

**ITINERARIO RAGUSA-CATANIA**

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA898**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri  
Dott. Ing. F.Durastanti  
Dott. Ing. V.Truffini  
Dott. Arch. A.Bracchini  
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram  
Dott. Ing. F.Pambianco  
Dott. Ing. M.Briganti Botta  
Dott. Ing. L.Gagliardini  
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci  
Dott. Ing. A.Signorelli  
Dott. Ing. E.Moscatelli  
Dott. Ing. A.Bela

Dott. Ing. G.Lucibello  
Dott. Arch. G.Guastella  
Dott. Geol. M.Leonardi  
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi  
Dott. Ing. M.Panfilii  
Dott. Arch. P.Ghirelli  
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci  
Dott. Arch. A.Strati  
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe  
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. G.Pulli  
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi  
Dott. Ing. V.Piunno  
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

**VIADOTTI  
PONTE BUONAFEDE - CARR. SX**  
Relazione di calcolo delle opere provvisionali

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04VI06STRRE05B				
L0408Z	E	2101	T04VI06STRRE05			B	-
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	
B	Revisione a seguito istruttoria Anas		Set 2021	M. Botta	F. Durastanti	N. Granieri	
A	Emissione		Giu 2021	M. Botta	F. Durastanti	N. Granieri	

---

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

---

INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	2
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	4
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	6
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	7
7. ANALISI DEI CARICHI .....	7
7.1 CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI .....	7
7.1.1 Peso Proprio .....	7
7.1.2 Spinta statica delle terre .....	7
7.1.3 Spinta statica dell'acqua .....	9
7.2 CARICHI ACCIDENTALI .....	9
8. MODELLAZIONE NUMERICA .....	10
8.1 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA .....	10
8.2 MODELLI DI CALCOLO .....	10
8.3 PARATIA LIBERA .....	10
9. RISULTATI .....	13
9.1 PARATIA PROVVISORIALE LIBERA DI MICROPALI .....	13
9.1.1 Verifiche SLU pareti .....	13
9.1.2 Verifiche SLU geo .....	17
9.1.3 Verifiche SLE .....	18
10. VERIFICA STABILITÀ DELLO SCAVO .....	21
11. TABULATI DI CALCOLO .....	23

---

MANDATARIA: MANDANTI:



---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il calcolo ed il dimensionamento della paratia provvisoria per la realizzazione del viadotto Buonafede relativa alla progettazione del "Collegamento autostradale Ragusa-Catania: ammodernamento a n° 4 corsie della s.s. 514 "di Chiaramonte" e della s.s. 194 ragusana dallo svincolo con la s.s. 115 allo svincolo con la s.s. 114", lotto 4.

La paratia in oggetto si sviluppa in corrispondenza della spalla del viadotto Buonafede alla progressiva pk 12+576; l'opera di sostegno consta in paratie realizzate mediante pali aventi diametro  $\varnothing$  pari a 240 mm disposti ad interasse di 0.45 m;

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata determinate dall'interazione terreno – struttura con l'aggiunta delle azioni sismiche derivanti dall'applicazione della Normativa D.M. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni. Le verifiche eseguite nel presente elaborato fanno riferimento allo stesso D.M. del 2008.

## 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

In funzione della profondità di scavo sono stati previsti micropali di diametro  $\Phi 240$  mm ed interasse 0.45 m.

Hscavo	Lpali
(m)	(m)
3.2	10

---

MANDATARIA: MANDANTI:

 Sintagma

 GPI INGEGNERIA  
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA s.r.l.

 cooprogetti

 ICARIA  
società di ingegneria

 GEOTECHNICAL  
DESIGN GROUP

 OMNISERVICE  
INGEGNERIA

### **3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il progetto è stato redatto sulla base delle seguenti normative e standard progettuali:

- **D.M. 14 gennaio 2008** – pubblicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 – “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- **Circolare n.ro 617 del 2 febbraio 2009** – “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- **UNI EN 1992-1-1:2005**: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – parte 1 – Regole generali e regole per edifici”;
- **UNI EN 206-1 ottobre 2006** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- **UNI EN 11104 marzo 2004** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;

---

MANDATARIA: MANDANTI:

 Sintagma

 **GPI** INGEGNERIA  
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA s.r.l.

 cooprogetti

 **ICARIA**  
società di ingegneria

 GEOTECHNICAL  
DESIGN GROUP

 OMNISERVICE  
INGEGNERIA

#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### *Calcestruzzo per pali C32/40*

Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	=	40.0	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_c$	=	33345	N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione	XC2			
Copriferro			60	mm

##### *Calcestruzzo per fondazione dei muri C32/40*

Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	=	40.0	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_c$	=	33345	N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione	XA2			
Copriferro			40	mm

##### *Acciaio per armatura B450C*

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	≥	450	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di calcolo	$f_{yd}$	≥	391.3	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	210000	N/mm <sup>2</sup>

##### *Acciaio per trefoli dei tiranti attivi definitivi*

Trefoli	0.6	"	
Boiaccia di cemento (conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI 11104)	Classe esposizione	di	XA2
Resistenza caratteristica a trazione $f_{ptk}$	1860		MPa
Resistenza a trazione allo 0.1% $f_{p(1)k}$	1670		MPa

MANDATARIA: MANDANTI:



---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

*Miscela cementizia di iniezione per tiranti C32/40 N/mm<sup>2</sup>*

*Acciaio per carpenteria metallica*

Travi di ripartizione tiranti

Acciaio S275

---

MANDATARIA:

MANDANTI:



## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riportano di seguito i parametri di resistenza e deformabilità dei terreni usati nel modello in accordo la caratterizzazione geotecnica.

Unità geologiche	descrizione	profondità strato	litotipo	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$c_u$	$E'$	OCR	$k_0(*)$
				[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[MPa]	[-]	[-]
Rilevato	-	da z=0 a z=2m		19	-	35	-	-	-	-
<b>a</b>	a_fine	da z= 2 a 8m	Alluvioni (grana fine)	18	10	25.5	100	10	≥10	1.81
								20	≥5	1.28
<b>a</b>	a_gross	da 8 a 12		20	0	40	-	40	-	0.36
<b>Qa</b>	Argille siltose marnose	12 in poi	Argille	18	15	22.5	150	15	15	1.96
									6	0.88
										1.96
								25	3.5	0.88
										1.38
								40		
200	70	2	0.88							

Tabella 1: Caratterizzazione geotecnica

Di seguito si riportano le sezioni geotecniche di riferimento per l'opera in oggetto.

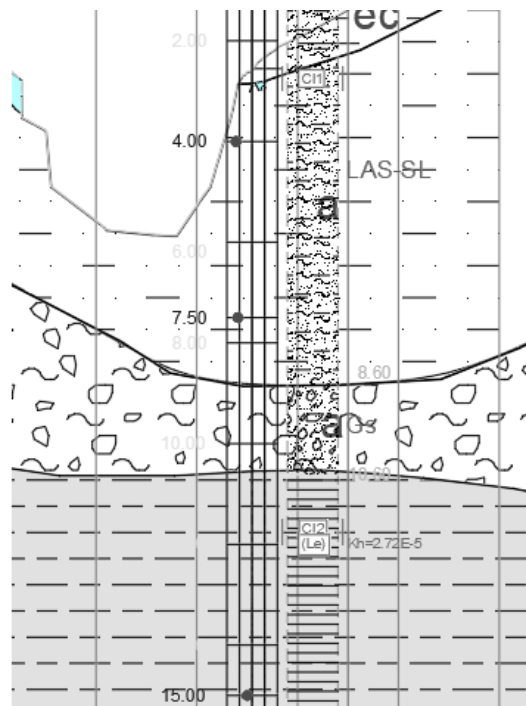


Figura 1: Sezioni geotecniche per l'opera in esame

L'opera non è interessata dalla falda.

MANDATARIA: MANDANTI:

## 6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'opera non è interessata dal sisma in quanto provvisoria.

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 Condizioni di carico elementari

#### 7.1.1 Peso Proprio

Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali:

$$\gamma_{cls}=25.0 \quad \text{kN/m}^3$$

$$\gamma_s=78.5 \text{ kN/m}^3$$

#### 7.1.2 Spinta statica delle terre

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo PARATIE, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra terreno e la struttura deformabile a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , il coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e il coefficiente di spinta passiva  $K_p$ .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

$K_0$  dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace  $\phi'$  e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot (\text{OCR})^m$$

dove

$$K_0^{NC} = 1 - \tan \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ( $\text{OCR}=1$ ).  $\text{OCR}$  è il grado di sovraconsolidazione e  $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono forniti dalla teoria di Rankine per una parete liscia dalle seguenti espressioni:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

MANDATARIA: MANDANTI:



$$K_p = \tan^2(45 + \phi'/2)$$

Per tener conto dell'angolo di attrito  $\delta$  tra paratia e terreno il software PARATIE impiega per  $K_a$  e  $K_p$  la formulazione rispettivamente di Coulomb e Lancellotta.

*Formulazione di Coulomb per  $k_a$*

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)} \right]^2}$$

dove:

$\phi'$  è l'angolo di attrito del terreno

$\beta$  è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

$\delta$  è l'angolo di attrito paratia-terreno

$i$  è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

Il valore limite della tensione orizzontale sarà pari a

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_h = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente.  $c'$  è la coesione drenata del terreno.

*Formulazione di Lancellotta per  $k_p$*

$$K_p = \left[ \frac{\cos \delta}{1 - \sin \Phi'} (\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \Phi' - \sin^2 \delta}) \right] e^{2\theta \tan \Phi'}$$

dove:

$$2\theta = \sin^{-1} \left( \frac{\sin \delta}{\sin \Phi'} \right) + \delta$$

MANDATARIA: MANDANTI:

---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

**7.1.3 Spinta statica dell'acqua**

L'opera non è interessata dalla presenza della falda.

**7.2 Carichi accidentali**

Data la presenza di una strada a monte della paratia, si considera un carico di 20 kPa.

---

MANDATARIA: MANDANTI:



## 8. MODELLAZIONE NUMERICA

### 8.1 Programmi per l'analisi automatica

Lo stato tenso-deformativo della paratia e le verifiche strutturali sono state svolte con il codice di calcolo *PARATIEPLUS*.



### 8.2 Modelli di calcolo

Lo stato tenso-deformativo dei pali è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIE PLUS*, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili.

Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di parete di larghezza unitaria. La realizzazione dello scavo sostenuto da paratie è seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una quota di scavo, da un insieme di puntoni e tiranti applicati e da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

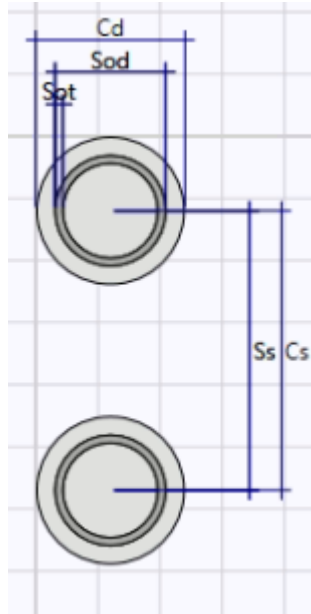
### 8.3 Paratia libera

La paratia provvisoria è libera e costituita da micropali di diametro 240mm ed interasse 0.45m. Il profilato in acciaio adottato è CHS177.8\*12.5.

Diaframma o Pali	
<b>Calcestruzzo</b>	
	Materiale: C32/40 Spessore: Ct 0.6 m Diametro: Cd 0.24 m Passo: Cs 0.45 m Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]: ac 1
<b>Acciaio</b>	
	Materiale: S275 Profilo: CHS177.8*12.5 Passo: Ss 0.45 m Diametro: Sod 0.1778 m Spessore: Sot 0.0125 m

MANDATARIA: MANDANTI:

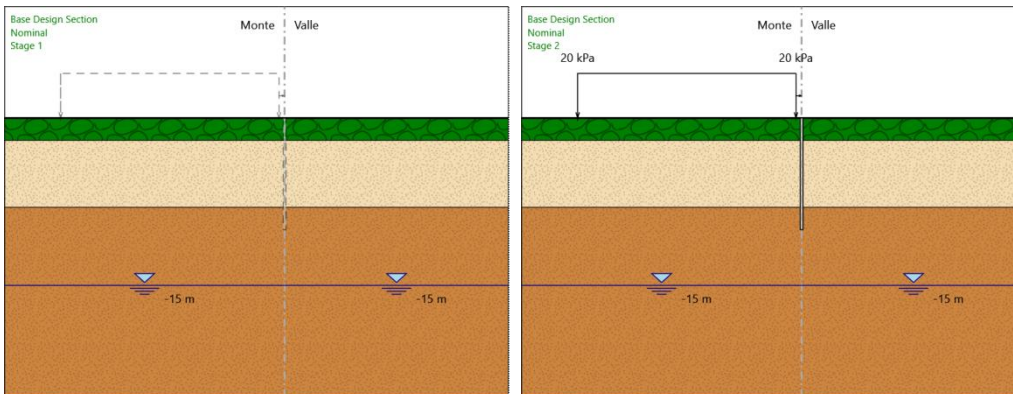
**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**



La lunghezza di ciascun palo è pari a 10 m, a sostegno di uno scavo di 3.2 m.

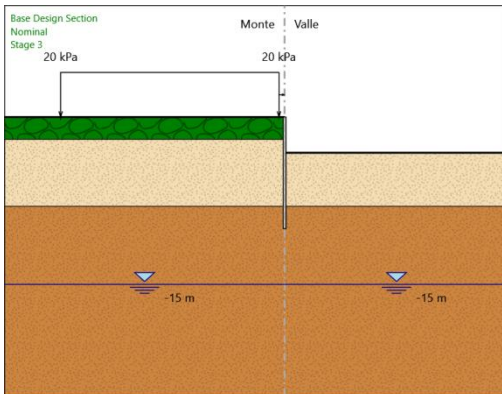
Nella modellazione è implementata la seguente successione di step:

- Step 1: Condizione Geostatica
- Step 2: Realizzazione dei pali.+Attivazione carichi.
- Step 3: Scavo



MANDATARIA: MANDANTI:

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**



Per maggiori dettagli si rimanda agli allegati di calcolo.

**MANDATARIA:**      **MANDANTI:**

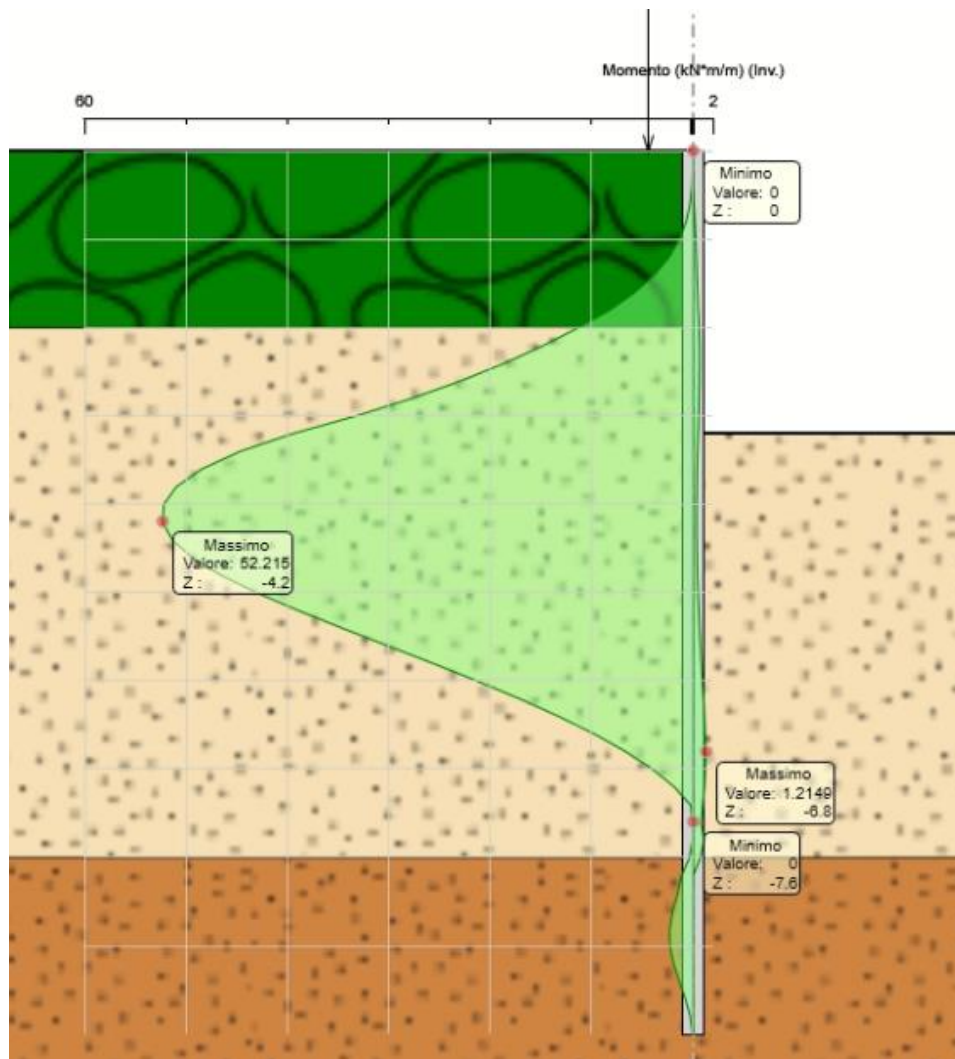
## 9. Risultati

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati delle analisi condotte per i diversi modelli implementati, con le indicazioni dei valori massimi delle sollecitazioni flettenti e taglianti e delle rispettive profondità. I valori riportati sono relativi all'analisi al metro lineare.

### 9.1 Paratia provvisoria libera di micropali

#### 9.1.1 Verifiche SLU pareti

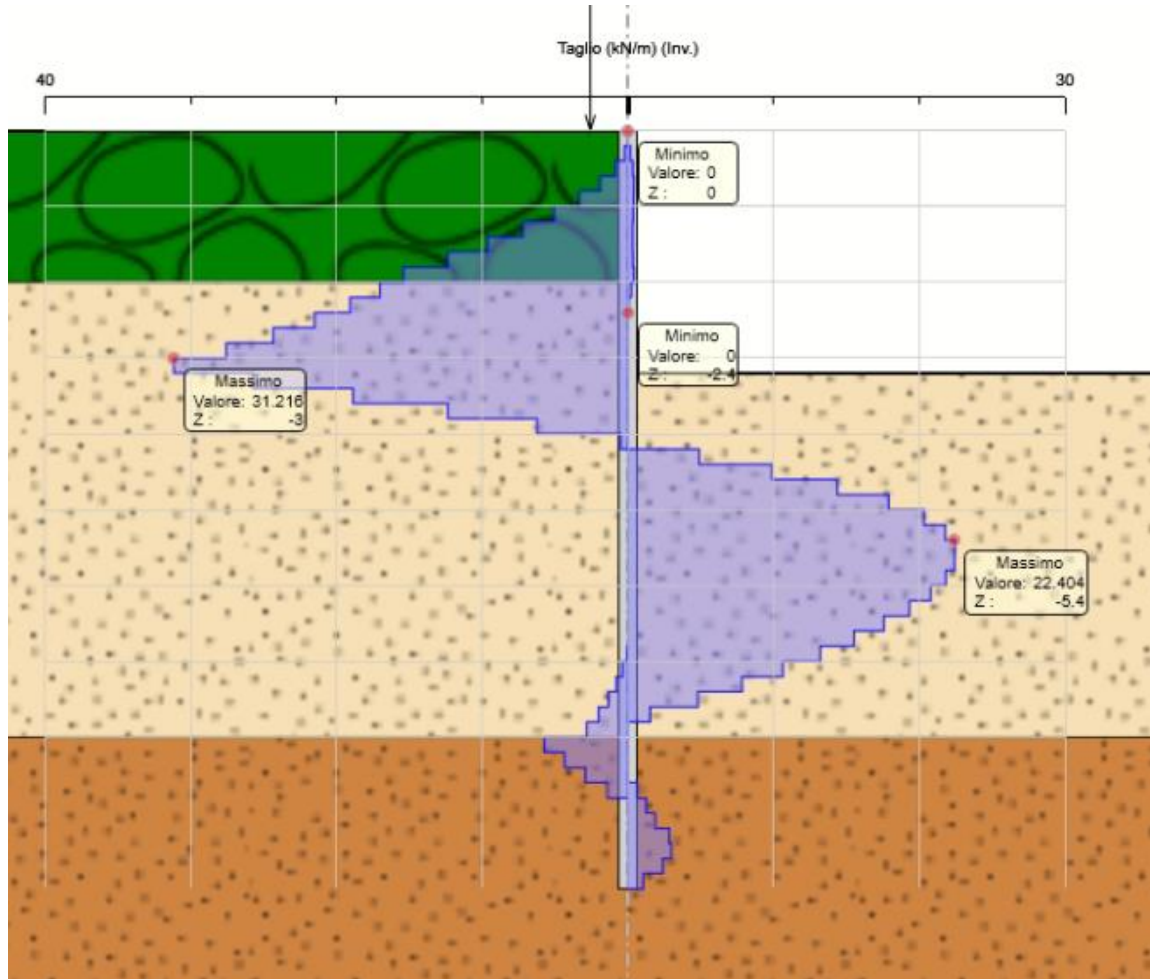
Dall'involuppo del momento flettente si osserva che il massimo valore risulta pari a 52 kNm/m.



