3 (accidentali / sisma V-)	x 1.00

## Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

**Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

## Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

## Impostazioni di analisi

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

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

## Impostazioni analisi sismica

<b>Combinazioni/Fase</b>	<b>SLU</b>	<b>SLE</b>
Accelerazione al suolo [m/s <sup>2</sup> ]	0.178	0.178
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.464	2.464
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.344	0.344
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.200	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.500	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	0.825	0.825
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.040	0.040
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.510	0.510
Coefficiente di intensità sismica (percento)	1.374	1.374
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale ( $k_v$ )	0.50	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

## Definizione fasi di scavo

Il progetto della GA prevede un approccio sistemico per fasi operative che non mandano in sollecitazione le paratie prima che le stesse vengano rese solidali ad una struttura orizzontale che ne contiene la deformabilità e lo stato tensionale scaricando sull'orizzontamento le compressioni derivanti dalla spinta dei terreni a tergo.

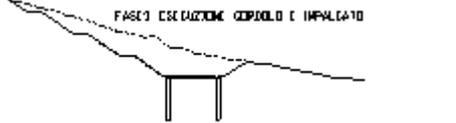
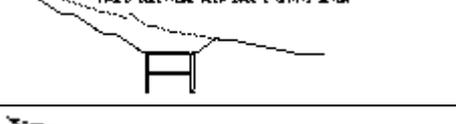
L'impalcato verrà realizzato con elementi in cap di sezione ad U con sovrastante getto di completamento in c.a. in opera previa disposizione di armatura integrativa B450C. La geometria della sezione permetterà la formazione dell'impalcato senza opere di puntellamento intermedie con intradosso piano.

Le dimensioni delle travi sono pari a cm 60x75 in cls C45/55 prefabbricato e precompresso.

La scelta di usare la sezione in progetto risponde alla opportunità di ricercare una soluzione reperibile nel contesto di riferimento, di facile concezione e che risponde ai criteri di semplicità ed economicità.

La struttura sarà successivamente impermeabilizzata con materiali idonei limitando al massimo lo spessore per la formazione delle pendenze. Lo spessore massimo del ricoprimento di terreno sarà pari a 2 m.

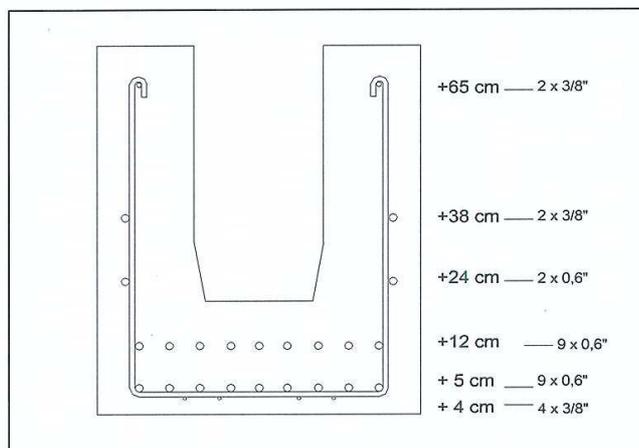
Si riporta nel seguito lo schema delle fasi operative con la descrizione delle stesse.

 <p>FASE1: PROFILATURA TERRENO</p>	<p>FASE1: profilatura del terreno sino alla quota della futura testa dei pali (sia a monte che a valle) lasciando il terreno degradante con banche ogni 4 m di dislivello verticale</p>
 <p>FASE2: ESECUZIONE PALLE DI PALI TRIVELLATI</p>	<p>FASE2: formazione di pali trivellati sia a monte che a valle.</p>
 <p>FASE3: ESECUZIONE CORDOLI E IMPALCATO</p>	<p>FASE3: formazione dei cordoli di sommità e dell'impalcato con travi in cap e sovrastante getto in cls previa disposizione di armatura di collegamento.</p>
 <p>FASE4: SCAVO IN GALLERIA</p>	<p>FASE4: scavo all'interno della GA sino alla quota di imposta del solettone in c.a.</p>
 <p>FASE5: SOLETTONE ALLA BASE E SPRITZ-BETON</p>	<p>FASE5: formazione di solettone in c.a. alla base gettata con armature di collegamento con i pali, formazione di spritz-beton..</p>
 <p>FASE6: OPERE DI RIFINITURA E RICOPRIMENTO</p>	<p>FASE6: opere di rifinitura e ricoprimento</p>

## ALLEGATO 1

## Caratteristiche Trave

(Calcestruzzo C45/55)



Peso trave	$q_{\text{pann}} \text{ (kN/m}^2\text{)} =$	8,160
Larghezza tot. nervature	$b_w \text{ (mm)} =$ circa	360
Larghezza vuoto centrale	$bg \text{ (mm)} =$ circa	240

## CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TRAVI

Area calcestruzzo	$A_c \text{ (mm}^2\text{)} =$	327600
Baricentro $A_c$	$G_c \text{ (mm)} =$	330,42
Area acciaio	$A_a \text{ (mm}^2\text{)} =$	3196
Baricentro $A_a$	$G_a \text{ (mm)} =$	125,50
Area ideale ( $m=4,5$ )	$A_{id} \text{ (mm}^2\text{)} =$	345.512
Baricentro $A_{id}$	$G_{id} \text{ (mm)} =$	319,797
Momento d'inerzia	$J_p \text{ (mm}^4\text{)} =$	1,601E+10
Modulo res. sup.	$W_{ps} \text{ (mm}^3\text{)} =$	3,721E+07
Modulo res. inf.	$W_{pi} \text{ (mm}^3\text{)} =$	5,006E+07

## SOLLECITAZIONI DI PRECOMPRESSIONE NELLA TRAVE

**Nell'acciaio**

tensione iniziale	$F_{ai} \text{ (N/mm}^2\text{)} =$	1.270
tensione finale	$F_{af} \text{ (N/mm}^2\text{)} =$	934

**Nel calcestruzzo al rilascio dei cavi**

sollecitazione superiore	$F_{csi} \text{ (N/mm}^2\text{)} =$	-9,45
sollecitazione inferiore	$F_{cii} \text{ (N/mm}^2\text{)} =$	27,50

**Nel calcestruzzo a perdite avvenute**

sollecitazione superiore	$F_{cs} \text{ (N/mm}^2\text{)} =$	-6,94
sollecitazione inferiore	$F_{ci} \text{ (N/mm}^2\text{)} =$	20,22

## TAGLIO E MOMENTI FLETTENTI MASSIMI AMMISSIBILI

$M_{\text{rottura trave}} \text{ (kNm)} =$	1.282,398
$M_{\text{fessurazione trave}} \text{ (kNm)} =$	1.164,033
Taglio rottura trave (kN) =	343,589

## ALLEGATO 2

**Trave gettata****Verifica della trave durante la fase del getto**

Altezza trave (mm) =	750	
getto integrativo (mm) =	350	(Calcestruzzo getto C30/37)
Altezza impalcato (mm) =	1.100	
Peso proprio trave (kN/m) =	16,368	
Peso solaio (kN/m) =	0,000	
Luce di calcolo (mm) =	<b>12.600</b>	
$M_1$ (kNm) = peso impalcato $\times$ Luce di calcolo <sup>2</sup> $\times$ 1,05:8 =		449,506
$M_1$ è inferiore a $M_{rottura\ trave}$ e a $M_{fessurazione\ trave}$		
T1 (kN) = peso impalcato $\times$ Luce di calcolo $\times$ 1,05:2 =		138,310
T1 è inferiore a Taglio $rottura\ trave$		

**Sollecitazioni nel calcestruzzo della trave**

$F_{cs\ 1}$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	2,06
$F_{ci\ 1}$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	13,521

**Verifica della trave in esercizio**

## CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA TRAVE GETTATA

coefficiente omogeneizzazione dal calcestruzzo in opera al calcestruzzo della trave =

Area ideale totale	$A_{ID}$ (mm <sup>2</sup> ) =	643.019
Baricentro $A_{id\ totale}$	$G_{ID}$ (mm) =	526,43
Momento d'inerzia tot.	$J_{ID}$ (mm <sup>4</sup> ) =	5,179E+10
Modulo $res.\ sup.\ getto$	$W_{ID\ sol}$ (mm <sup>3</sup> ) =	9,030E+07
Modulo $res.\ sup.\ trave$	$W_{ID\ sup}$ (mm <sup>3</sup> ) =	2,317E+08
Modulo $res.\ inf.\ Trave$	$W_{ID\ inf}$ (mm <sup>3</sup> ) =	9,838E+07

**Sovraccarico permanente Q1 (kN/m) = 62,00****Sovraccarico variabile Q1 (kN/m) = 3,10**

momento resistente a decompressione 1.675,999

momento a fessurazione sollecitante 1.649,418

coefficiente di sicurezza = 1,02

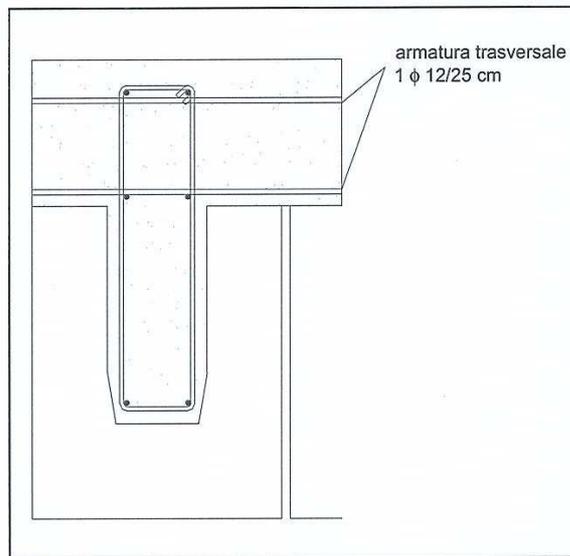
**Verifica della trave a rottura**

## TAGLIO E MOMENTO FLETTENTE MASSIMI

$M_{rottura\ trave}$ (kNm) =	3.467,419
$M_2$ (kNm) =	2.512,362
$M_2$ è inferiore a $M_{rottura\ trave}$ con coefficiente di sicurezza =	1,38
TAGLIO SOLLECITANTE V2 (kN) =	773,035
contributo al taglio delle staffe 1 $\phi$ 10 passo 75 mm	$V_{rds}$ (kN) = 1.048,228
taglio resistente $V_{Rd}$ (kN) =	1.048,228
T è inferiore a $V_{Rd\ rottura\ trave}$ con coefficiente di sicurezza =	1,36
$A_{aggiuntiva}$ (mm <sup>2</sup> )/trave = armatura minima agli appoggi	
Per taglio inferiormente =	3422
Per momento negativo superiormente =	0,00

## ALLEGATO 3

## Trave gettata

**Verifica ( teorica) delle frecce**

Effetto della precompressione  
 $m$  (cm) = -20,140

Effetto peso proprio  
 $f_1$  (cm) = 4,922

Effetto getto di completamento  
 $f_2$  (cm) = 4,951

Effetto sovraccarico  
 $f_3$  (cm) = 11,395

$f$  totale (cm) = 1,128

**Verifica azione tagliante all'interfaccia dei calcestruzzi**

calcolato secondo Eurocodice

tensione tangenziale  $v_{ED} = V/(zxb_i) = (N/mm^2)$  0,469

$v_{RD} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n = (N/mm^2)$  0,511  
 $c =$  per superfici da cassero scorrevole = 0,35  
 $f_{ctd} = (N/mm^2)$  1,27  
 $\sigma_n = (N/mm^2)$  0,113  
 $\mu = 0,6$

lo scorrimento è verificato con coefficiente di sicurezza = 1,09

## 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 120 elementi fuori terra e 200 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	6,00	[m]
Profondità di infissione	10,00	[m]
Altezza totale della paratia	16,00	[m]

### Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

#### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kN]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc	Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y <sub>Pa</sub>	Is	Y <sub>Is</sub>	Pw	Y <sub>Pw</sub>	Pp	Y <sub>Pp</sub>	Pc	Y <sub>Pc</sub>
1	[A1-M1]	635,72	4,72	--	--	--	--	-340,41	11,42	154,22	15,17
2	[A1-M1]	635,72	4,72	--	--	--	--	-120,94	10,84	42,66	15,02
3	[A2-M2]	775,78	5,01	--	--	--	--	-140,04	12,09	46,32	15,39
4	[A2-M2]	775,78	5,01	--	--	--	--	-86,20	11,82	16,36	15,42
5	[A1-M1] S	621,67	4,62	48,13	4,00	--	--	-15,21	13,32	25,07	7,35
6	[A1-M1] S	608,68	4,61	37,54	4,00	--	--	-13,60	13,38	23,39	7,37
7	[A1-M1] S	591,44	4,63	37,54	4,00	--	--	-12,99	13,19	19,38	7,29
8	[A1-M1] S	570,35	4,70	48,13	4,00	--	--	-14,10	12,64	13,89	7,12
9	[A2-M2] S	774,03	5,14	38,59	4,00	--	--	-131,78	12,07	39,73	15,40
10	[A2-M2] S	773,69	5,20	53,78	4,00	--	--	-96,32	11,91	18,40	15,44
11	[A2-M2] S	775,07	5,19	53,78	4,00	--	--	-82,67	11,87	11,78	15,48
12	[A2-M2] S	782,84	5,10	38,59	4,00	--	--	-70,76	11,84	8,27	15,51
13	[SLEQ]	679,01	4,48	--	--	--	--	-15,41	14,43	59,10	8,11
14	[SLEF]	653,59	4,50	--	--	--	--	-13,69	14,40	51,37	8,09
15	[SLER]	631,34	4,53	--	--	--	--	-12,21	14,37	44,60	8,06
16	[SLEQ] S	584,73	4,73	48,13	4,00	--	--	-11,98	13,54	23,03	7,47
17	[SLEQ] S	576,46	4,71	37,54	4,00	--	--	-10,74	13,65	22,32	7,53
18	[SLEF] S	557,33	4,77	48,13	4,00	--	--	-11,07	13,17	16,07	7,30
19	[SLEF] S	552,42	4,75	37,54	4,00	--	--	-9,78	13,34	16,07	7,37
20	[SLER] S	536,23	4,81	48,13	4,00	--	--	-10,89	12,73	11,25	7,16
21	[SLER] S	533,90	4,78	37,54	4,00	--	--	-9,39	12,96	11,61	7,23

*Simbologia adottata*

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y <sub>Rc</sub>	Rt	Y <sub>Rt</sub>	Rv	Y <sub>Rv</sub>	Rp	Y <sub>Rp</sub>
1	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	-449,52	3,97	--	--
2	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	-557,27	3,98	--	--
3	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	-681,74	4,02	--	--
4	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	-705,62	4,06	--	--
5	[A1-M1] S	0,00	0,00	--	--	-679,65	4,08	--	--
6	[A1-M1] S	0,00	0,00	--	--	-656,02	4,10	--	--
7	[A1-M1] S	0,00	0,00	--	--	-635,38	4,12	--	--
8	[A1-M1] S	0,00	0,00	--	--	-618,27	4,13	--	--
9	[A2-M2] S	0,00	0,00	--	--	-720,23	4,15	--	--
10	[A2-M2] S	0,00	0,00	--	--	-749,17	4,17	--	--
11	[A2-M2] S	0,00	0,00	--	--	-757,63	4,20	--	--
12	[A2-M2] S	0,00	0,00	--	--	-758,67	4,22	--	--
13	[SLEQ]	0,00	0,00	--	--	-722,70	4,24	--	--
14	[SLEF]	0,00	0,00	--	--	-691,26	4,26	--	--
15	[SLER]	0,00	0,00	--	--	-663,73	4,27	--	--
16	[SLEQ] S	0,00	0,00	--	--	-643,91	4,29	--	--
17	[SLEQ] S	0,00	0,00	--	--	-625,59	4,30	--	--
18	[SLEF] S	0,00	0,00	--	--	-610,46	4,32	--	--
19	[SLEF] S	0,00	0,00	--	--	-596,25	4,33	--	--
20	[SLER] S	0,00	0,00	--	--	-584,72	4,34	--	--
21	[SLER] S	0,00	0,00	--	--	-573,65	4,35	--	--

*Simbologia adottata*

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P <sub>NUL</sub>	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P <sub>INV</sub>	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C <sub>ROT</sub>	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R <sub>MAX</sub>	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp	Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub>	P <sub>INV</sub>	C <sub>ROT</sub>	MP	R/R <sub>MAX</sub>	Pp
1	[A1-M1]	9,19	11,65	13,58	56.22	10,47	1264,26
2	[A1-M1]	9,19	10,10	13,21	39.30	3,16	1264,26
3	[A2-M2]	10,02	12,20	14,18	62.19	8,86	771,85
4	[A2-M2]	10,02	11,35	14,28	53.23	5,07	771,85
5	[A1-M1] S	9,42	12,85	10,52	0.00	1,01	1264,26