MANDATARIA: MANDANTI:

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

Dall'involuppo del taglio si osserva che il massimo valore risulta pari a 31 kN/m.



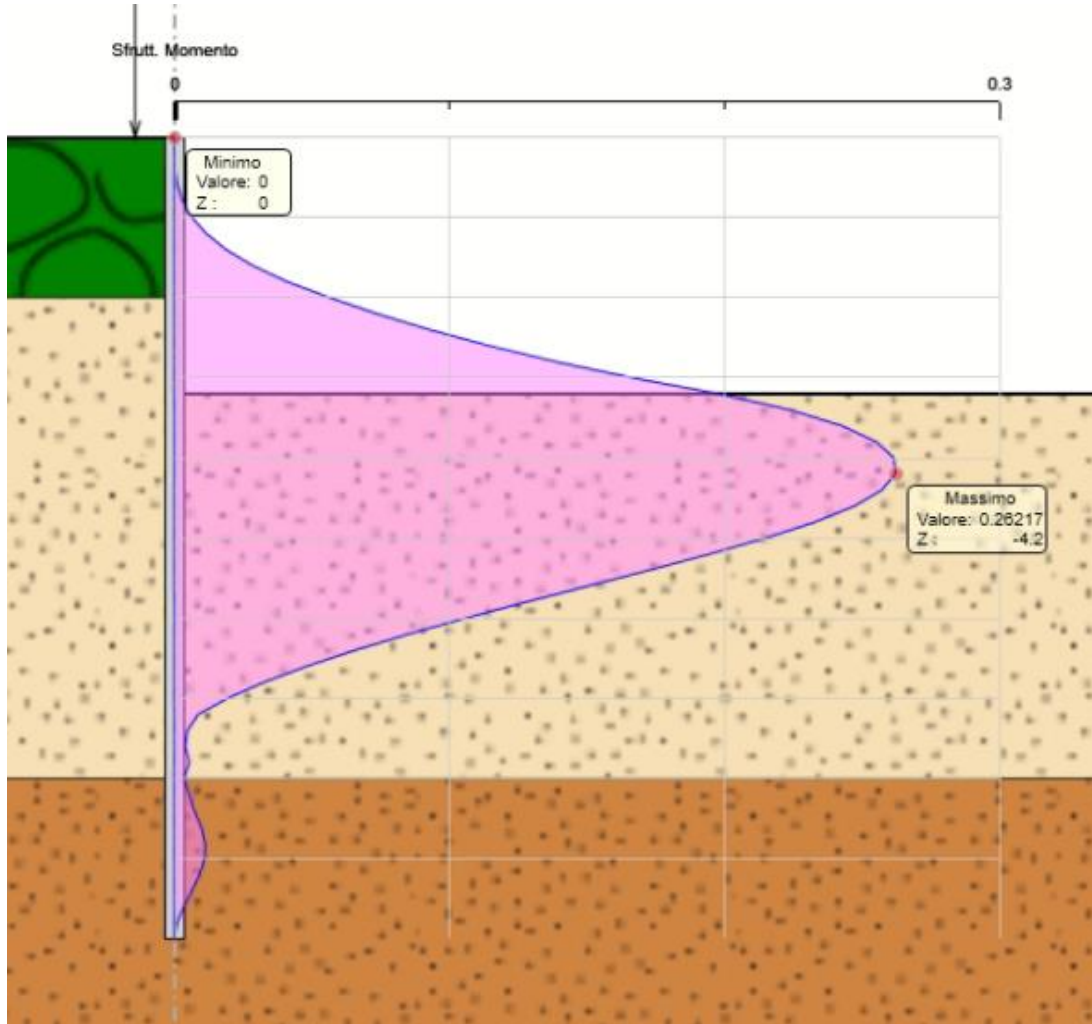
Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei pali a flessione e a taglio condotte mediante l'ausilio di Paratie plus. In particolare, si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento, ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione.

MANDATARIA: MANDANTI:



**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

Tasso di sfruttamento a momento T.S.F.max = 0.26 < 1

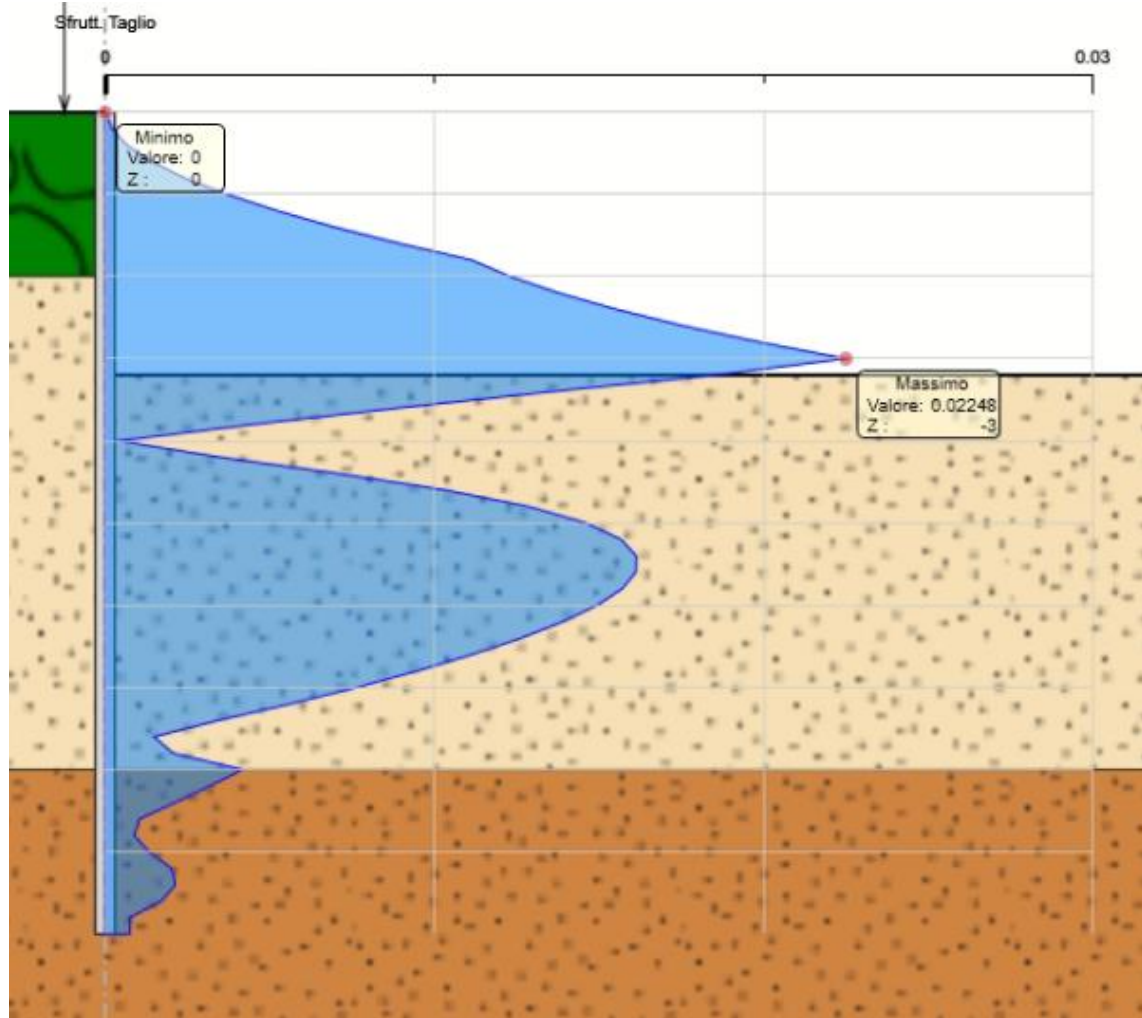


MANDATARIA: MANDANTI:



**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

Tasso di sfruttamento a taglio T.S.F.max =  $0.02 < 1$

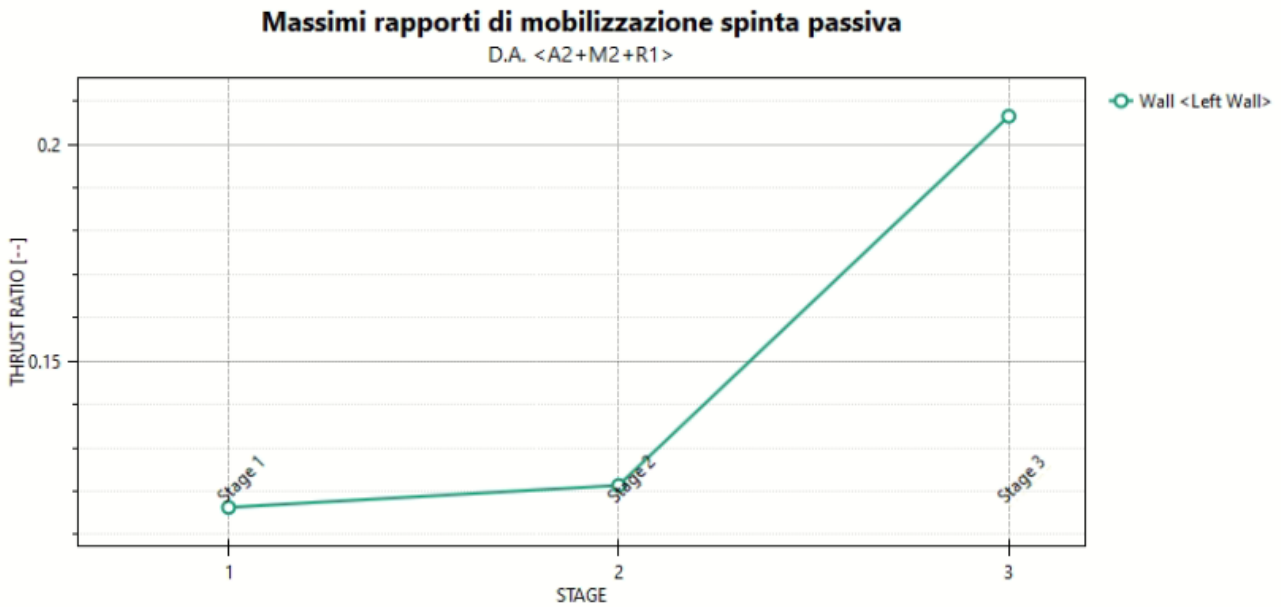


MANDATARIA: MANDANTI:

### 9.1.2 Verifiche SLU geo

Le verifiche geotecniche sono svolte valutando il coefficiente di sicurezza in termini di rapporto di mobilitazione della spinta passiva, cioè come rapporto tra spinta passiva mobilitata al piede della paratia e la spinta passiva mobilitabile. La verifica è soddisfatta se tale rapporto è inferiore all'unità.