---

6	[A1-M1] S	9,41	12,90	10,58	0.00	0,92	1264,26
7	[A1-M1] S	9,41	12,65	10,37	0.00	0,84	1264,26
8	[A1-M1] S	9,42	12,00	9,77	0.00	0,83	1264,26
9	[A2-M2] S	10,20	12,10	14,20	60.70	8,32	771,85
10	[A2-M2] S	10,22	11,50	14,33	54.73	5,79	771,85
11	[A2-M2] S	10,22	11,25	14,46	52.24	5,09	771,85
12	[A2-M2] S	10,20	11,05	14,54	50.25	4,35	771,85
13	[SLEQ]	9,16	6,00	12,01	0.00	1,41	1264,26
14	[SLEF]	9,16	6,00	11,96	0.00	1,24	1264,26
15	[SLER]	9,16	6,00	11,91	0.00	1,09	1264,26
16	[SLEQ] S	9,42	13,15	10,78	0.00	0,84	1264,26
17	[SLEQ] S	9,41	13,35	10,91	0.00	0,77	1264,26
18	[SLEF] S	9,42	12,65	10,36	0.00	0,70	1264,26
19	[SLEF] S	9,41	12,85	10,54	0.00	0,65	1264,26
20	[SLER] S	9,42	12,10	9,87	0.00	0,64	1264,26
21	[SLER] S	9,41	12,40	10,13	0.00	0,58	1264,26

## Risultati vincoli

### Simbologia adottata

n°	Indice del vincolo			
Y	posizione del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]			
R <sub>x</sub> /ml	reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kN]			
R <sub>θ</sub> /ml	reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kNm]			
u	spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]			

### Combinazione n° 1

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-182,6120	-333,9027	-3,51
2	6,00	-266,9122	--	2,57

### Combinazione n° 2

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-225,1026	108,7806	-0,82
2	6,00	-332,1682	--	0,63

### Combinazione n° 3

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-269,5411	161,3758	-0,85
2	6,00	-412,2025	--	0,77

### Combinazione n° 4

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-274,3340	256,1419	-0,09
2	6,00	-431,2830	--	0,18

### Combinazione n° 5

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-261,4159	272,9979	0,25
2	6,00	-418,2325	--	-0,13

### Combinazione n° 6

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-249,7413	257,0097	0,22
2	6,00	-406,2819	--	-0,11

### Combinazione n° 7

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
----	---	----------------	----------------	---

1	1,00	-239,4489	244,5427	0,20
2	6,00	-395,9279	--	-0,10

**Combinazione n° 8**

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-230,6514	235,6099	0,17
2	6,00	-387,6191	--	-0,08

**Combinazione n° 9**

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-266,7409	164,9386	-0,69
2	6,00	-453,4850	--	0,63

**Combinazione n° 10**

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-273,7151	242,9328	-0,13
2	6,00	-475,4554	--	0,21

**Combinazione n° 11**

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-272,8674	253,5756	0,02
2	6,00	-484,7633	--	0,09

**Combinazione n° 12**

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-270,0312	235,8602	0,05
2	6,00	-488,6388	--	0,04

**Combinazione n° 13**

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-254,6232	236,5732	0,30
2	6,00	-468,0817	--	-0,20

**Combinazione n° 14**

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-241,2038	221,1092	0,26
2	6,00	-450,0525	--	-0,17

**Combinazione n° 15**

n°	Y	R <sub>x</sub>	R <sub>θ</sub>	u
1	1,00	-229,5014	208,1259	0,23
2	6,00	-434,2246	--	-0,15

**Combinazione n° 16**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>R<sub>x</sub></b>	<b>R<sub>θ</sub></b>	<b>u</b>
1	1,00	-220,5993	206,0227	0,17
2	6,00	-423,3085	--	-0,11

**Combinazione n° 17**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>R<sub>x</sub></b>	<b>R<sub>θ</sub></b>	<b>u</b>
1	1,00	-212,4970	195,6061	0,16
2	6,00	-413,0931	--	-0,10

**Combinazione n° 18**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>R<sub>x</sub></b>	<b>R<sub>θ</sub></b>	<b>u</b>
1	1,00	-205,6751	190,1167	0,13
2	6,00	-404,7891	--	-0,08

**Combinazione n° 19**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>R<sub>x</sub></b>	<b>R<sub>θ</sub></b>	<b>u</b>
1	1,00	-199,3923	181,7784	0,12
2	6,00	-396,8608	--	-0,08

**Combinazione n° 20**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>R<sub>x</sub></b>	<b>R<sub>θ</sub></b>	<b>u</b>
1	1,00	-194,1596	178,1612	0,10
2	6,00	-390,5583	--	-0,06

**Combinazione n° 21**

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>R<sub>x</sub></b>	<b>R<sub>θ</sub></b>	<b>u</b>
1	1,00	-189,2700	171,3279	0,09
2	6,00	-384,3845	--	-0,06

## Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	
1	[A1-M1]	459,99	11,55	262,86	6,00	1059,68	16,00	MAX
--	--	-542,48	3,45	-159,05	1,00	0,00	0,00	MIN
2	[A1-M1]	140,77	11,05	220,27	6,00	722,18	16,00	MAX
--	--	-214,69	3,95	-201,56	1,00	0,00	0,00	MIN
3	[A2-M2]	184,29	1,00	216,98	6,00	878,18	16,00	MAX
--	--	-171,25	3,95	-221,35	1,00	0,00	0,00	MIN
4	[A2-M2]	279,05	1,00	212,15	6,00	722,18	16,00	MAX
--	--	-129,02	8,45	-226,15	1,00	0,00	0,00	MIN
5	[A1-M1] S	285,96	1,00	214,17	6,00	722,18	16,00	MAX
--	--	-65,38	8,65	-226,40	1,00	0,00	0,00	MIN
6	[A1-M1] S	269,20	1,00	210,09	6,00	722,18	16,00	MAX
--	--	-65,93	3,90	-216,76	1,00	0,00	0,00	MIN
7	[A1-M1] S	255,84	1,00	206,52	6,00	782,18	16,00	MAX
--	--	-67,26	3,90	-208,71	1,00	0,00	0,00	MIN
8	[A1-M1] S	245,89	1,00	203,62	6,00	782,18	16,00	MAX
--	--	-69,18	3,90	-202,32	1,00	0,00	0,00	MIN
9	[A2-M2] S	187,97	1,00	232,82	6,00	782,18	16,00	MAX
--	--	-152,28	3,85	-220,67	6,00	0,00	0,00	MIN
10	[A2-M2] S	266,01	1,00	230,95	6,00	782,18	16,00	MAX
--	--	-144,70	8,55	-244,51	6,00	0,00	0,00	MIN
11	[A2-M2] S	276,69	1,00	233,24	6,00	722,18	16,00	MAX
--	--	-141,32	8,65	-251,52	6,00	0,00	0,00	MIN
12	[A2-M2] S	258,95	1,00	238,42	6,00	722,18	16,00	MAX
--	--	-127,72	8,75	-250,22	6,00	0,00	0,00	MIN
13	[SLEQ]	250,64	1,00	237,57	6,00	746,18	16,00	MAX
--	--	-62,51	9,25	-230,00	6,00	0,00	0,00	MIN
14	[SLEF]	234,19	1,00	230,89	6,00	782,18	16,00	MAX
--	--	-61,68	3,70	-218,70	6,00	0,00	0,00	MIN
15	[SLER]	220,22	1,00	225,00	6,00	842,18	16,00	MAX
--	--	-63,46	3,70	-208,82	6,00	0,00	0,00	MIN
16	[SLEQ] S	216,39	1,00	220,69	6,00	746,18	16,00	MAX
--	--	-67,85	3,75	-202,34	6,00	0,00	0,00	MIN
17	[SLEQ] S	205,31	1,00	217,00	6,00	746,18	16,00	MAX
--	--	-68,35	3,75	-195,83	6,00	0,00	0,00	MIN
18	[SLEF] S	198,84	1,00	213,89	6,00	782,18	16,00	MAX
--	--	-70,03	3,75	-190,68	6,00	0,00	0,00	MIN
19	[SLEF] S	189,99	1,00	211,04	6,00	782,18	16,00	MAX
--	--	-70,26	3,75	-185,62	6,00	0,00	0,00	MIN

---

20	[SLER] S	185,51	1,00	208,66	6,00	842,18	16,00	MAX
--	--	-71,70	3,75	-181,74	6,00	0,00	0,00	MIN
21	[SLER] S	178,31	1,00	206,45	6,00	842,18	16,00	MAX
--	--	-71,72	3,75	-177,78	6,00	0,00	0,00	MIN

## Spostamenti massimi e minimi della paratia

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y <sub>U</sub>	V	Y <sub>V</sub>	
1	[A1-M1]	3,5136	0,00	0,1001	0,00	MAX
--	--	-0,3079	16,00	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1]	0,8223	2,30	0,0649	0,00	MAX
--	--	-0,0714	16,00	0,0000	0,00	MIN
3	[A2-M2]	0,8735	3,05	0,0812	0,00	MAX
--	--	-0,1267	16,00	0,0000	0,00	MIN
4	[A2-M2]	0,2051	7,90	0,0649	0,00	MAX
--	--	-0,0475	16,00	0,0000	0,00	MIN
5	[A1-M1] S	0,0093	12,85	0,0649	0,00	MAX
--	--	-0,2485	1,00	0,0000	0,00	MIN
6	[A1-M1] S	0,0084	12,90	0,0649	0,00	MAX
--	--	-0,2246	1,00	0,0000	0,00	MIN
7	[A1-M1] S	0,0079	12,65	0,0712	0,00	MAX
--	--	-0,1980	1,00	0,0000	0,00	MIN
8	[A1-M1] S	0,0086	12,00	0,0712	0,00	MAX
--	--	-0,1693	1,00	0,0000	0,00	MIN
9	[A2-M2] S	0,7152	3,20	0,0712	0,00	MAX
--	--	-0,1101	16,00	0,0000	0,00	MIN
10	[A2-M2] S	0,2353	8,00	0,0712	0,00	MAX
--	--	-0,0549	16,00	0,0000	0,00	MIN
11	[A2-M2] S	0,1519	8,80	0,0649	0,00	MAX
--	--	-0,0383	16,00	0,0000	0,00	MIN
12	[A2-M2] S	0,1104	9,10	0,0649	0,00	MAX
--	--	-0,0546	1,00	0,0000	0,00	MIN
13	[SLEQ]	0,0142	16,00	0,0674	0,00	MAX
--	--	-0,2964	1,00	0,0000	0,00	MIN
14	[SLEF]	0,0123	16,00	0,0712	0,00	MAX
--	--	-0,2582	1,00	0,0000	0,00	MIN
15	[SLER]	0,0107	16,00	0,0774	0,00	MAX
--	--	-0,2251	1,00	0,0000	0,00	MIN
16	[SLEQ] S	0,0074	13,15	0,0674	0,00	MAX
--	--	-0,1713	1,00	0,0000	0,00	MIN
17	[SLEQ] S	0,0067	13,35	0,0674	0,00	MAX
--	--	-0,1559	1,00	0,0000	0,00	MIN
18	[SLEF] S	0,0068	12,65	0,0712	0,00	MAX
--	--	-0,1313	1,00	0,0000	0,00	MIN
19	[SLEF] S	0,0060	12,85	0,0712	0,00	MAX
--	--	-0,1209	1,00	0,0000	0,00	MIN

---

20	[SLER] S	0,0067	12,10	0,0774	0,00	MAX
--	--	-0,1007	1,00	0,0000	0,00	MIN
21	[SLER] S	0,0057	12,40	0,0774	0,00	MAX
--	--	-0,0941	1,00	0,0000	0,00	MIN

## Stabilità globale

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 100

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X <sub>C</sub> ; Y <sub>C</sub> )	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X <sub>V</sub> ; Y <sub>V</sub> )	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X <sub>M</sub> ; Y <sub>M</sub> )	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X <sub>C</sub> , Y <sub>C</sub> )	R	(X <sub>V</sub> , Y <sub>V</sub> )	(X <sub>M</sub> , Y <sub>M</sub> )	FS
3	[A2-M2]	(0,00; 14,40)	30,40	(-22,55; -5,99)	(30,40; 14,00)	1,11
4	[A2-M2]	(0,00; 14,40)	30,40	(-22,55; -5,99)	(30,40; 14,00)	1,11
9	[A2-M2] S	(0,00; 14,40)	30,40	(-22,55; -5,99)	(30,40; 14,00)	1,08
10	[A2-M2] S	(0,00; 14,40)	30,40	(-22,55; -5,99)	(30,40; 14,00)	1,08
11	[A2-M2] S	(0,00; 14,40)	30,40	(-22,55; -5,99)	(30,40; 14,00)	1,08
12	[A2-M2] S	(0,00; 14,40)	30,40	(-22,55; -5,99)	(30,40; 14,00)	1,08

### Combinazione n° 9

Numero di strisce 50

### 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 [kN]

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

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]

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

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	10,4591	-46,42	-772,53	1,56	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
2	30,8266	-43,55	-2165,79	1,48	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
3	49,2915	-40,82	-3285,40	1,42	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
4	66,0878	-38,19	-4166,73	1,37	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)

5	81,3962	-35,66	-4838,57	1,32	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
6	95,3590	-33,20	-5324,96	1,28	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
7	108,9494	-30,82	-5691,29	1,25	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
8	122,3202	-28,49	-5949,02	1,22	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
9	134,4898	-26,21	-6056,33	1,20	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
10	145,5292	-23,97	-6029,14	1,18	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
11	155,4990	-21,77	-5881,95	1,16	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
12	164,4501	-19,61	-5628,08	1,14	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
13	172,4254	-17,48	-5279,84	1,13	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
14	179,4608	-15,36	-4848,75	1,11	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
15	185,5867	-13,28	-4345,68	1,10	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
16	190,8281	-11,20	-3780,96	1,09	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
17	195,2057	-9,15	-3164,47	1,09	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
18	198,7360	-7,10	-2505,76	1,08	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
19	201,4321	-5,07	-1814,11	1,08	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
20	203,3032	-3,04	-1098,57	1,08	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
21	204,3556	-1,01	-368,09	1,07	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
22	315,6102	0,99	554,96	1,05	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
23	324,7760	2,97	1713,22	1,05	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
24	333,1803	4,95	2929,27	1,05	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
25	340,8177	6,93	4194,98	1,06	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
26	347,6798	8,93	5502,15	1,06	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
27	353,7551	10,93	6842,37	1,07	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
28	359,0290	12,95	8207,02	1,08	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
29	363,4833	14,99	9587,15	1,09	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
30	367,0959	17,05	10973,46	1,10	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
31	369,8404	19,13	12356,19	1,11	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
32	371,6851	21,23	13725,02	1,12	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
33	372,5927	23,37	15068,96	1,14	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
34	372,5191	25,54	16376,17	1,16	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
35	371,4119	27,75	17633,82	1,18	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
36	369,2090	30,01	18827,85	1,21	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
37	365,8363	32,32	19942,67	1,24	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
38	361,2044	34,69	20960,75	1,27	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
39	355,2046	37,13	21862,14	1,31	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
40	347,7034	39,65	22623,72	1,36	20,46	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
41	338,9688	42,27	23248,06	1,42	19,18	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
42	330,0169	45,00	23795,43	1,48	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
43	319,2943	47,87	24146,13	1,56	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
44	306,3319	50,91	24244,41	1,66	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
45	290,6622	54,16	24028,09	1,79	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
46	271,5886	57,70	23408,75	1,96	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
47	247,9855	61,63	22249,84	2,21	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
48	217,3775	66,15	20273,57	2,59	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
49	168,4663	71,75	16314,72	3,35	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)
50	69,5240	82,06	7021,37	7,59	17,91	0,0008	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 12218,8416$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 3487,4592$  [kN]

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 3810,1804 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 58,1850 \text{ [kN]}$$

## Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	80,00	[cm]
Area della sezione trasversale	5026,55	[cmq]
Copriferro	5,00	[cm]

L'armatura del palo è costituita da 20 $\phi$ 24( $A_f=90,48$  cmq) longitudinali e staffe  $\phi$ 10/15,0 cm.

## Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	3,45	-542,48	905,02	-1143,40	1907,54	2.11
2	[A1-M1]	3,95	-214,69	573,68	-1162,31	3105,82	5.41
3	[A2-M2]	0,00	0,00	681,00	0,00	-3394,88	4.99
4	[A2-M2]	1,00	279,05	537,32	1161,86	2237,18	4.16
5	[A1-M1] S	1,00	285,96	537,32	1158,48	2176,84	4.05
6	[A1-M1] S	1,00	269,20	537,32	1165,43	2326,17	4.33
7	[A1-M1] S	1,00	255,84	597,32	1168,94	2729,17	4.57
8	[A1-M1] S	1,00	245,89	597,32	1169,92	2841,98	4.76
9	[A2-M2] S	0,00	0,00	585,00	0,00	-3394,88	5.80
10	[A2-M2] S	1,00	266,01	597,32	1168,01	2622,74	4.39
11	[A2-M2] S	1,00	276,69	537,32	1163,06	2258,66	4.20
12	[A2-M2] S	1,00	258,95	537,32	1166,25	2419,94	4.50

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
$\sigma_f$	tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\tau_f$	tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{st}$	tensione nell'armatura trasversale, espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]

n°	Tipo	$\sigma_c$	Y( $\sigma_c$ )	$\sigma_f$	Y( $\sigma_f$ )	$\tau_c$	Y( $\tau_c$ )	$\sigma_{st}$	Y( $\sigma_{st}$ )
13	[SLEQ]	5,774	1,00	76,431	1,00	0,696	6,00	354,357	6,00
14	[SLEF]	5,399	1,00	66,617	1,00	0,685	6,00	348,782	6,00
15	[SLER]	5,084	1,00	63,589	1,00	0,675	6,00	343,783	6,00
16	[SLEQ] S	4,989	1,00	61,647	1,00	0,659	6,00	335,784	6,00
17	[SLEQ] S	4,736	1,00	58,779	1,00	0,649	6,00	330,716	6,00
18	[SLEF] S	4,591	1,00	57,453	1,00	0,643	6,00	327,590	6,00
19	[SLEF] S	4,389	1,00	55,156	1,00	0,635	6,00	323,313	6,00
20	[SLER] S	4,296	1,00	54,588	1,00	0,626	6,00	318,685	6,00
21	[SLER] S	4,135	1,00	52,731	1,00	0,619	6,00	315,109	6,00

## Verifica armatura paratia (Inviluppo)

### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]
M	momento flettente, espresso in [kNm]
N	sforzo normale, espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento, espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento, espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	0,00	0,00	862,50	0,00	-3394,88	3.94
1	[A1-M1]	0,05	0,00	863,12	0,00	8611,46	9.98
1	[A1-M1]	0,10	0,00	863,73	0,00	8611,46	9.97
1	[A1-M1]	0,15	0,00	864,35	0,00	8611,46	9.96
1	[A1-M1]	0,20	0,00	864,96	0,00	8611,46	9.96
1	[A1-M1]	0,25	0,00	865,58	0,01	8611,45	9.95
1	[A1-M1]	0,30	0,00	866,20	0,04	8611,41	9.94
1	[A1-M1]	0,35	0,02	866,81	0,18	8611,24	9.93
1	[A1-M1]	0,40	0,06	867,43	0,56	8610,79	9.93
1	[A1-M1]	0,45	0,14	868,05	1,37	8609,81	9.92
1	[A1-M1]	0,50	0,28	868,66	2,81	8608,08	9.91
1	[A1-M1]	0,55	0,51	869,28	5,05	8605,40	9.90
1	[A1-M1]	0,60	0,83	869,89	8,16	8601,66	9.89
1	[A1-M1]	0,65	1,23	870,51	12,18	8596,84	9.88
1	[A1-M1]	0,70	1,74	871,13	17,13	8590,89	9.86
1	[A1-M1]	0,75	2,34	871,74	23,02	8583,81	9.85
1	[A1-M1]	0,80	3,04	872,36	29,88	8575,58	9.83
1	[A1-M1]	0,85	3,84	872,98	37,71	8566,17	9.81
1	[A1-M1]	0,90	4,75	873,59	46,52	8555,58	9.79
1	[A1-M1]	0,95	5,76	874,21	56,34	8543,79	9.77
1	[A1-M1]	1,00	-327,01	874,82	-1162,20	3109,10	3.55
1	[A1-M1]	1,05	-334,91	875,44	-1164,39	3043,64	3.48
1	[A1-M1]	1,10	-342,70	876,06	-1166,45	2981,87	3.40
1	[A1-M1]	1,15	-350,36	876,67	-1168,39	2923,53	3.33
1	[A1-M1]	1,20	-357,92	877,29	-1170,14	2868,15	3.27
1	[A1-M1]	1,25	-365,35	877,90	-1169,64	2810,58	3.20
1	[A1-M1]	1,30	-372,66	878,52	-1169,17	2756,27	3.14
1	[A1-M1]	1,35	-379,84	879,14	-1168,73	2704,98	3.08
1	[A1-M1]	1,40	-386,90	879,75	-1168,31	2656,52	3.02
1	[A1-M1]	1,45	-393,84	880,37	-1167,91	2610,70	2.97
1	[A1-M1]	1,50	-400,64	880,99	-1167,53	2567,34	2.91
1	[A1-M1]	1,55	-407,31	881,60	-1167,17	2526,28	2.87
1	[A1-M1]	1,60	-413,85	882,22	-1166,84	2487,40	2.82
1	[A1-M1]	1,65	-420,25	882,83	-1166,52	2450,56	2.78
1	[A1-M1]	1,70	-426,51	883,45	-1166,21	2415,64	2.73
1	[A1-M1]	1,75	-432,63	884,07	-1165,92	2382,54	2.69

1	[A1-M1]	1,80	-438,61	884,68	-1165,65	2351,15	2.66
1	[A1-M1]	1,85	-444,44	885,30	-1165,39	2321,40	2.62
1	[A1-M1]	1,90	-450,13	885,91	-1164,98	2292,85	2.59
1	[A1-M1]	1,95	-455,66	886,53	-1163,32	2263,34	2.55
1	[A1-M1]	2,00	-461,05	887,15	-1161,76	2235,45	2.52
1	[A1-M1]	2,05	-466,28	887,76	-1160,29	2209,08	2.49
1	[A1-M1]	2,10	-471,36	888,38	-1158,89	2184,17	2.46
1	[A1-M1]	2,15	-476,28	889,00	-1157,57	2160,64	2.43
1	[A1-M1]	2,20	-481,05	889,61	-1156,33	2138,44	2.40
1	[A1-M1]	2,25	-485,65	890,23	-1155,16	2117,50	2.38
1	[A1-M1]	2,30	-490,08	890,84	-1154,05	2097,77	2.35
1	[A1-M1]	2,35	-494,36	891,46	-1153,01	2079,20	2.33
1	[A1-M1]	2,40	-498,46	892,08	-1152,04	2061,75	2.31
1	[A1-M1]	2,45	-502,40	892,69	-1151,12	2045,39	2.29
1	[A1-M1]	2,50	-506,16	893,31	-1150,26	2030,06	2.27
1	[A1-M1]	2,55	-509,75	893,93	-1149,46	2015,75	2.25
1	[A1-M1]	2,60	-513,17	894,54	-1148,72	2002,41	2.24
1	[A1-M1]	2,65	-516,41	895,16	-1148,02	1990,02	2.22
1	[A1-M1]	2,70	-519,47	895,77	-1147,38	1978,55	2.21
1	[A1-M1]	2,75	-522,34	896,39	-1146,79	1967,99	2.20
1	[A1-M1]	2,80	-525,04	897,01	-1146,25	1958,31	2.18
1	[A1-M1]	2,85	-527,55	897,62	-1145,75	1949,50	2.17
1	[A1-M1]	2,90	-529,87	898,24	-1145,31	1941,54	2.16
1	[A1-M1]	2,95	-532,00	898,85	-1144,91	1934,41	2.15
1	[A1-M1]	3,00	-533,94	899,47	-1144,56	1928,10	2.14
1	[A1-M1]	3,05	-535,69	900,09	-1144,25	1922,61	2.14
1	[A1-M1]	3,10	-537,24	900,70	-1143,99	1917,93	2.13
1	[A1-M1]	3,15	-538,60	901,32	-1143,77	1914,05	2.12
1	[A1-M1]	3,20	-539,75	901,94	-1143,60	1910,96	2.12
1	[A1-M1]	3,25	-540,71	902,55	-1143,47	1908,68	2.11
1	[A1-M1]	3,30	-541,46	903,17	-1143,38	1907,19	2.11
1	[A1-M1]	3,35	-542,01	903,78	-1143,35	1906,50	2.11
1	[A1-M1]	3,40	-542,35	904,40	-1143,35	1906,61	2.11
1	[A1-M1]	3,45	-542,48	905,02	-1143,40	1907,54	2.11
1	[A1-M1]	3,50	-542,40	905,63	-1143,50	1909,28	2.11
1	[A1-M1]	3,55	-542,11	906,25	-1143,64	1911,85	2.11
1	[A1-M1]	3,60	-541,60	906,86	-1143,84	1915,25	2.11
1	[A1-M1]	3,65	-540,88	907,48	-1144,07	1919,52	2.12
1	[A1-M1]	3,70	-539,94	908,10	-1144,36	1924,66	2.12
1	[A1-M1]	3,75	-538,77	908,71	-1144,70	1930,68	2.12
1	[A1-M1]	3,80	-537,39	909,33	-1145,09	1937,63	2.13
1	[A1-M1]	3,85	-535,78	909,95	-1145,53	1945,51	2.14
1	[A1-M1]	3,90	-533,95	910,56	-1146,03	1954,36	2.15
1	[A1-M1]	3,95	-531,89	911,18	-1146,58	1964,21	2.16
1	[A1-M1]	4,00	-529,59	911,79	-1147,19	1975,10	2.17
1	[A1-M1]	4,05	-527,07	912,41	-1147,86	1987,06	2.18
1	[A1-M1]	4,10	-524,31	913,03	-1148,59	2000,13	2.19
1	[A1-M1]	4,15	-521,32	913,64	-1149,39	2014,37	2.20
1	[A1-M1]	4,20	-518,09	914,26	-1150,25	2029,82	2.22
1	[A1-M1]	4,25	-514,62	914,88	-1151,19	2046,55	2.24
1	[A1-M1]	4,30	-510,91	915,49	-1152,20	2064,62	2.26