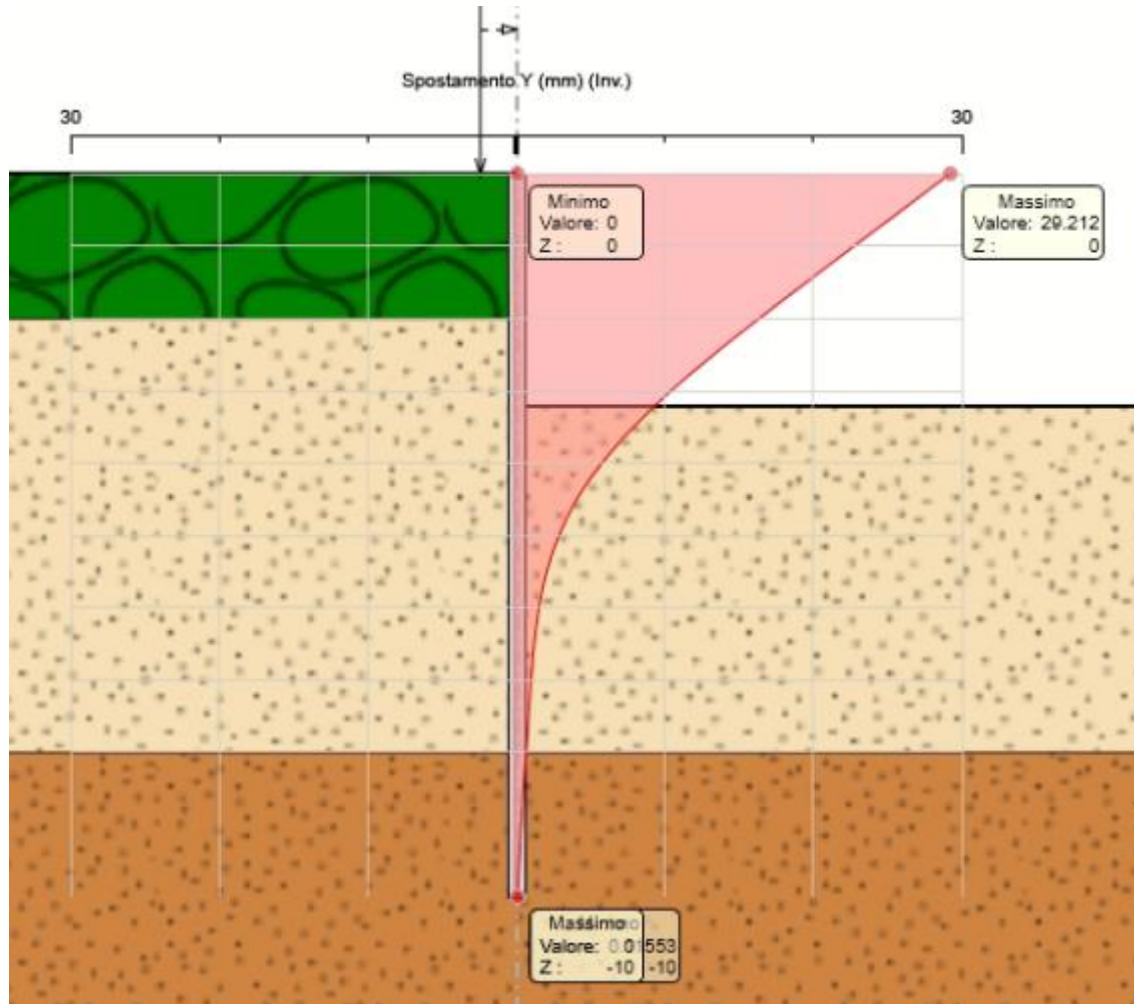
Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari al 20 %.



MANDATARIA: MANDANTI:

**9.1.3 Verifiche SLE**

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SLE si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 29 mm:



		m	mm
check 1	0.005H	0.05	50
check 2	1/100H <sub>scavo</sub>	0.032	32

	limite spostamento paratia a SLE	
	m	mm
	0.032	32

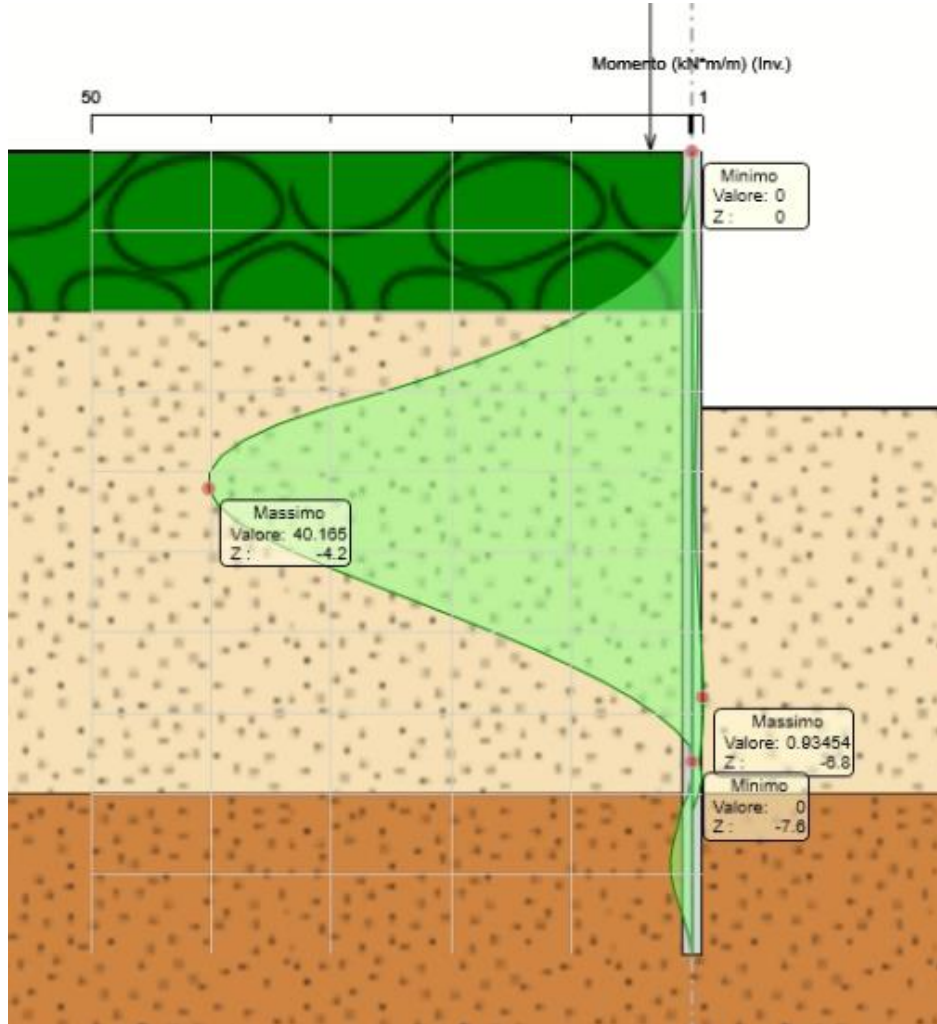
risultato sle	
mm	
>	29

ok

MANDATARIA: MANDANTI:

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

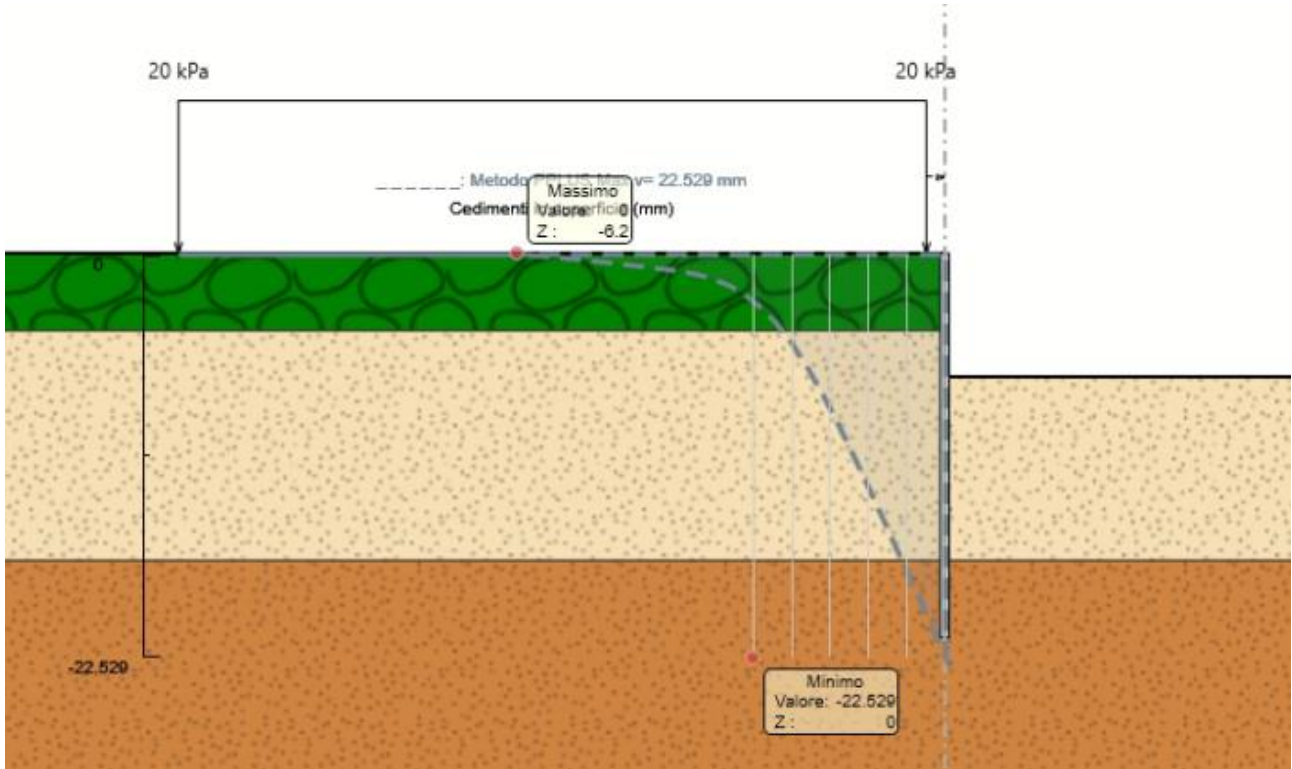
Dall'involuppo del momento flettente si osserva che il massimo valore risulta pari a 40 kNm/m.