1	[A1-M1]	4,35	-506,95	916,11	-1153,29	2084,09	2.27
1	[A1-M1]	4,40	-502,76	916,72	-1154,46	2105,04	2.30
1	[A1-M1]	4,45	-498,31	917,34	-1155,72	2127,57	2.32
1	[A1-M1]	4,50	-493,62	917,96	-1157,08	2151,76	2.34
1	[A1-M1]	4,55	-488,67	918,57	-1158,53	2177,72	2.37
1	[A1-M1]	4,60	-483,48	919,19	-1160,09	2205,57	2.40
1	[A1-M1]	4,65	-478,03	919,80	-1161,76	2235,43	2.43
1	[A1-M1]	4,70	-472,32	920,42	-1163,55	2267,44	2.46
1	[A1-M1]	4,75	-466,36	921,04	-1165,22	2301,26	2.50
1	[A1-M1]	4,80	-460,13	921,65	-1165,51	2334,53	2.53
1	[A1-M1]	4,85	-453,65	922,27	-1165,82	2370,11	2.57
1	[A1-M1]	4,90	-446,90	922,89	-1166,15	2408,19	2.61
1	[A1-M1]	4,95	-439,89	923,50	-1166,50	2448,96	2.65
1	[A1-M1]	5,00	-432,61	924,12	-1166,88	2492,64	2.70
1	[A1-M1]	5,05	-425,06	924,73	-1167,29	2539,48	2.75
1	[A1-M1]	5,10	-417,24	925,35	-1167,73	2589,76	2.80
1	[A1-M1]	5,15	-409,15	925,97	-1168,19	2643,79	2.86
1	[A1-M1]	5,20	-400,79	926,58	-1168,70	2701,94	2.92
1	[A1-M1]	5,25	-392,14	927,20	-1169,24	2764,60	2.98
1	[A1-M1]	5,30	-383,23	927,82	-1169,83	2832,24	3.05
1	[A1-M1]	5,35	-374,03	928,43	-1169,11	2902,03	3.13
1	[A1-M1]	5,40	-364,55	929,05	-1166,73	2973,39	3.20
1	[A1-M1]	5,45	-354,79	929,66	-1164,16	3050,48	3.28
1	[A1-M1]	5,50	-344,74	930,28	-1161,37	3133,95	3.37
1	[A1-M1]	5,55	-334,41	930,90	-1158,35	3224,51	3.46
1	[A1-M1]	5,60	-323,79	931,51	-1155,06	3323,03	3.57
1	[A1-M1]	5,65	-312,87	932,13	-1151,47	3430,51	3.68
1	[A1-M1]	5,70	-301,67	932,74	-1143,19	3534,64	3.79
1	[A1-M1]	5,75	-290,17	933,36	-1133,52	3646,03	3.91
1	[A1-M1]	5,80	-278,38	933,98	-1122,97	3767,59	4.03
1	[A1-M1]	5,85	-266,29	934,59	-1111,42	3900,70	4.17
1	[A1-M1]	5,90	-253,90	935,21	-1098,31	4045,42	4.33
1	[A1-M1]	5,95	-241,22	935,83	-1081,96	4197,61	4.49
1	[A1-M1]	6,00	-228,22	936,44	-1063,93	4365,48	4.66
1	[A1-M1]	6,05	-228,28	937,06	-1063,80	4366,73	4.66
1	[A1-M1]	6,10	-228,04	937,67	-1063,24	4371,87	4.66
1	[A1-M1]	6,15	-227,52	938,29	-1062,28	4380,85	4.67
1	[A1-M1]	6,20	-226,71	938,91	-1060,91	4393,64	4.68
1	[A1-M1]	6,25	-225,63	939,52	-1059,12	4410,25	4.69
1	[A1-M1]	6,30	-224,27	940,14	-1056,93	4430,69	4.71
1	[A1-M1]	6,35	-222,64	940,75	-1054,31	4454,99	4.74
1	[A1-M1]	6,40	-220,74	941,37	-1051,28	4483,22	4.76
1	[A1-M1]	6,45	-218,59	941,99	-1047,82	4515,44	4.79
1	[A1-M1]	6,50	-216,18	942,60	-1043,92	4551,73	4.83
1	[A1-M1]	6,55	-213,52	943,22	-1039,57	4592,23	4.87
1	[A1-M1]	6,60	-210,62	943,84	-1034,48	4635,82	4.91
1	[A1-M1]	6,65	-207,47	944,45	-1028,88	4683,73	4.96
1	[A1-M1]	6,70	-204,08	945,07	-1022,75	4736,14	5.01
1	[A1-M1]	6,75	-200,47	945,68	-1016,07	4793,25	5.07
1	[A1-M1]	6,80	-196,62	946,30	-1008,82	4855,27	5.13
1	[A1-M1]	6,85	-192,55	946,92	-1000,97	4922,45	5.20

1	[A1-M1]	6,90	-188,27	947,53	-992,48	4995,08	5.27
1	[A1-M1]	6,95	-183,76	948,15	-983,31	5073,47	5.35
1	[A1-M1]	7,00	-179,05	948,77	-973,43	5157,97	5.44
1	[A1-M1]	7,05	-174,14	949,38	-962,19	5245,75	5.53
1	[A1-M1]	7,10	-169,02	950,00	-950,04	5339,73	5.62
1	[A1-M1]	7,15	-163,71	950,61	-936,99	5440,72	5.72
1	[A1-M1]	7,20	-158,21	951,23	-922,96	5549,23	5.83
1	[A1-M1]	7,25	-152,52	951,85	-907,88	5665,84	5.95
1	[A1-M1]	7,30	-146,65	952,46	-891,17	5787,90	6.08
1	[A1-M1]	7,35	-140,61	953,08	-872,42	5913,63	6.20
1	[A1-M1]	7,40	-134,39	953,69	-852,30	6048,53	6.34
1	[A1-M1]	7,45	-128,00	954,31	-830,70	6193,38	6.49
1	[A1-M1]	7,50	-121,45	954,93	-807,15	6346,39	6.65
1	[A1-M1]	7,55	-114,74	955,54	-780,56	6500,36	6.80
3	[A2-M2]	7,60	-136,70	774,66	-946,76	5365,16	6.93
3	[A2-M2]	7,65	-138,45	775,28	-951,54	5328,17	6.87
3	[A2-M2]	7,70	-140,01	775,89	-955,68	5296,16	6.83
3	[A2-M2]	7,75	-141,36	776,51	-959,20	5268,88	6.79
3	[A2-M2]	7,80	-142,52	777,12	-962,14	5246,13	6.75
3	[A2-M2]	7,85	-143,49	777,74	-964,52	5227,73	6.72
3	[A2-M2]	7,90	-144,27	778,36	-966,36	5213,51	6.70
3	[A2-M2]	7,95	-144,87	778,97	-967,67	5203,34	6.68
3	[A2-M2]	8,00	-145,28	779,59	-968,48	5197,11	6.67
3	[A2-M2]	8,05	-145,50	780,20	-968,79	5194,72	6.66
3	[A2-M2]	8,10	-145,55	780,82	-968,61	5196,09	6.65
3	[A2-M2]	8,15	-145,43	781,44	-967,96	5201,16	6.66
3	[A2-M2]	8,20	-145,13	782,05	-966,83	5209,88	6.66
3	[A2-M2]	8,25	-144,66	782,67	-965,23	5222,22	6.67
3	[A2-M2]	8,30	-144,03	783,29	-963,17	5238,18	6.69
3	[A2-M2]	8,35	-143,23	783,90	-960,64	5257,73	6.71
3	[A2-M2]	8,40	-142,27	784,52	-957,65	5280,90	6.73
3	[A2-M2]	8,45	-141,15	785,13	-954,18	5307,71	6.76
3	[A2-M2]	8,50	-139,87	785,75	-950,24	5338,20	6.79
3	[A2-M2]	8,55	-138,44	786,37	-945,82	5372,42	6.83
3	[A2-M2]	8,60	-136,86	786,98	-940,90	5410,43	6.87
3	[A2-M2]	8,65	-135,13	787,60	-935,49	5452,32	6.92
3	[A2-M2]	8,70	-133,26	788,22	-929,56	5498,19	6.98
10	[A2-M2] S	8,75	-143,44	692,83	-1007,53	4866,33	7.02
10	[A2-M2] S	8,80	-142,72	693,45	-1005,36	4884,86	7.04
10	[A2-M2] S	8,85	-141,84	694,06	-1002,78	4906,98	7.07
1	[A1-M1]	8,90	109,20	972,18	750,02	6677,22	6.87
1	[A1-M1]	8,95	118,44	972,80	786,95	6463,31	6.64
1	[A1-M1]	9,00	127,71	973,41	821,06	6258,04	6.43
1	[A1-M1]	9,05	137,00	974,03	851,49	6053,96	6.22
1	[A1-M1]	9,10	146,30	974,64	880,01	5862,75	6.02
1	[A1-M1]	9,15	155,60	975,26	906,14	5679,34	5.82
1	[A1-M1]	9,20	164,91	975,88	929,37	5499,61	5.64
1	[A1-M1]	9,25	174,22	976,49	951,15	5331,14	5.46
1	[A1-M1]	9,30	183,52	977,11	971,60	5172,97	5.29
1	[A1-M1]	9,35	192,81	977,73	989,72	5018,66	5.13
1	[A1-M1]	9,40	202,09	978,34	1006,69	4873,49	4.98

---

1	[A1-M1]	9,45	211,35	978,96	1022,66	4736,94	4.84
1	[A1-M1]	9,50	220,58	979,57	1037,69	4608,34	4.70
1	[A1-M1]	9,55	229,78	980,19	1051,19	4484,13	4.57
1	[A1-M1]	9,60	238,95	980,81	1063,81	4366,62	4.45
1	[A1-M1]	9,65	248,07	981,42	1075,72	4255,72	4.34
1	[A1-M1]	9,70	257,16	982,04	1086,98	4150,95	4.23
1	[A1-M1]	9,75	266,19	982,66	1097,62	4051,86	4.12
1	[A1-M1]	9,80	275,18	983,27	1106,74	3954,65	4.02
1	[A1-M1]	9,85	284,10	983,89	1114,87	3860,98	3.92
1	[A1-M1]	9,90	292,96	984,50	1122,56	3772,38	3.83
1	[A1-M1]	9,95	301,75	985,12	1129,83	3688,50	3.74
1	[A1-M1]	10,00	310,48	985,74	1136,73	3609,02	3.66
1	[A1-M1]	10,05	319,07	986,35	1143,23	3534,15	3.58
1	[A1-M1]	10,10	327,46	986,97	1149,32	3464,02	3.51
1	[A1-M1]	10,15	335,67	987,58	1152,77	3391,64	3.43
1	[A1-M1]	10,20	343,67	988,20	1155,11	3321,48	3.36
1	[A1-M1]	10,25	351,46	988,82	1157,30	3256,01	3.29
1	[A1-M1]	10,30	359,04	989,43	1159,34	3194,89	3.23
1	[A1-M1]	10,35	366,39	990,05	1161,24	3137,83	3.17
1	[A1-M1]	10,40	373,53	990,67	1163,02	3084,57	3.11
1	[A1-M1]	10,45	380,42	991,28	1164,68	3034,85	3.06
1	[A1-M1]	10,50	387,08	991,90	1166,23	2988,48	3.01
1	[A1-M1]	10,55	393,49	992,51	1167,67	2945,26	2.97
1	[A1-M1]	10,60	399,65	993,13	1169,01	2905,02	2.93
1	[A1-M1]	10,65	405,54	993,75	1170,14	2867,31	2.89
1	[A1-M1]	10,70	411,18	994,36	1169,80	2828,98	2.85
1	[A1-M1]	10,75	416,54	994,98	1169,50	2793,57	2.81
1	[A1-M1]	10,80	421,62	995,59	1169,21	2760,94	2.77
1	[A1-M1]	10,85	426,41	996,21	1168,95	2730,97	2.74
1	[A1-M1]	10,90	430,92	996,83	1168,71	2703,54	2.71
1	[A1-M1]	10,95	435,12	997,44	1168,50	2678,57	2.69
1	[A1-M1]	11,00	439,03	998,06	1168,30	2655,95	2.66
1	[A1-M1]	11,05	442,62	998,68	1168,12	2635,64	2.64
1	[A1-M1]	11,10	445,89	999,29	1167,97	2617,55	2.62
1	[A1-M1]	11,15	448,84	999,91	1167,83	2601,65	2.60
1	[A1-M1]	11,20	451,46	1000,52	1167,71	2587,89	2.59
1	[A1-M1]	11,25	453,74	1001,14	1167,61	2576,24	2.57
1	[A1-M1]	11,30	455,68	1001,76	1167,52	2566,68	2.56
1	[A1-M1]	11,35	457,27	1002,37	1167,46	2559,19	2.55
1	[A1-M1]	11,40	458,50	1002,99	1167,41	2553,78	2.55
1	[A1-M1]	11,45	459,37	1003,61	1167,38	2550,45	2.54
1	[A1-M1]	11,50	459,87	1004,22	1167,37	2549,22	2.54
1	[A1-M1]	11,55	459,99	1004,84	1167,38	2550,11	2.54
1	[A1-M1]	11,60	459,73	1005,45	1167,41	2553,16	2.54
1	[A1-M1]	11,65	459,09	1006,07	1167,45	2558,42	2.54
1	[A1-M1]	11,70	458,05	1006,69	1167,52	2565,94	2.55
1	[A1-M1]	11,75	456,63	1007,30	1167,60	2575,69	2.56
1	[A1-M1]	11,80	454,84	1007,92	1167,71	2587,62	2.57
1	[A1-M1]	11,85	452,70	1008,53	1167,83	2601,73	2.58
1	[A1-M1]	11,90	450,21	1009,15	1167,97	2618,01	2.59
1	[A1-M1]	11,95	447,40	1009,77	1168,13	2636,44	2.61

1	[A1-M1]	12,00	444,27	1010,38	1168,31	2657,04	2.63
1	[A1-M1]	12,05	440,83	1011,00	1168,51	2679,83	2.65
1	[A1-M1]	12,10	437,11	1011,62	1168,73	2704,84	2.67
1	[A1-M1]	12,15	433,10	1012,23	1168,96	2732,09	2.70
1	[A1-M1]	12,20	428,82	1012,85	1169,22	2761,62	2.73
1	[A1-M1]	12,25	424,29	1013,46	1169,50	2793,50	2.76
1	[A1-M1]	12,30	419,51	1014,08	1169,79	2827,77	2.79
1	[A1-M1]	12,35	414,49	1014,70	1170,11	2864,51	2.82
1	[A1-M1]	12,40	409,25	1015,31	1169,16	2900,58	2.86
1	[A1-M1]	12,45	403,80	1015,93	1167,90	2938,36	2.89
1	[A1-M1]	12,50	398,14	1016,54	1166,56	2978,48	2.93
1	[A1-M1]	12,55	392,30	1017,16	1165,14	3021,02	2.97
1	[A1-M1]	12,60	386,27	1017,78	1163,64	3066,07	3.01
1	[A1-M1]	12,65	380,07	1018,39	1162,05	3113,71	3.06
1	[A1-M1]	12,70	373,71	1019,01	1160,37	3164,04	3.11
1	[A1-M1]	12,75	367,19	1019,63	1158,59	3217,18	3.16
1	[A1-M1]	12,80	360,54	1020,24	1156,72	3273,24	3.21
1	[A1-M1]	12,85	353,75	1020,86	1154,75	3332,36	3.26
1	[A1-M1]	12,90	346,84	1021,47	1152,67	3394,67	3.32
1	[A1-M1]	12,95	339,82	1022,09	1149,81	3458,32	3.38
1	[A1-M1]	13,00	332,69	1022,71	1144,59	3518,48	3.44
1	[A1-M1]	13,05	325,47	1023,32	1139,12	3581,52	3.50
1	[A1-M1]	13,10	318,16	1023,94	1133,39	3647,56	3.56
1	[A1-M1]	13,15	310,78	1024,56	1127,39	3716,71	3.63
1	[A1-M1]	13,20	303,32	1025,17	1121,10	3789,12	3.70
1	[A1-M1]	13,25	295,81	1025,79	1114,53	3864,91	3.77
1	[A1-M1]	13,30	288,24	1026,40	1107,64	3944,25	3.84
1	[A1-M1]	13,35	280,63	1027,02	1100,31	4026,83	3.92
1	[A1-M1]	13,40	272,98	1027,64	1091,49	4108,92	4.00
1	[A1-M1]	13,45	265,31	1028,25	1082,28	4194,64	4.08
1	[A1-M1]	13,50	257,61	1028,87	1072,67	4284,13	4.16
1	[A1-M1]	13,55	249,90	1029,48	1062,63	4377,55	4.25
1	[A1-M1]	13,60	242,19	1030,10	1052,16	4475,06	4.34
1	[A1-M1]	13,65	234,49	1030,72	1041,22	4576,86	4.44
1	[A1-M1]	13,70	226,79	1031,33	1029,25	4680,56	4.54
1	[A1-M1]	13,75	219,11	1031,95	1016,66	4788,20	4.64
1	[A1-M1]	13,80	211,46	1032,57	1003,55	4900,39	4.75
1	[A1-M1]	13,85	203,84	1033,18	989,88	5017,32	4.86
1	[A1-M1]	13,90	196,26	1033,80	975,63	5139,16	4.97
1	[A1-M1]	13,95	188,73	1034,41	960,07	5262,18	5.09
1	[A1-M1]	14,00	181,25	1035,03	943,68	5388,96	5.21
1	[A1-M1]	14,05	173,83	1035,65	926,64	5520,76	5.33
1	[A1-M1]	14,10	166,48	1036,26	908,94	5657,71	5.46
1	[A1-M1]	14,15	159,21	1036,88	889,95	5796,11	5.59
1	[A1-M1]	14,20	152,01	1037,50	869,41	5933,83	5.72
1	[A1-M1]	14,25	144,91	1038,11	848,16	6076,30	5.85
1	[A1-M1]	14,30	137,89	1038,73	826,20	6223,58	5.99
1	[A1-M1]	14,35	130,98	1039,34	802,90	6370,95	6.13
1	[A1-M1]	14,40	124,18	1039,96	777,99	6515,26	6.26
1	[A1-M1]	14,45	117,49	1040,58	752,38	6663,51	6.40
1	[A1-M1]	14,50	110,92	1041,19	726,11	6815,65	6.55

---

1	[A1-M1]	14,55	104,48	1041,81	698,58	6965,60	6.69
1	[A1-M1]	14,60	98,17	1042,42	669,91	7113,25	6.82
1	[A1-M1]	14,65	92,00	1043,04	640,71	7263,68	6.96
1	[A1-M1]	14,70	85,98	1043,66	611,01	7416,68	7.11
1	[A1-M1]	14,75	80,11	1044,27	580,23	7563,92	7.24
1	[A1-M1]	14,80	74,39	1044,89	548,86	7709,22	7.38
1	[A1-M1]	14,85	68,84	1045,51	517,24	7855,65	7.51
1	[A1-M1]	14,90	63,46	1046,12	485,45	8002,88	7.65
1	[A1-M1]	14,95	58,25	1046,74	449,20	8071,96	7.71
1	[A1-M1]	15,00	53,23	1047,35	412,46	8116,09	7.75
1	[A1-M1]	15,05	48,39	1047,97	376,74	8158,99	7.79
1	[A1-M1]	15,10	43,75	1048,59	342,12	8200,56	7.82
1	[A1-M1]	15,15	39,30	1049,20	308,70	8240,71	7.85
1	[A1-M1]	15,20	35,06	1049,82	276,54	8279,33	7.89
1	[A1-M1]	15,25	31,04	1050,43	245,73	8316,33	7.92
1	[A1-M1]	15,30	27,23	1051,05	216,36	8351,60	7.95
1	[A1-M1]	15,35	23,64	1051,67	188,51	8385,05	7.97
1	[A1-M1]	15,40	20,29	1052,28	162,26	8416,58	8.00
1	[A1-M1]	15,45	17,16	1052,90	137,69	8446,09	8.02
1	[A1-M1]	15,50	14,28	1053,52	114,88	8473,48	8.04
1	[A1-M1]	15,55	11,65	1054,13	93,92	8498,66	8.06
1	[A1-M1]	15,60	9,27	1054,75	74,87	8521,54	8.08
1	[A1-M1]	15,65	7,14	1055,36	57,82	8542,02	8.09
1	[A1-M1]	15,70	5,28	1055,98	42,83	8560,01	8.11
1	[A1-M1]	15,75	3,69	1056,60	29,99	8575,45	8.12
1	[A1-M1]	15,80	2,38	1057,21	19,34	8588,23	8.12
1	[A1-M1]	15,85	1,35	1057,83	10,96	8598,29	8.13
1	[A1-M1]	15,90	0,60	1058,45	4,91	8605,56	8.13
1	[A1-M1]	15,95	0,15	1059,06	1,24	8609,97	8.13

## Verifica a SLU \* Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione  $M_u-N_u$  della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 29,4$ [N/mmq]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ( $0.83 \times R_{bk}$ )	$R_{ck} = 249$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 431,5$ [N/mmq]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.60$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ( $\psi R_{ck} / \gamma_c$ )	$R_c^* = 132$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistenza di calcolo dell'acciaio ( $f_{yk} / \gamma_s$ )	$R_s^* = 3826$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico ( $R_s^* / E_s$ )	$\epsilon_{yk} = 0.0013$ (0.18%)

### Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico:  $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare:  $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

### Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} \sigma_s &= E_s \epsilon_s && \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy} \\ \sigma_s &= R_s^* && \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su} \end{aligned}$$

### Tratto armatura 1

**Nr**

**Nu**

**Mu**

---

1	-3394,8827	0,0000
2	0,0000	919,9500
3	1148,1948	1084,7569
4	1722,2922	1133,0321
5	2296,3896	1165,1749
6	2870,4869	1170,1653
7	3444,5843	1151,0013
8	4018,6817	1101,1834
9	4592,7791	1039,5138
10	5166,8765	972,3889
11	5740,9739	898,1718
12	6315,0713	812,5543
13	6889,1687	713,4154
14	7463,2660	601,9616
15	8037,3634	478,0044
16	8611,4608	0,0000
17	8611,4608	0,0000
18	8037,3634	-478,0044
19	7463,2660	-601,9616
20	6889,1687	-713,4154
21	6315,0713	-812,5543
22	5740,9739	-898,1718
23	5166,8765	-972,3889
24	4592,7791	-1039,5138
25	4018,6817	-1101,1834
26	3444,5843	-1151,0013
27	2870,4869	-1170,1653
28	2296,3896	-1165,1749
29	1722,2922	-1133,0321
30	1148,1948	-1084,7569
31	0,0000	-919,9500
32	-3394,8827	0,0000

## Verifica sezione cordoli

### *Simbologia adottata*

$M_h$  momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale  
 $T_h$  taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale  
 $M_v$  momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale  
 $T_v$  taglio espresso in [kN] nel piano verticale

### **Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)**

$B=100,00$  [cm]       $H=100,00$  [cm]     $A_{fv}=18,85$  [cmq]     $A_{fh}=10,18$  [cmq]    Staffe  $\phi 10/8,00$

$M_h=414,42$  [kNm]     $T_h=828,85$  [kN]     $M_v=12,26$  [kNm]     $T_v=24,52$  [kN]

$\sigma_c = 4,062$  [N/mmq]       $\sigma_f = 247,1$  [N/mmq]       $\tau_c = 1,026$   
[N/mmq]