MANDATARIA: MANDANTI:

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

Il cedimento massimo risulta pari a 22.5 mm.



MANDATARIA: MANDANTI:



## 10. VERIFICA stabilità DELLO SCAVO

Per le verifiche di stabilità dello scavo è stato utilizzato il modulo VSP di PARATIE PLUS 21.0.

Questo tipo di verifica prende in esame la configurazione di scavo nella fase generica, prescindendo dalla sequenza costruttiva precedente. Questa tecnica, infatti, appartiene all'ambito dei metodi dell'equilibrio limite che operano indipendentemente dal comportamento deformativo dell'opera, o meglio, che prescindono dalla successione temporale delle deformazioni reversibili e irreversibili sviluppatesi prima della configurazione esaminata.

Per la verifica è stato adottato il metodo rigoroso di **Morgenstern & Price**, appartenete alla famiglia dei metodi dell'equilibrio limite (LEM), basati sull'individuare una regione di terreno potenzialmente instabile, suddivisa in tanti conci verticali (*slices*) e mobilitata lungo una superficie di scorrimento. Questo metodo considera superfici di scorrimento di forma generica e ricerca il coefficiente di sicurezza associato ad una superficie imponendo le condizioni di equilibrio globale a traslazione e a rotazione. Queste ultime includono tutte le forze di interstriscia.

Al fine di rendere il problema staticamente determinato, si aggiungono (n-1) equazioni, ipotizzando che l'inclinazione delle forze tra i conci vari con la posizione x del concio, secondo una legge f(x) nota a meno di un moltiplicatore  $\lambda$ , introdotto come incognita aggiuntiva:

$$\frac{X_i}{E_i} = \lambda f(x)$$

Dove:

$X_i$ : forza tangenziale agente sulla faccia i-esima del concio.

$E_i$ : forza ortogonale alla faccia i-esima del concio.

$\lambda$ : incognita.

f(x): funzione di forma che nel caso di M&P è sinusoidale.

La soluzione del problema è determinata mediante un processo iterativo.

**Mediante la griglia quadrangolare dei centri definita nel programma, vengono considerate diverse superfici di scorrimento.**

Infine, viene individuata la superficie di scorrimento più gravosa (superficie critica), ovvero quella tale per cui il coefficiente di sicurezza è minimo.

La stabilità è stata studiata nelle sole condizioni statiche, essendo lo scavo provvisorio, e sotto la combinazione dei coefficienti parziali A2+M2+R2.

La verifica risulterà soddisfatta se il coefficiente di sicurezza **FS<sub>MIN</sub> ≥ R2=1.1**

Si sottolinea che, a favore di sicurezza, nella ricerca delle superfici di rottura critiche non sono stati considerati eventuali carichi a valle della regione di terreno potenzialmente instabile, essendo questi ultimi stabilizzanti.

MANDATARIA: MANDANTI:

 Sintagma

 GPI INGEGNERIA  
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA s.r.l.

 coopprogetti

 ICARIA  
società di ingegneria

 GEOTECHNICAL  
DESIGN GROUP

 OMNISERVICE  
INGEGNERIA

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

Nello specifico, è stato considerato lo scavo provvisorio necessario per realizzare la spalla 1 in quanto considerato il peggiore.

Nella figura sottostante è riportata la superficie di rottura critica per la combinazione DA1C2; il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi, e quindi il minore tra tutti i fattori di sicurezza FS calcolati, è pari a:

$$FS^{\text{MIN}} (DA1C2) = 1.716$$

Essendo soddisfatta la relazione:

$$FS^{\text{MIN}} \geq R2 = 1.1,$$

**la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.**

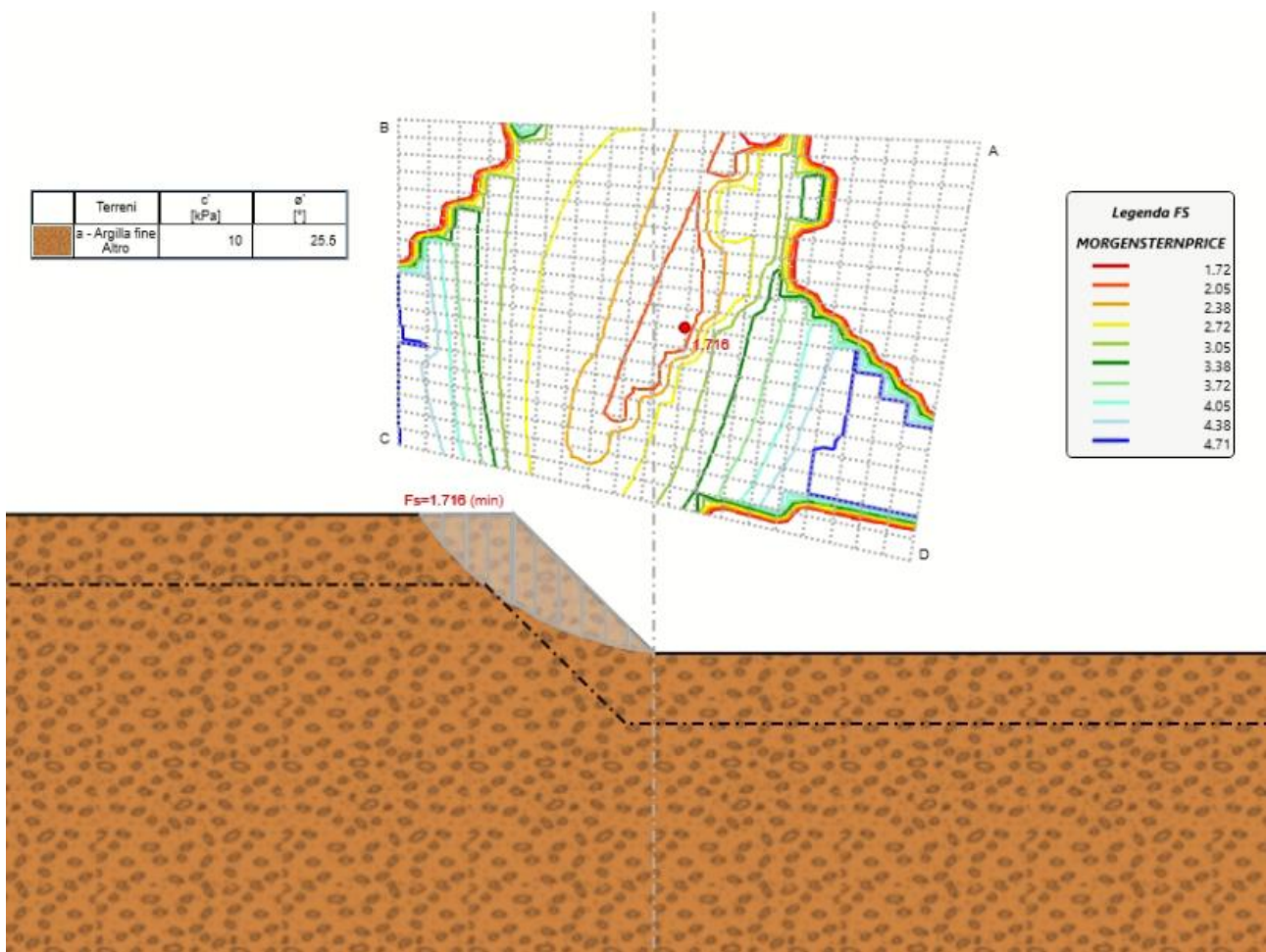


Figura 2: Verifica di stabilità globale in condizioni statiche.

MANDATARIA: MANDANTI:

## 11.TABULATI DI CALCOLO

### Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -2 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -8 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$c'$	Su	Modulo	Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur		
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	kPa	kPa				kPa	kPa			kPa			kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	
1	rilevato	19	19	35		0		Constant		10000	16000											
2	a -argilla_fine	18	18	25.5		10		Constant		10000	16000											
3	a -argilla_gross	20	20	40		0		Constant		40000	64000											

MANDATARIA: MANDANTI:





---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

**Descrizione Pareti**

X : 5 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di sinistra

Sezione : MICROPALI BERLINESE

Area equivalente : 0.0280978482079417 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.45 m

Diametro : 0.24 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S275

Sezione : CHS177.8\*12.5

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.45 m

Spessore : 0.0125 m

Diametro : 0.1778 m

---

MANDATARIA:

MANDANTI:

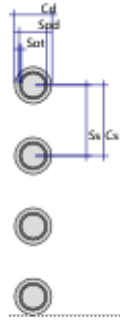


ICARIA  
società di ingegneria



---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**



---

MANDATARIA:

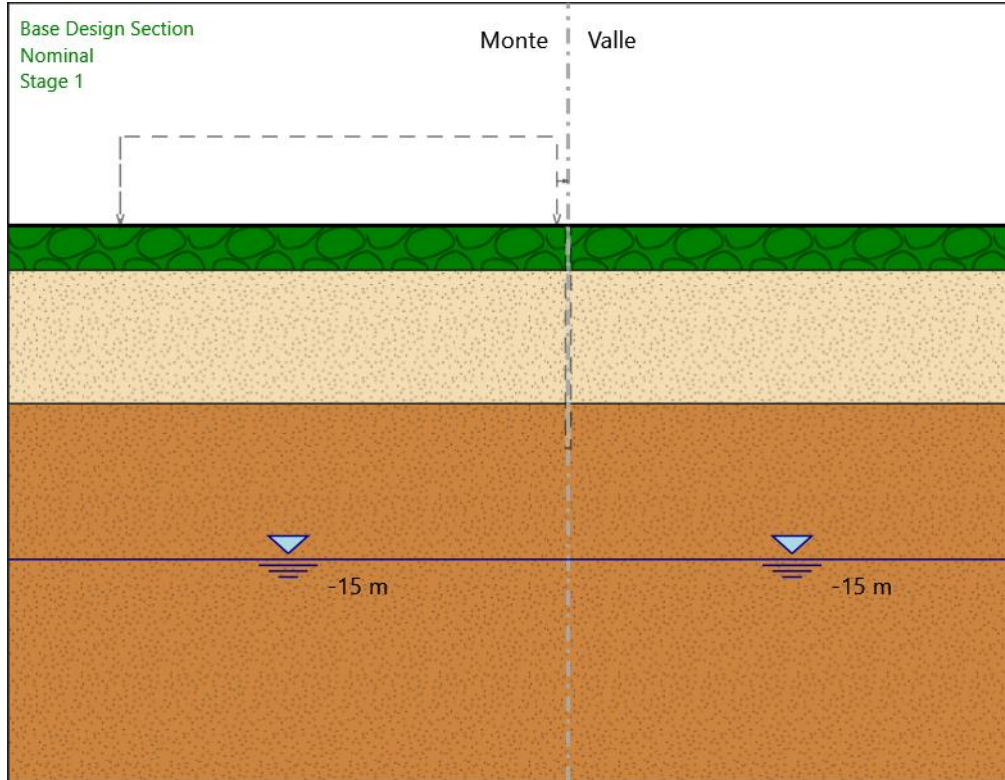
MANDANTI:



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Fasi di Calcolo

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

MANDATARIA:

MANDANTI:

---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

---

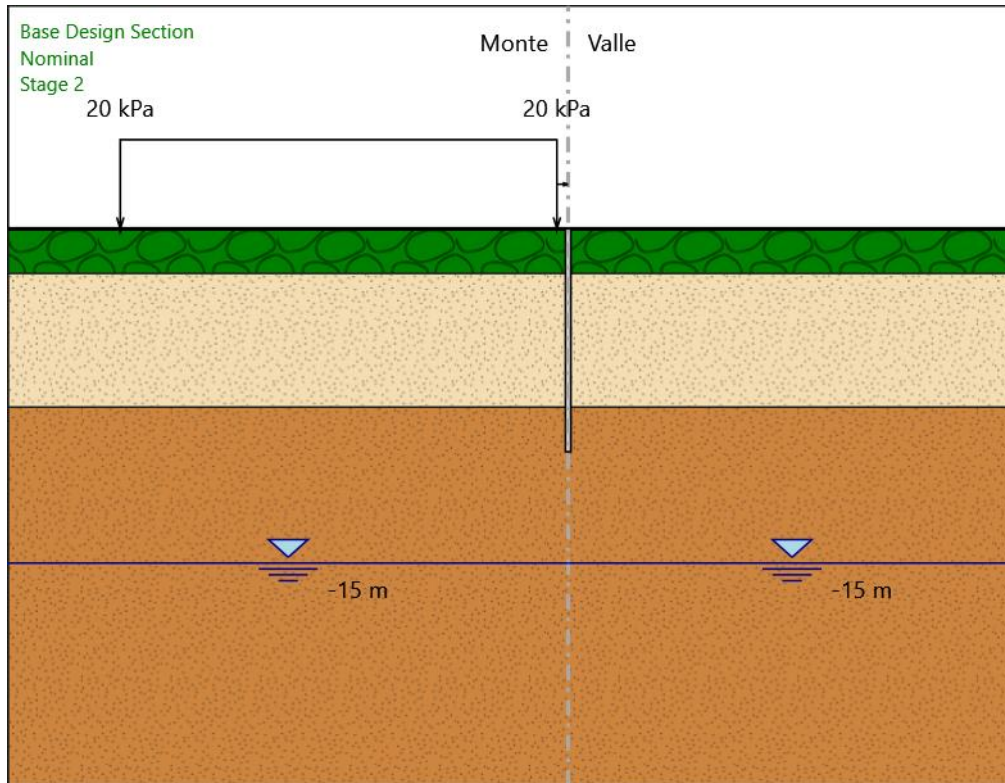
**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

MANDATARIA: MANDANTI:

---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

X iniziale : -15 m  
X finale : 4.5 m  
Pressione iniziale : 20 kPa  
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement  
X : 5 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -10 m  
Sezione : MICROPALI BERLINESE

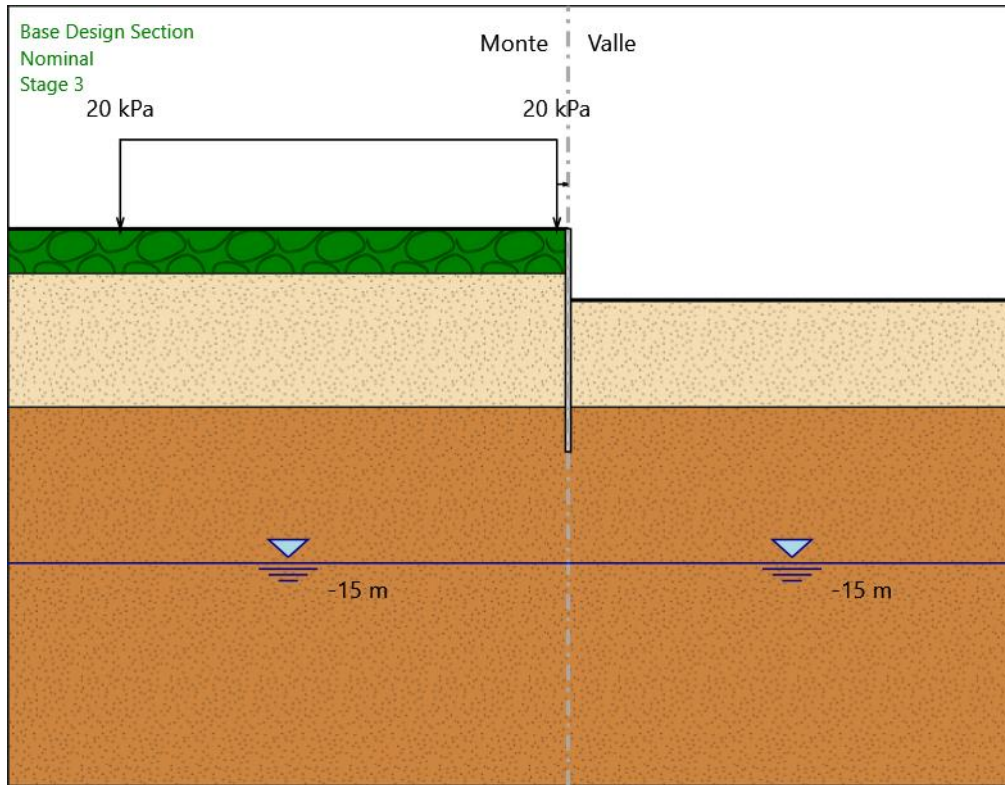
---

MANDATARIA: MANDANTI:



**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

**Stage 3**



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.2 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

MANDATARIA: MANDANTI:

---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

X iniziale : -15 m  
X finale : 4.5 m  
Pressione iniziale : 20 kPa  
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement  
X : 5 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -10 m  
Sezione : MICROPALI BERLINESE

---

MANDATARIA: MANDANTI:



  
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA s.r.l.

  
cooprogetti

 **ICARIA**  
società di ingegneria

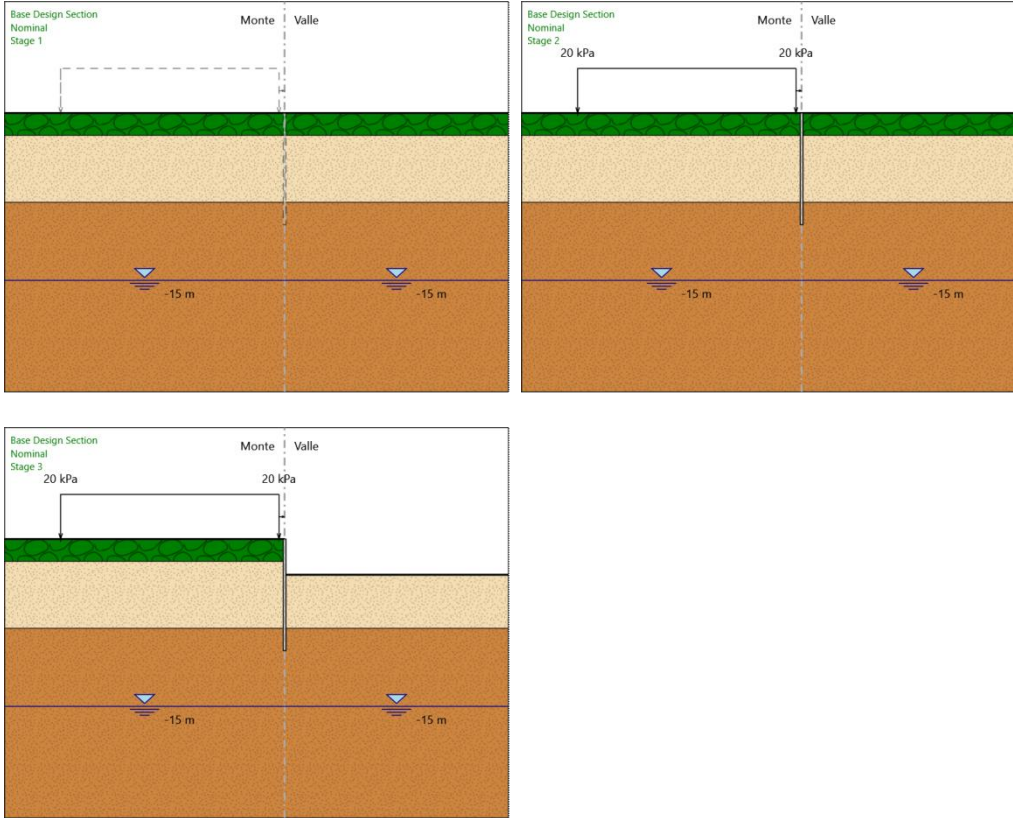
 **GEOTECHNICAL  
DESIGN GROUP**

 **OMNISERVICE**  
INGEGNERIA



**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

**Tabella Configurazione Stage (Nominal)**



MANDATARIA: MANDANTI:



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load)	Pressioni Monte (F_Wat erDR)	Pressioni Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Variabili Stabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)	Carichi Variabili Stabilizzanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1	1	1
A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	1	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohes)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)			V
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)			V
A2+M2+R1			V

MANDATARIA: MANDANTI:



**Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)**

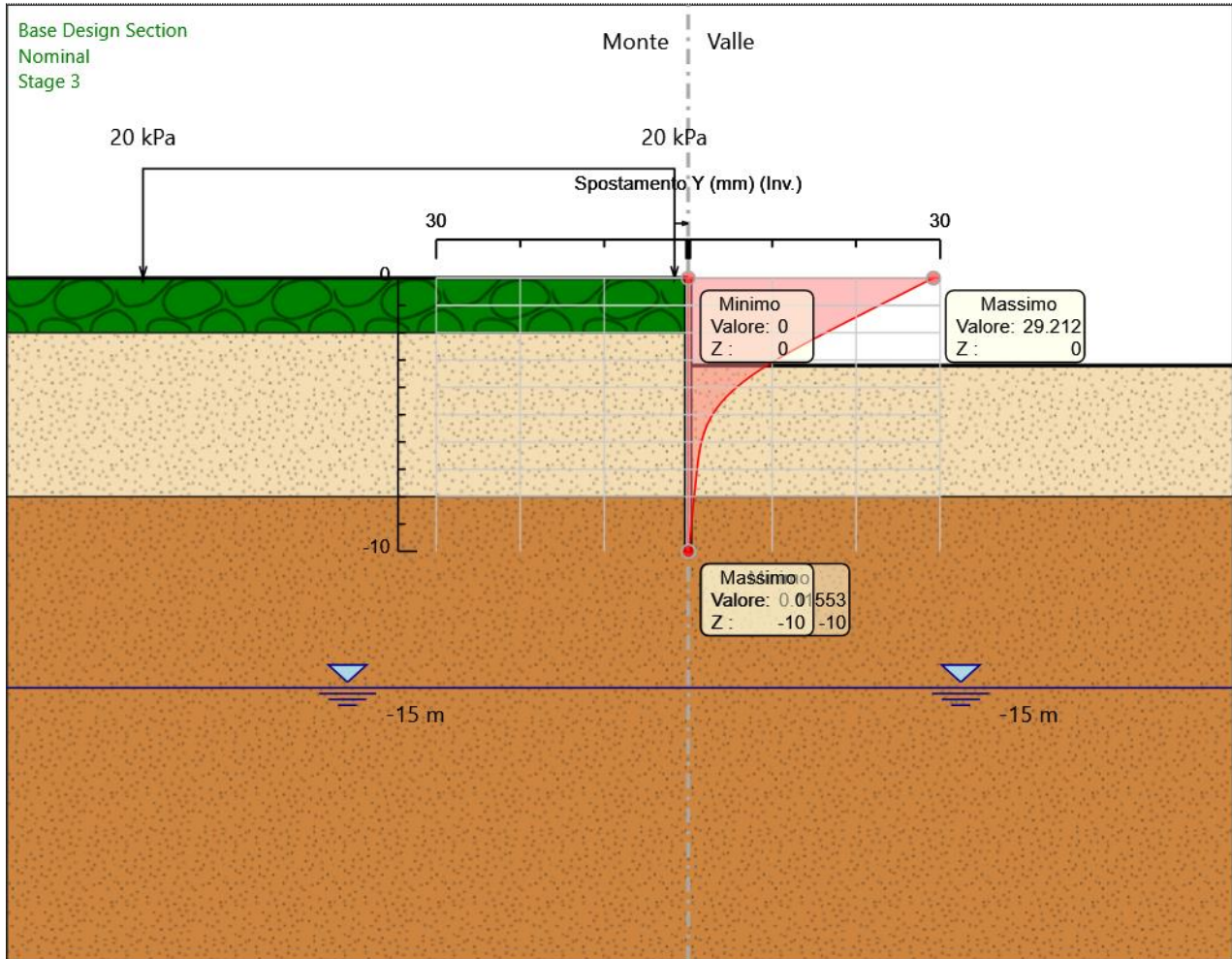
**Grafico Inviluppi Spostamento**

---

MANDATARIA: MANDANTI:



**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**



Spostamento

MANDATARIA: MANDANTI:



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

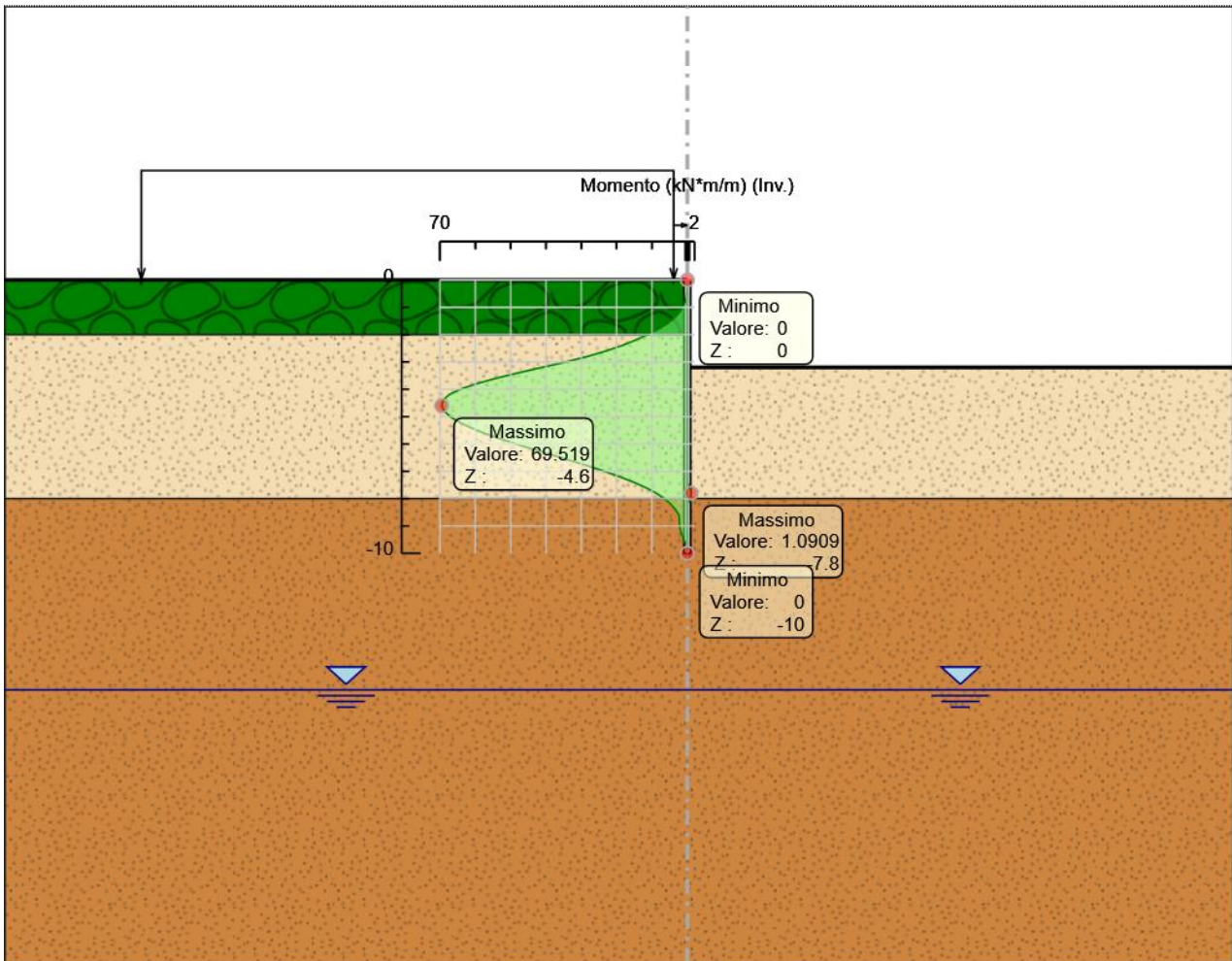
Tabella Involuppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0.057	0
-0.6	0.237	0
-0.8	0.621	0
-1	1.288	0
-1.2	2.311	0
-1.4	3.757	0
-1.6	5.689	0
-1.8	8.17	0
-2	11.26	0
-2.2	14.675	0
-2.4	18.496	0
-2.6	23.034	0
-2.8	28.319	0
-3	34.356	0
-3.2	41.216	0
-3.4	47.94	0
-3.6	54.227	0
-3.8	59.774	0
-4	64.279	0
-4.2	67.439	0
-4.4	69.124	0
-4.6	69.519	0
-4.8	68.798	0
-5	67.114	0
-5.2	64.602	0
-5.4	61.383	0
-5.6	57.563	0
-5.8	53.232	0
-6	48.505	0
-6.2	43.488	0
-6.4	38.326	0
-6.6	33.183	0
-6.8	28.196	0
-7	23.476	0
-7.2	19.113	0
-7.4	15.177	0
-7.6	11.726	0.788
-7.8	8.805	1.091
-8	6.453	0.69
-8.2	4.699	0
-8.4	3.353	0
-8.6	2.357	0
-8.8	2.229	0
-9	2.197	0
-9.2	1.831	0
-9.4	1.271	0
-9.6	0.679	0
-9.8	0.206	0
-10	0	0

MANDATARIA: MANDANTI:



**Grafico Involuppi Momento**



MANDATARIA: MANDANTI:

---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

Momento

---

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**





RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

**Tabella Inviluppi Taglio WallElement**

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.2	0.284	0
-0.4	0.903	0
-0.6	1.919	0
-0.8	3.336	0
-1	5.114	0
-1.2	7.228	0
-1.4	9.662	0
-1.6	12.405	0
-1.8	15.45	0
-2	17.333	0
-2.2	19.996	0
-2.4	23.028	0
-2.6	26.424	0
-2.8	30.182	0
-3	34.299	0
-3.2	34.299	0
-3.4	33.622	0
-3.6	31.435	0
-3.8	27.736	0
-4	22.524	0
-4.2	15.799	4.857
-4.4	8.429	9.869
-4.6	1.973	14.345
-4.8	0	17.876
-5	0	20.29
-5.2	0	21.75
-5.4	0	22.404
-5.6	0	22.404
-5.8	0	23.636
-6	0	25.083
-6.2	0	25.814
-6.4	0	25.814
-6.6	0	25.715
-6.8	0	24.933
-7	0	23.598
-7.2	0	21.817
-7.4	0	19.679
-7.6	0	17.256
-7.8	2.005	14.603
-8	5.784	11.764
-8.2	5.784	8.77
-8.4	4.408	6.727
-8.6	2.961	4.982
-8.8	1.441	3.582
-9	0	2.562
-9.2	0	2.796
-9.4	0	2.96
-9.6	0	2.96
-9.8	0	2.365
-10	0	1.032

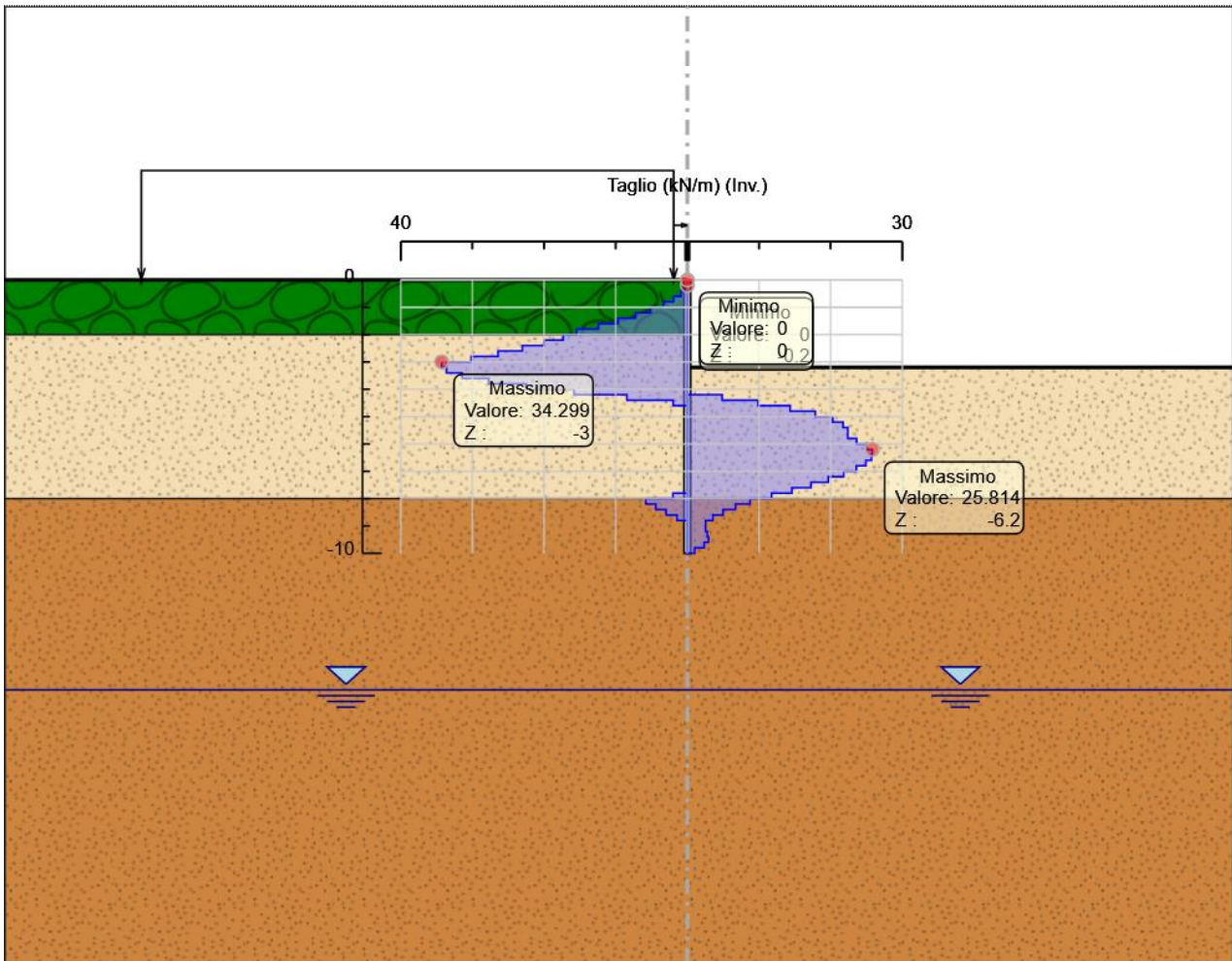
MANDATARIA: MANDANTI:





**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

**Grafico Inviluppi Taglio**



MANDATARIA: MANDANTI:

---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

Taglio

---

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

**Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva**

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
A2+M2+R1	Stage 3	Left Wall	LEFT	9.62
A2+M2+R1	Stage 3	Left Wall	RIGHT	20.65

---

MANDATARIA:

MANDANTI:



---

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

**Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva**

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%
A2+M2+R1	Stage 3	Left Wall	LEFT	106.82
A2+M2+R1	Stage 3	Left Wall	RIGHT	327.87

---

MANDATARIA:

MANDANTI:



## Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

### Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15

---

MANDATARIA: MANDANTI:



### Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)			V
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)			V
A2+M2+R1			V

---

MANDATARIA: MANDANTI:



**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

**Risultati SteelWorld**

**Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT**

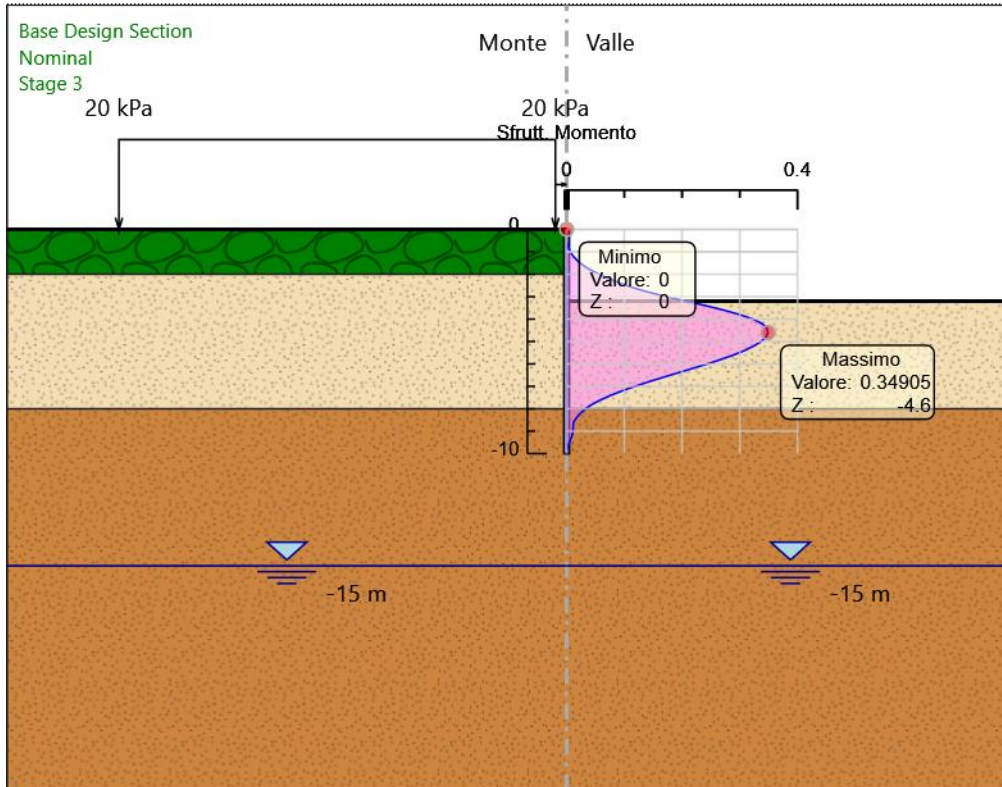
Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0
-0.6	0.001
-0.8	0.003
-1	0.006
-1.2	0.012
-1.4	0.019
-1.6	0.029
-1.8	0.041
-2	0.057
-2.2	0.074
-2.4	0.093
-2.6	0.116
-2.8	0.142
-3	0.172
-3.2	0.207
-3.4	0.241
-3.6	0.272
-3.8	0.3
-4	0.323
-4.2	0.339
-4.4	0.347
-4.6	0.349
-4.8	0.345
-5	0.337
-5.2	0.324
-5.4	0.308
-5.6	0.289
-5.8	0.267
-6	0.244
-6.2	0.218
-6.4	0.192
-6.6	0.167
-6.8	0.142
-7	0.118
-7.2	0.096
-7.4	0.076
-7.6	0.059
-7.8	0.044
-8	0.032
-8.2	0.024
-8.4	0.017
-8.6	0.012
-8.8	0.011
-9	0.011
-9.2	0.009
-9.4	0.006
-9.6	0.003
-9.8	0.001
-10	0

MANDATARIA: MANDANTI:





**Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld**



Inviluppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

MANDATARIA: MANDANTI:

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

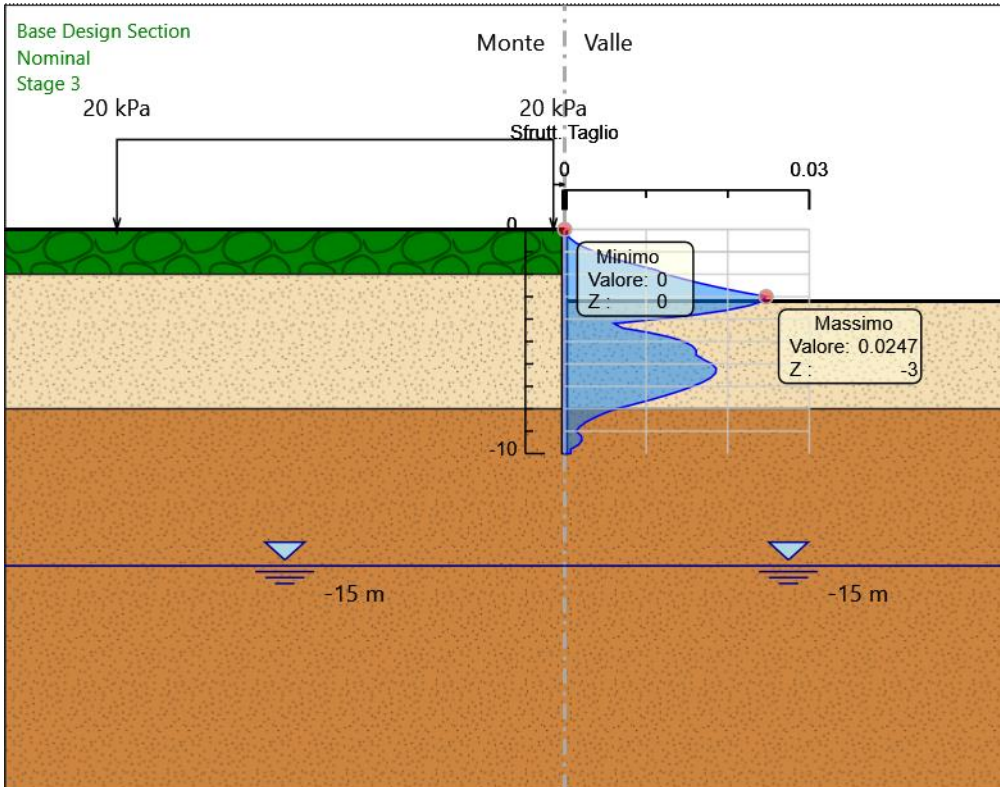
**Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT**

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0.001
-0.6	0.001
-0.8	0.002
-1	0.004
-1.2	0.005
-1.4	0.007
-1.6	0.009
-1.8	0.011
-2	0.012
-2.2	0.014
-2.4	0.017
-2.6	0.019
-2.8	0.022
-3	0.025
-3.2	0.024
-3.4	0.023
-3.6	0.02
-3.8	0.016
-4	0.011
-4.2	0.006
-4.4	0.007
-4.6	0.01
-4.8	0.013
-5	0.015
-5.2	0.016
-5.4	0.016
-5.6	0.016
-5.8	0.017
-6	0.018
-6.2	0.019
-6.4	0.019
-6.6	0.018
-6.8	0.017
-7	0.016
-7.2	0.014
-7.4	0.012
-7.6	0.011
-7.8	0.008
-8	0.006
-8.2	0.005
-8.4	0.004
-8.6	0.003
-8.8	0.002
-9	0.001
-9.2	0.002
-9.4	0.002
-9.6	0.002
-9.8	0.001
-10	0.001

MANDATARIA: MANDANTI:



**Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld**



Inviluppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

MANDATARIA:

MANDANTI: