

**S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"**  
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA  
1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PG143**

PROGETTAZIONE: **ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n°A844

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 Prov. di Perugia n° A1373

Il Responsabile di Progetto

Arch. Pianificatore Marco Colazza

Il Responsabile del Procedimento

Dott. Ing.  
Alessandro Micheli

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott.Ing. N.Granieri  
Dott.Arch. N.Kamenicky  
Dott.Ing. V.Truffini  
Dott.Arch. A.Bracchini  
Dott.Ing. F.Durastanti  
Dott.Ing. E.Bartolucci  
Dott.Geol. G.Cerquiglini  
Geom. S.Scopetta  
Dott.Ing. L.Sbrenna  
Dott.Ing. E.Sellari  
Dott.Ing. L.Dinelli  
Dott.Ing. L.Nani  
Dott.Ing. F.Pambianco  
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. C.Consorti  
Dott. Ing. E.Loffredo  
Dott. Ing. C.Chierichini

Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. F.Macchioni  
Geom. C.Vischini  
Dott. Ing. V.Piunno  
Dott. Ing. G.Pulli  
Geom. C.Sugaroni



**08.VIADOTTI E PONTI**  
**08.01 VIADOTTO MARROGGIA**

**Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	<i>T00V101STRE10B</i>		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00V101STRE10	B	-
B	Rev. A seguito istr. ANAS		Set 2023	P.Manni	F.Durastanti N.Granieri
A	Emissione		Ago 2023	P.Manni	F.Durastanti N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
1.1	OGGETTO E SCOPO .....	3
1.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.2.1	Opera provvisoriale spalla .....	4
1.2.2	Opera provvisoriale muro di controripa in destra.....	6
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>9</b>
3.1	CALCESTRUZZO MAGRONE.....	9
3.2	CALCESTRUZZO CORDOLI .....	9
3.3	ACCIAIO TUBI PER MICROPALI .....	9
3.4	MISCELE CEMENTIZIE PER CEMENTAZIONE MICROPALI E INIEZIONE TIRANTI .....	9
3.5	TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	9
<b>4</b>	<b>SOFTWARE DI CALCOLO.....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>11</b>
5.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO .....	11
5.2	TERRENO DI FONDAZIONE .....	11
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO SISMICO .....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>DESCRIZIONE MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>18</b>
7.1	OPERA PROVVISORIALE SPALLA.....	21
7.2	OPERA PROVVISORIALE MURO DI CONTRORIPA IN DESTRA.....	27
<b>8</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>32</b>
8.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA .....	32
8.2	SPINTA DELLE TERRE .....	32
8.3	CARICHI ACCIDENTALI DA TRAFFICO .....	32
8.4	AZIONI SISMICHE.....	32
<b>9</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA.....</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>35</b>
<b>11</b>	<b>SINTESI RISULTATI.....</b>	<b>36</b>
11.1	OPERA PROVVISORIALE SPALLA.....	36
11.2	OPERA PROVVISORIALE MURO DI CONTRORIPA IN DESTRA.....	41
<b>12</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>46</b>
12.1	OPERA PROVVISORIALE SPALLA.....	46
12.1.1	Micropali in acciaio .....	46
12.1.2	Tiranti di ancoraggio.....	50
12.1.2.1	Verifica a trazione dell'armatura .....	50
12.1.2.2	Verifica a sfilamento del bulbo di ancoraggio .....	51
12.1.2.3	Verifica aderenza malta .....	52
12.1.3	Trave di ripartizione .....	53

12.2	OPERA PROVVISORIALE MURO DI CONTRORIPA IN DESTRA.....	54
12.2.1	<i>Micropali in acciaio</i> .....	54
<b>13</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE</b> .....	<b>58</b>
13.1	OPERA PROVVISORIALE SPALLA.....	58
13.2	OPERA PROVVISORIALE MURO DI CONTRORIPA IN DESTRA.....	59
<b>14</b>	<b>TABULATO PARATIE PLUS</b> .....	<b>60</b>
14.1	OPERA PROVVISORIALE SPALLA.....	60
14.2	OPERA PROVVISORIALE MURO DI CONTRORIPA IN DESTRA.....	102

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Oggetto e scopo

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) dell'opera provvisoria della spalla 2 del viadotto Marroggia e del muro di contropipa in destra in uscita dal medesimo. L'opera stradale servita è denominata "Strada delle tre valli umbre" e si snoda fra lo svincolo di progetto della S.G.C. E45 in località Acquasparta e lo svincolo della nuova Flaminia (SS.3) in località Eggi per una lunghezza di 20+885 km. L'opera è ubicata nell'area del comune di Spoleto (PG) in prossimità della frazione Madonna di Baiano.

Si riportano le immagini del sito di ubicazione dell'opera e della planimetria di progetto:

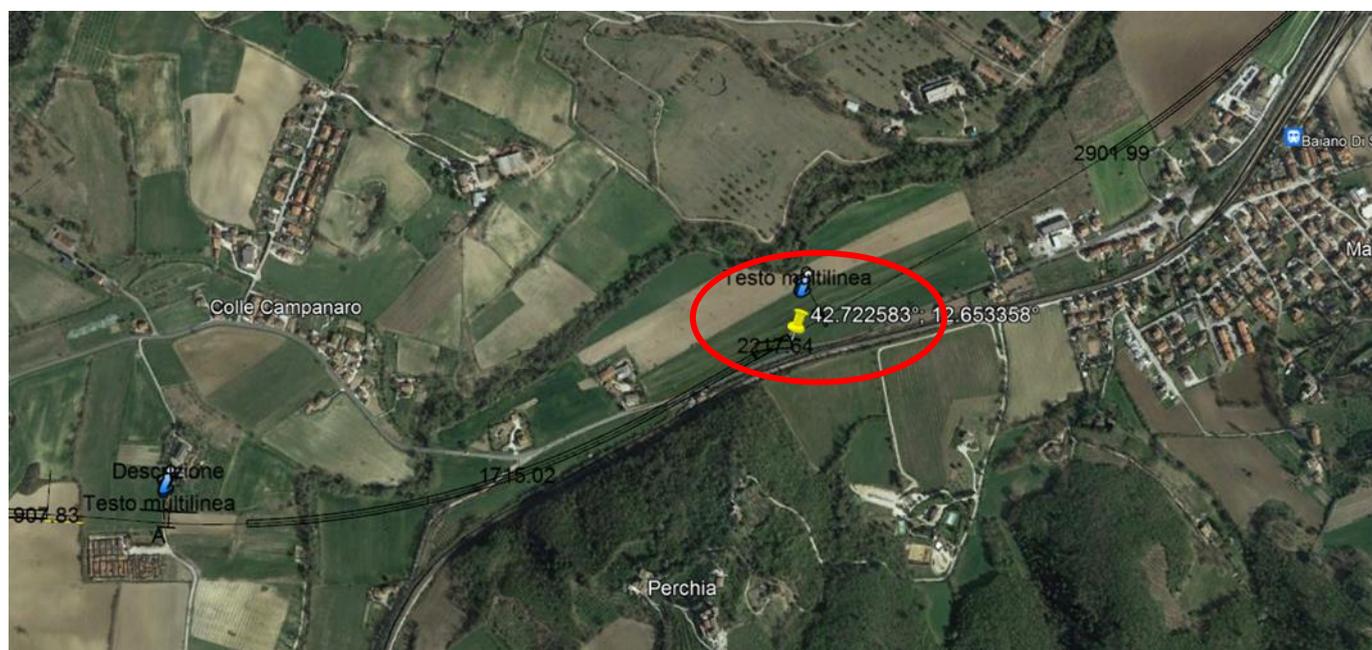


Figura 1-1. Localizzazione geografica dell'opera

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

## 1.2 Descrizione dell'opera

### 1.2.1 Opera provvisoria spalla

L'opera consiste in una paratia di micropali  $\Phi 240$  passo 0.40m e lunghezza  $L=9.5$ m, armati con tubolare CHS 139.7x12.5mm in acciaio. L'altezza di scavo di calcolo è pari a 5.4m, avendo incrementato l'altezza effettiva di scavo di un'aliquota pari al 10%, come previsto al §6.5.2.2 delle NTC2018. È previsto l'inserimento di un ordine di tiranti di lunghezza  $L=11.0$ m (lunghezza libera  $L_l=3.0$ m e lunghezza bulbo  $L_b=8.0$ m) e interasse  $i=1.6$ m, inclinati di  $20^\circ$  rispetto all'orizzontale. I tiranti sono costituiti da 3 trefoli da 0.6" in acciaio armonico.

Essendo una sezione di calcolo tipologica, si è considerata l'altezza massima di scavo e la minima distanza dalla viabilità esistente.

Di seguito si riporta la pianta, una sezione trasversale e un prospetto dell'opera:

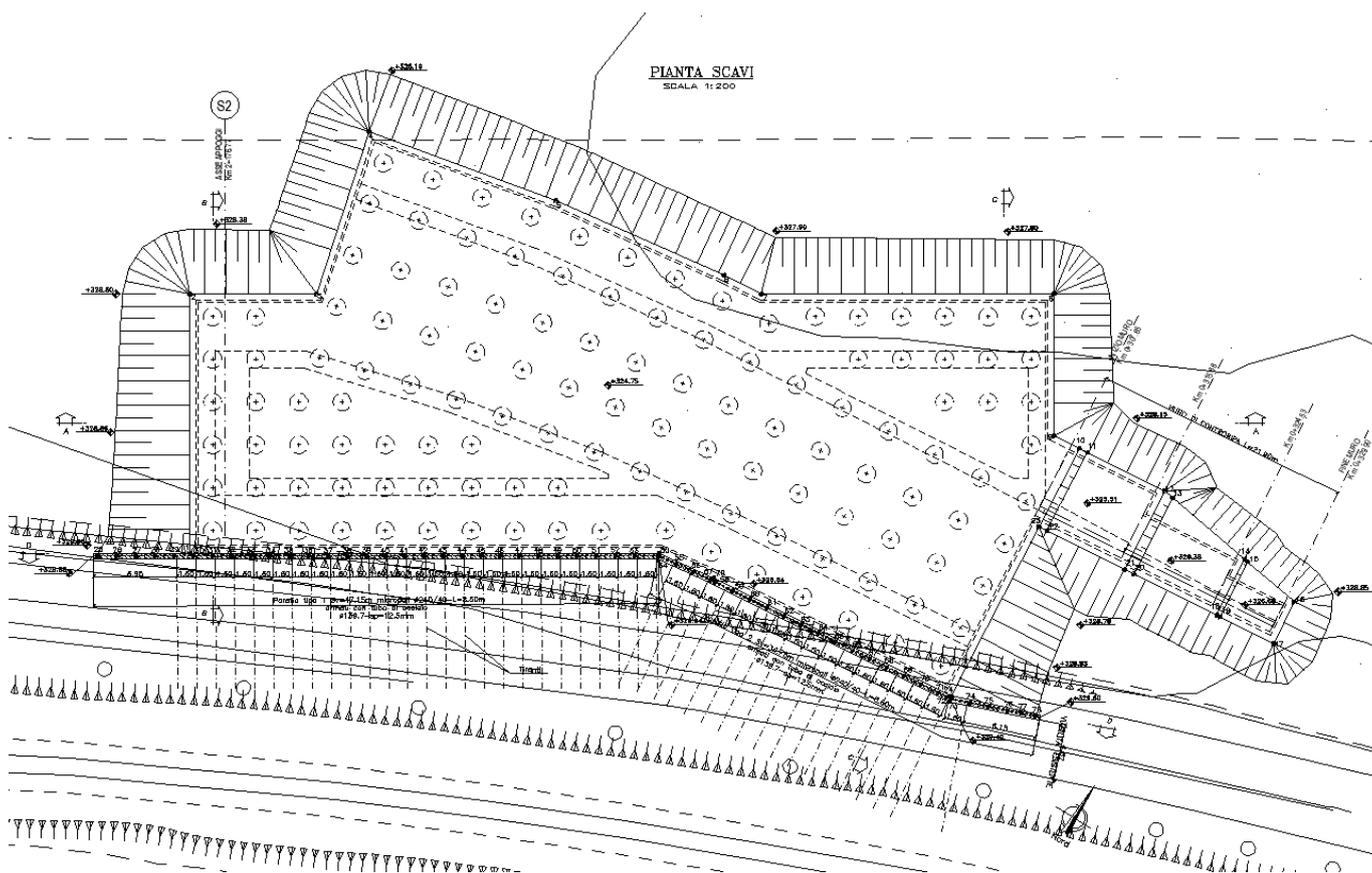


Figura 1-2. Planimetria dell'opera

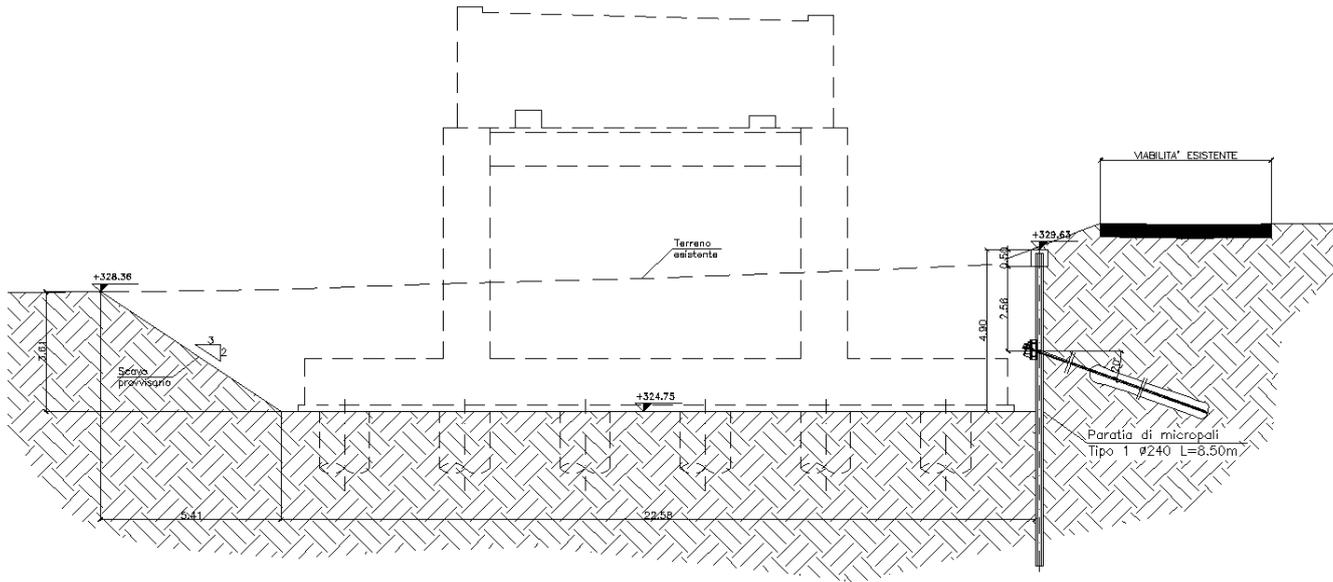


Figura 1-3. Sezione trasversale dell'opera

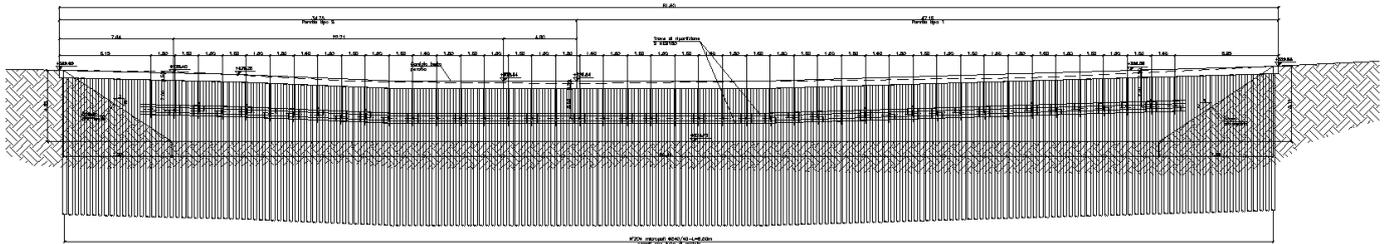


Figura 1-4. Prospetto dell'opera

### 1.2.2 Opera provvisoria muro di contropipa in destra

L'opera consiste in una paratia di micropali  $\Phi 240$  passo 0.40m e lunghezza  $L=6.0$ m, armati con tubolare CHS 139.7x8 mm in acciaio. L'altezza di scavo di calcolo è pari a 2.6m, avendo incrementato l'altezza effettiva di scavo di un'aliquota pari al 10%, come previsto al §6.5.2.2 delle NTC2018.

Essendo una sezione di calcolo tipologica, si è considerata l'altezza massima di scavo.

Di seguito si riporta una pianta, una sezione trasversale e un prospetto dell'opera:

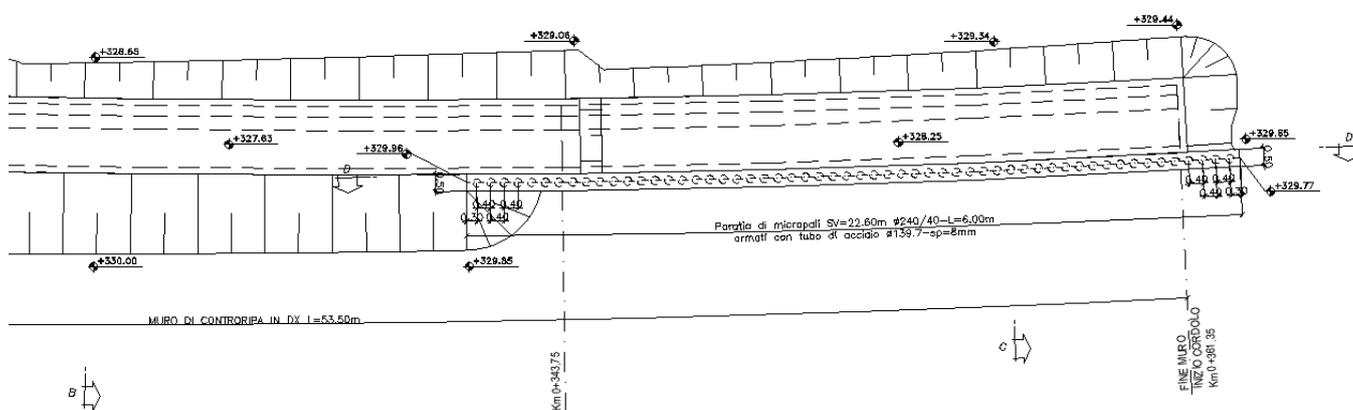


Figura 1-5. Planimetria dell'opera

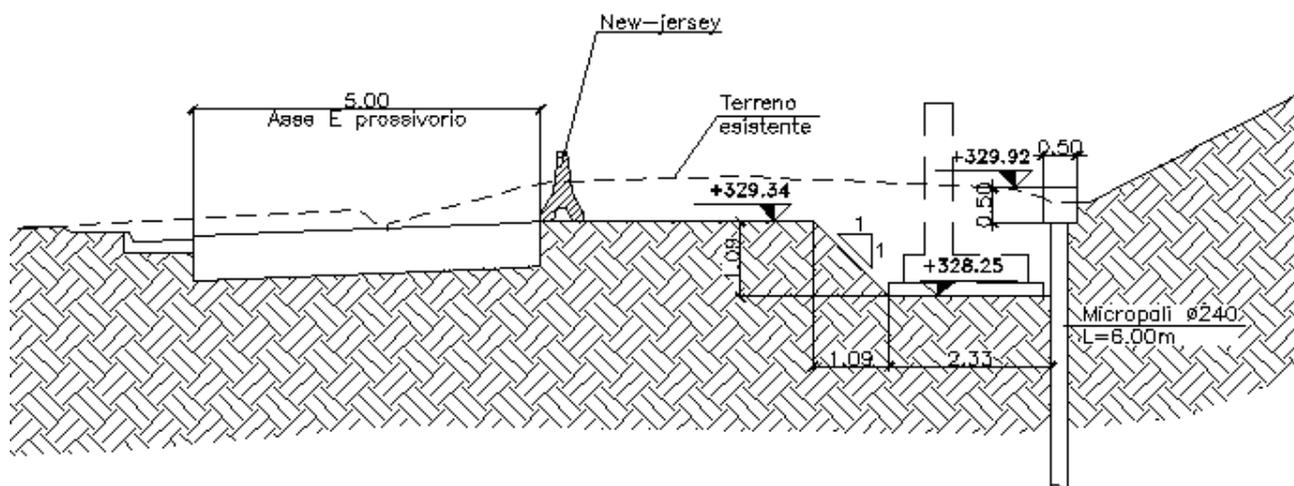


Figura 1-6. Sezione trasversale dell'opera

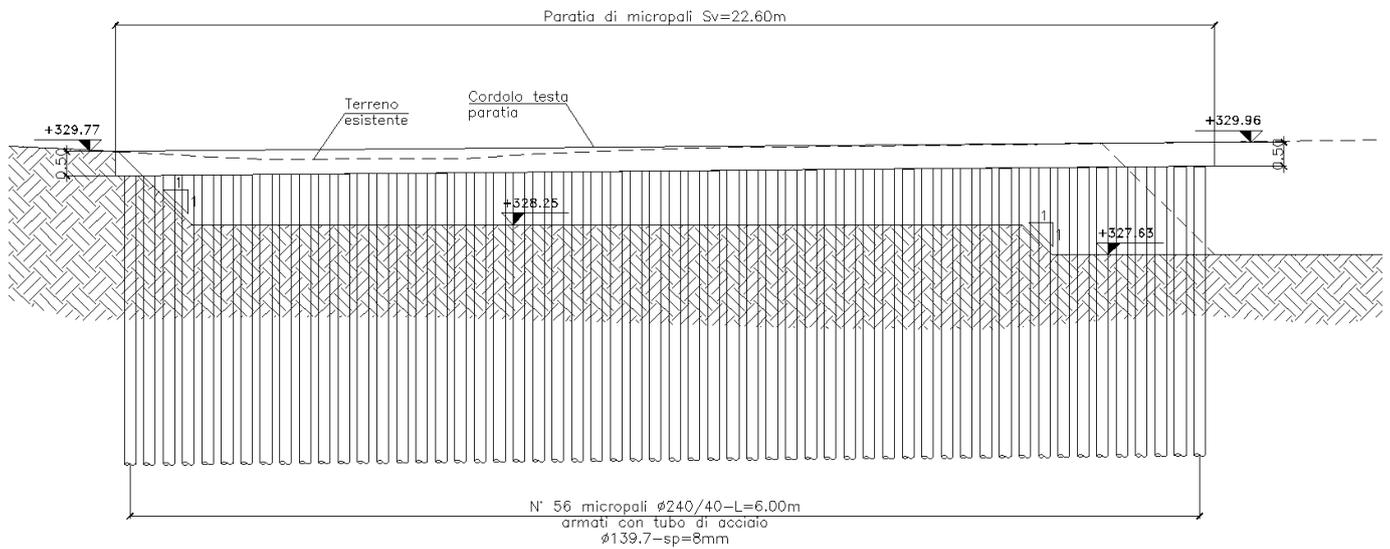


Figura 1-7. Prospetto dell'opera

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 17/01/2018;
- Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- C.M. 21/01/2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;

### 3 MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo magrone

##### **Conglomerato classe di resistenza C12/15 – Rck 15MPa**

Resistenza caratteristica cubica:  $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica:  $f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$

#### 3.2 Calcestruzzo cordoli

##### **Conglomerato classe di resistenza C28/35 – Rck 35MPa**

Resistenza caratteristica cubica:  $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica:  $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione: XC2

Classe di consistenza slump: S4

Copriferro armatura principale 50 mm

#### 3.3 Acciaio tubi per micropali

##### **Acciaio S355**

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$

#### 3.4 Miscele cementizie per cementazione micropali e iniezione tiranti

##### **Conglomerato classe di resistenza C25/30 – Rck 30MPa**

Resistenza caratteristica cubica:  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica:  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

#### 3.5 Tiranti di ancoraggio

##### **Tiranti a trefoli da 0.6" in acciaio armonico**

Tensione caratteristica di rottura:  $f_{ptk} = 1860 \text{ MPa}$

Tensione caratteristica all'1%  
di deformazione totale  $f(1)_{tk} = 1670 \text{ MPa}$

#### 4 SOFTWARE DI CALCOLO

Si è utilizzato il software di calcolo PARATIE PLUS versione 21 [Ce.A.S. s.r.l. - Milano] per il calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali e per le verifiche dei pali.

## 5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

### 5.1 Terreno di ricoprimento/rinterro

Per il terreno di ricoprimento/rinterro sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

DATI GEOTECNICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
angolo di attrito	$\phi$	35	°
peso di volume ricoprimento	$\gamma_r$	20	kN/m <sup>3</sup>
coesione	$c'$	0	kPa

### 5.2 Terreno di fondazione

Si riportano di seguito i parametri geotecnicici ell'unità geologica intercettata dall'opera:

Unità ALL (da p.c. fino a profondità z = 9.0m):

$$\gamma_k = 18 - 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c_k' = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi_k' = 38^\circ - 42^\circ$$

$$E_k = 25 - 50 \text{ MPa}$$

Unità BI1 (z > 9.0m):

$$\gamma_k = 19 - 21 \text{ kN/m}^3$$

$$c_k' = 5 - 25 \text{ kPa}$$

$$\phi_k' = 22 - 32^\circ$$

$$c_{uk} = 100 - 250 \text{ kPa}$$

$$E_k = 100 - 300 \text{ MPa}$$

Ai fini delle verifiche si adotteranno i seguenti parametri:

Unità ALL:

$$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 40^\circ$$

$$E = 37.5 \text{ MPa}$$

Unità BI1:

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 15 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 27^\circ$$

$c_u = 175 \text{ kPa}$

$E = 200 \text{ MPa}$

La falda si trova ad una profondità di circa 11.0 m dal p.c.

Dalle indagini condotte si evince una categoria stratigrafica di suolo pari a 'C'.

## 6 INQUADRAMENTO SISMICO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018.

Sulla base delle indicazioni delle NTC2018 si assumono i seguenti valori per determinare l'azione sismica di riferimento.

L'ubicazione del sito in oggetto (Long: 12.665870°; Lat: 42.729487°):

- |  |                 |
|--|-----------------|
| - Classe d'uso:                                | IV              |
| - Coefficiente d'uso:                          | $C_u(IV) = 2.0$ |
| - Categoria topografica:                       | T1              |
| - Coefficiente di amplificazione topografica   | $S_T=1$         |
| - Categoria di sottosuolo                      | C               |
| - Vita nominale:                               | $V_N = 10$ anni |
| - Vita di riferimento                          | $V_R = 35$ anni |
| - Coefficiente di amplificazione stratigrafica | $S_s = 1.458$   |

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

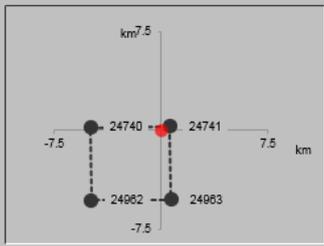
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

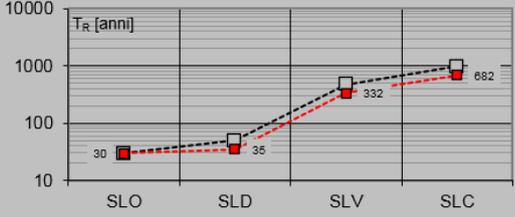
Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- - - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato: **SLV** info

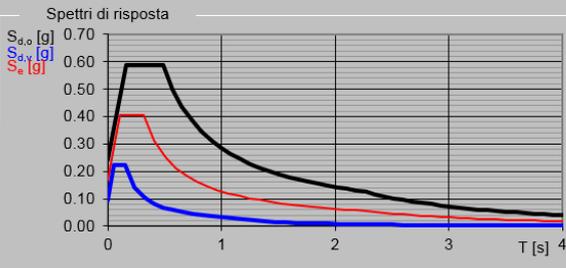
**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo: **C** info       $S_g = 1.458$        $C_c = 1.539$  info  
 Categoria topografica: **T1** info       $h/H = 1.000$        $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%) **5**       $\eta = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$  **1**      Regol. in altezza **sì** info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$  **1**       $\eta = 1.000$  info

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta  
 Parametri e punti spettri di risposta

**Spettri di risposta**



Spettro di progetto - componente orizzontale  
 Spettro di progetto - componente verticale  
 Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO   
 FASE 1   
 FASE 2   
 FASE 3

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.064	2.468	0.269
SLD	35	0.068	2.468	0.273
SLV	332	0.167	2.418	0.314
SLC	682	0.212	2.448	0.325

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.167 g
$F_a$	2.418
$T_c$	0.314 s
$S_s$	1.458
$C_c$	1.539
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.458
$\eta$	1.000
$T_B$	0.161 s
$T_C$	0.483 s
$T_D$	2.268 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1 / q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_c(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.243
$T_B$ ←	0.161	0.589
$T_C$ ←	0.483	0.589
	0.568	0.501
	0.653	0.435
	0.738	0.385
	0.823	0.345
	0.908	0.313
	0.993	0.286
	1.078	0.264
	1.163	0.244
	1.248	0.228
	1.333	0.213
	1.418	0.201
	1.503	0.189
	1.588	0.179
	1.673	0.170
	1.758	0.162
	1.843	0.154
	1.928	0.147
	2.013	0.141
	2.098	0.136
	2.183	0.130
$T_D$ ←	2.268	0.125
	2.350	0.117
	2.433	0.109
	2.515	0.102
	2.598	0.096
	2.680	0.090
	2.763	0.084
	2.845	0.080
	2.928	0.075
	3.010	0.071
	3.093	0.067
	3.175	0.064
	3.258	0.061
	3.340	0.058
	3.423	0.055
	3.505	0.052
	3.588	0.050
	3.670	0.048
	3.753	0.046
	3.835	0.044
	3.918	0.042
	4.000	0.040

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV**

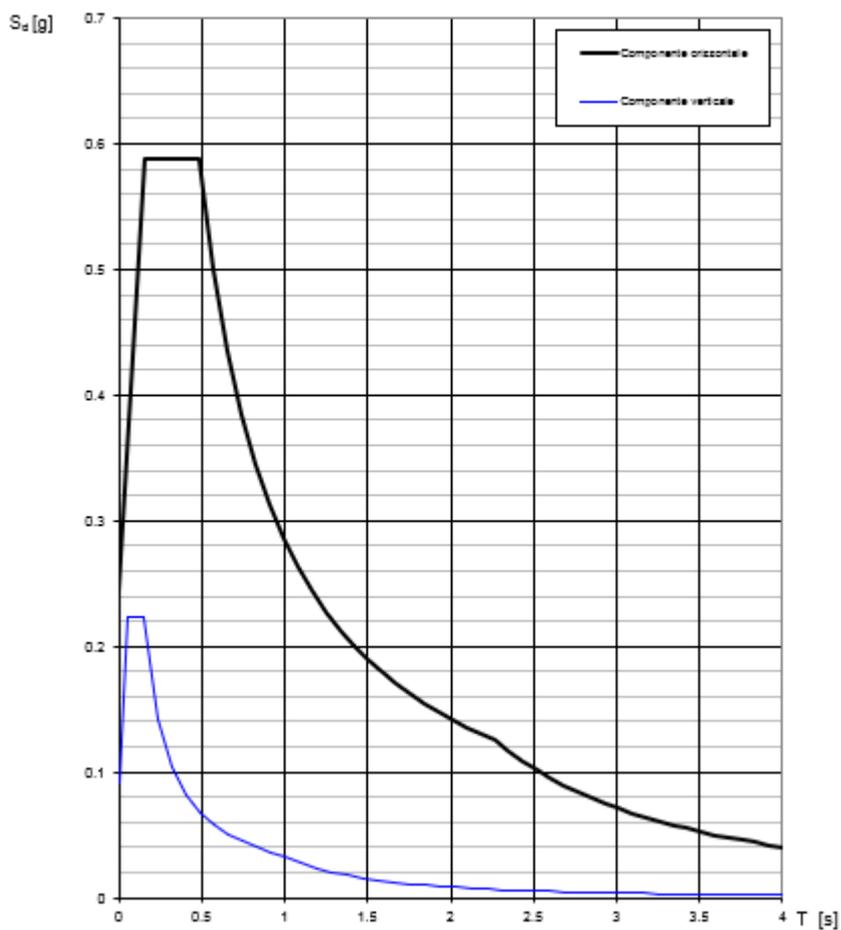


Figura 6.1. Spettro di Risposta SLV. Componenti orizzontali e verticali del sisma

## 7 DESCRIZIONE MODELLO DI CALCOLO

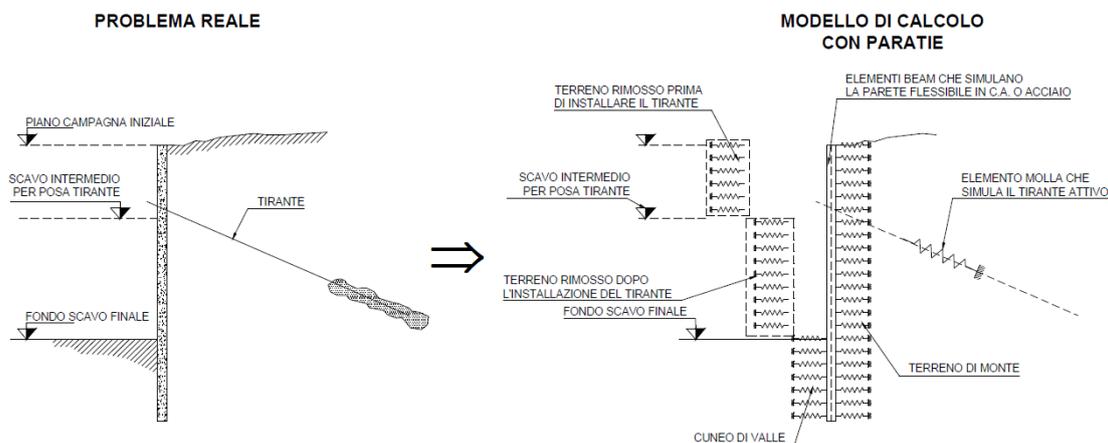
Al fine di rappresentare il comportamento delle paratie durante le varie fasi di lavoro (scavi e/o eventuale inserimento degli elementi di contrasto), è necessario l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

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

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

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

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



Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive.

A tal riguardo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidità flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi della paratia di rigidità proporzionale al modulo di rigidità del terreno.

Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidità.

In particolare, la paratia è schematizzata attraverso un diaframma di spessore equivalente ricavato attraverso la seguente espressione:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{12E_m J_p}$$

dove:

- $E_m$ : modulo elastico del materiale costituente la paratia
- $J_p$ : inerzia della sezione della paratia

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace ( $\sigma'h$ ) e la tensione verticale efficace ( $\sigma'v$ ) risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo ( $k_a$ ) e passivo ( $k_p$ ), mentre quando il rapporto è pari a  $k_a$  o a  $k_p$  il terreno si comporta come un mezzo elasto-plastico.

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, sono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidità di ciascuna di esse,  $k$ , è data da:

$$k = E / L$$

dove  $E$  è un modulo di rigidità del terreno mentre  $L$  è una grandezza geometrica caratteristica.

Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite  $\Delta$ , la rigidità di ogni molla è:

$$k = E\Delta / L$$

dove  $E$  è un modulo di rigidità del terreno mentre  $L$  è una grandezza geometrica caratteristica.

Il valore di  $\Delta$  è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di  $L$  è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa

a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva. Si è scelto:

in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \ell_A \tan(45^\circ - \phi' / 2)$$

in zona passiva (downhill):

$$L_P = \frac{2}{3} \ell_P \tan(45^\circ + \phi' / 2)$$

con:

I = altezza totale della paratia

H = altezza corrente dello scavo.

La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987). Si assume in ogni caso un valore di H non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il programma consente di seguire le fasi evolutive degli scavi a valle dell'opera, determinando, per ciascuna fase di scavo prevista, la deformata dell'opera e le sollecitazioni e gli stati tensionali nel terreno con essa interagente. Il software consente di tener conto anche della presenza di vincoli lungo la paratia, sia di tipo elastico (molle /tiranti) che di tipo rigido.

La presenza dei tiranti viene infine schematizzata dal software come dei vincoli elastici, la cui deformabilità dipende dalle caratteristiche della sezione resistente in acciaio dei tiranti e dalla lunghezza libera degli stessi, eventualmente incrementata di una quantità funzione dell'efficienza ( $\leq 1$ ) associata al bulbo di ancoraggio. Il software utilizzato, consente di modellare l'interazione con il terreno della struttura, in particolare le spinte statiche e dinamiche delle terre, durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale, in modo da valutare l'evoluzione dello stato deformativo e sollecitativo. La sezione di calcolo considerata è quella parallela al tracciato ferroviario.

## 7.1 Opera provvisoria spalla

Di seguito si riportano le fasi di calcolo modellate.

- **FASE 1:** stato di fatto;
- **FASE 2:** esecuzione cordolo e micropali;
- **FASE 3:** scavo preliminare per la realizzazione dei tiranti di ancoraggio;
- **FASE 4:** realizzazione dei tiranti di ancoraggio;
- **FASE 5:** scavo finale;
- **FASE 6:** applicazione dell'azione sismica allo SLV:

### FASE 1

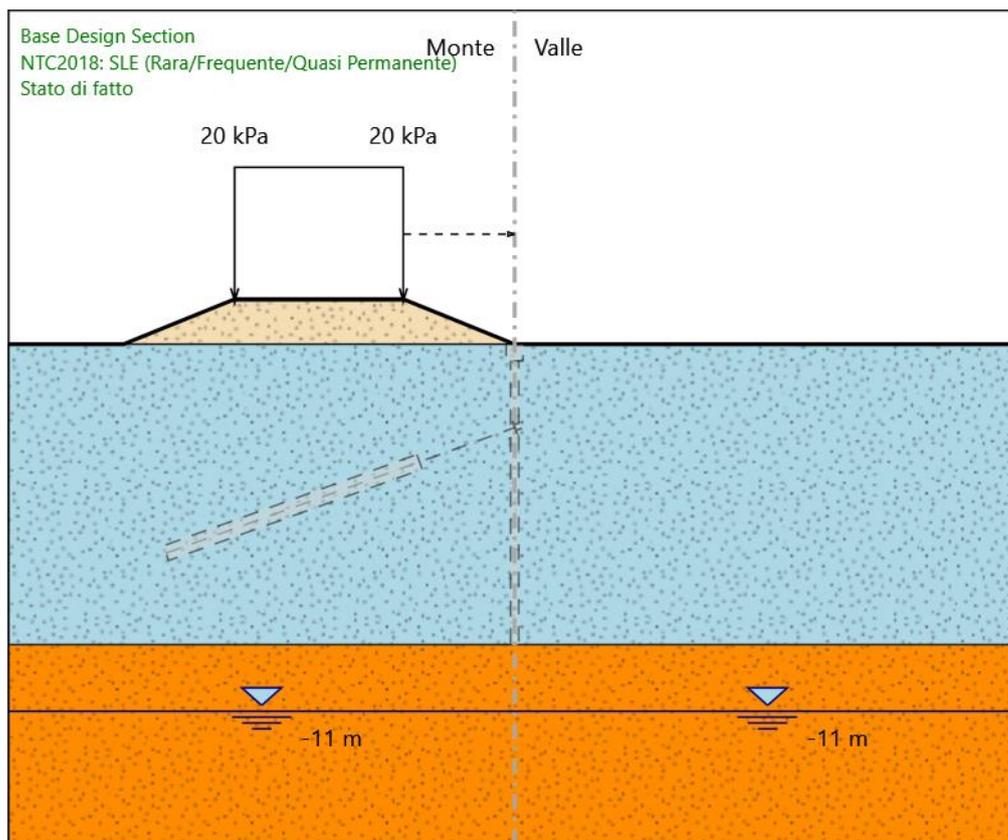


Figura 7-1. Fase 1 – Stato di fatto

FASE 2

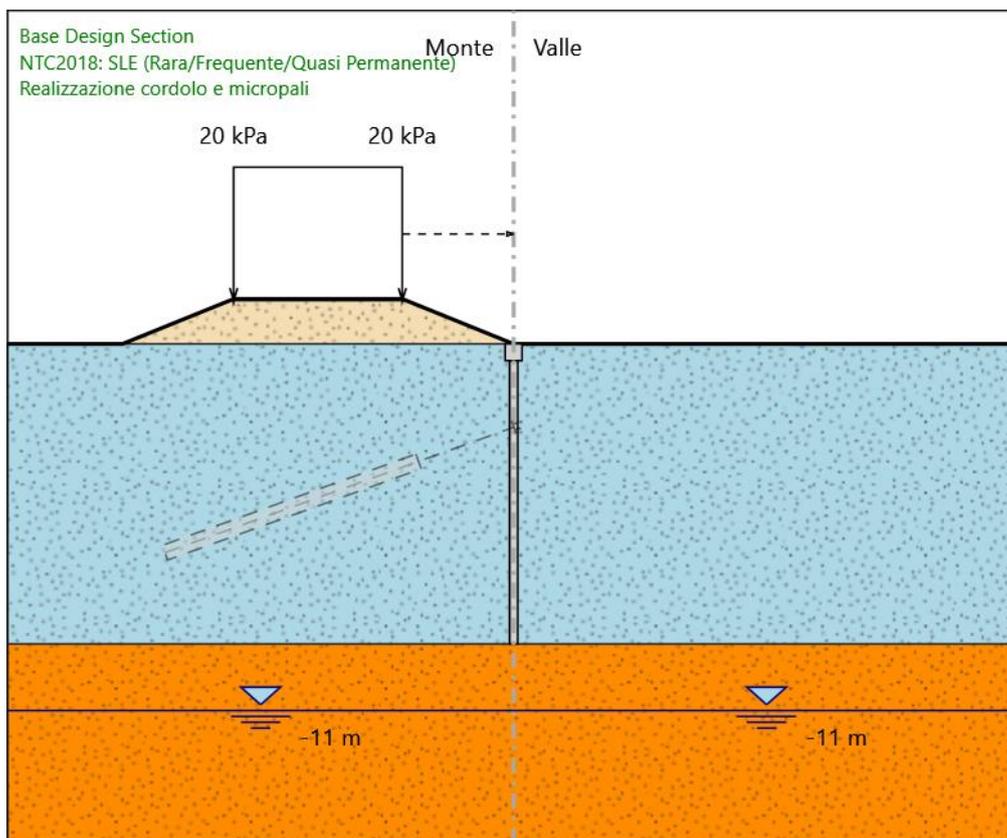


Figura 7-2. Fase 2 - Esecuzione cordolo e micropali e applicazione del carico accidentale

FASE 3

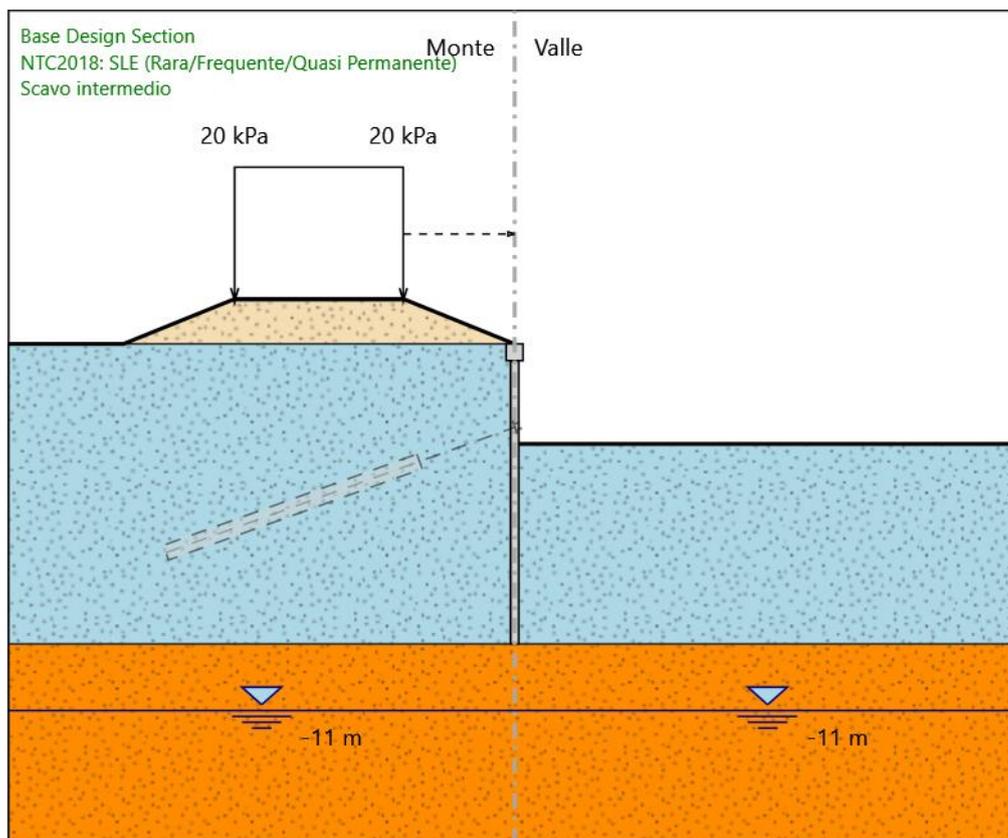


Figura 7-3. Fase 3 -Scavo preliminare per la realizzazione dei tiranti di ancoraggio

FASE 4

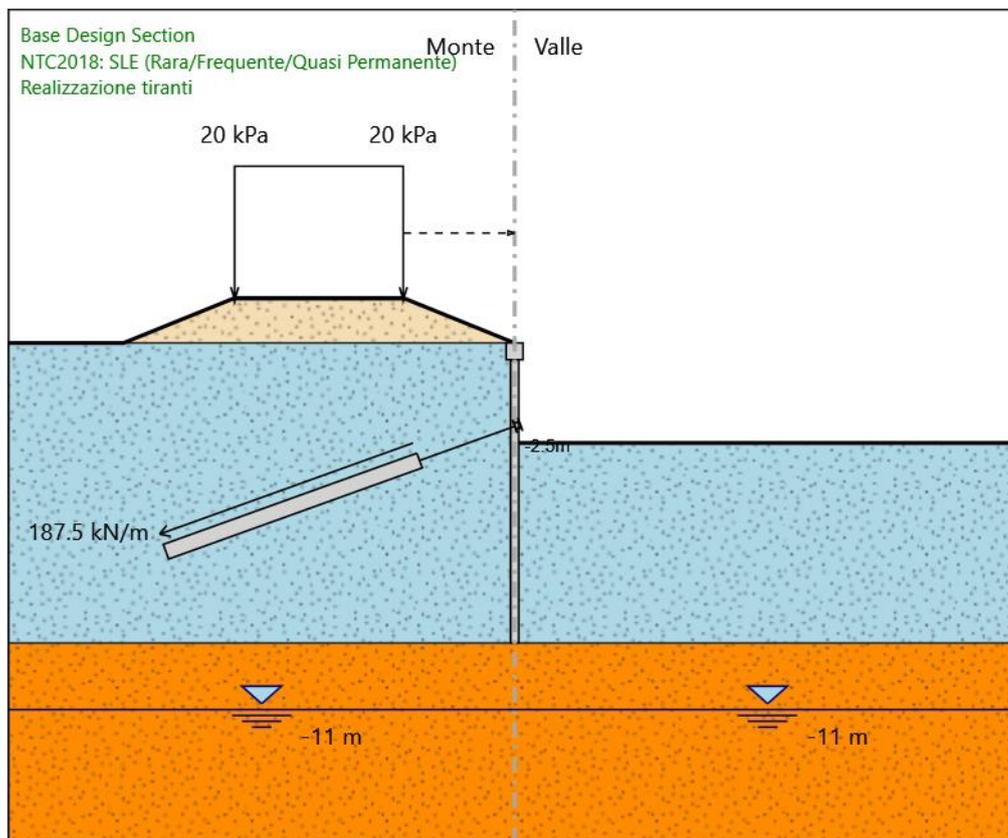


Figura 7-4. Fase 4 – Realizzazione dei tiranti di ancoraggio

FASE 5

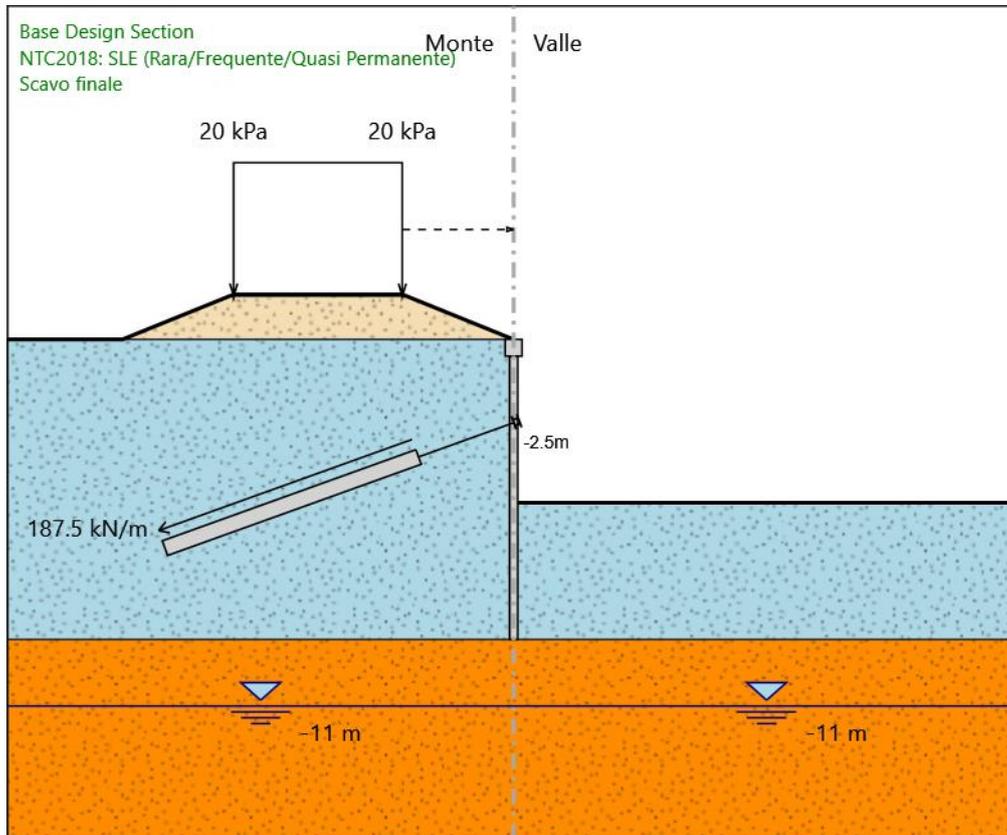


Figura 7-5. Fase 5 – Scavo finale

FASE 6

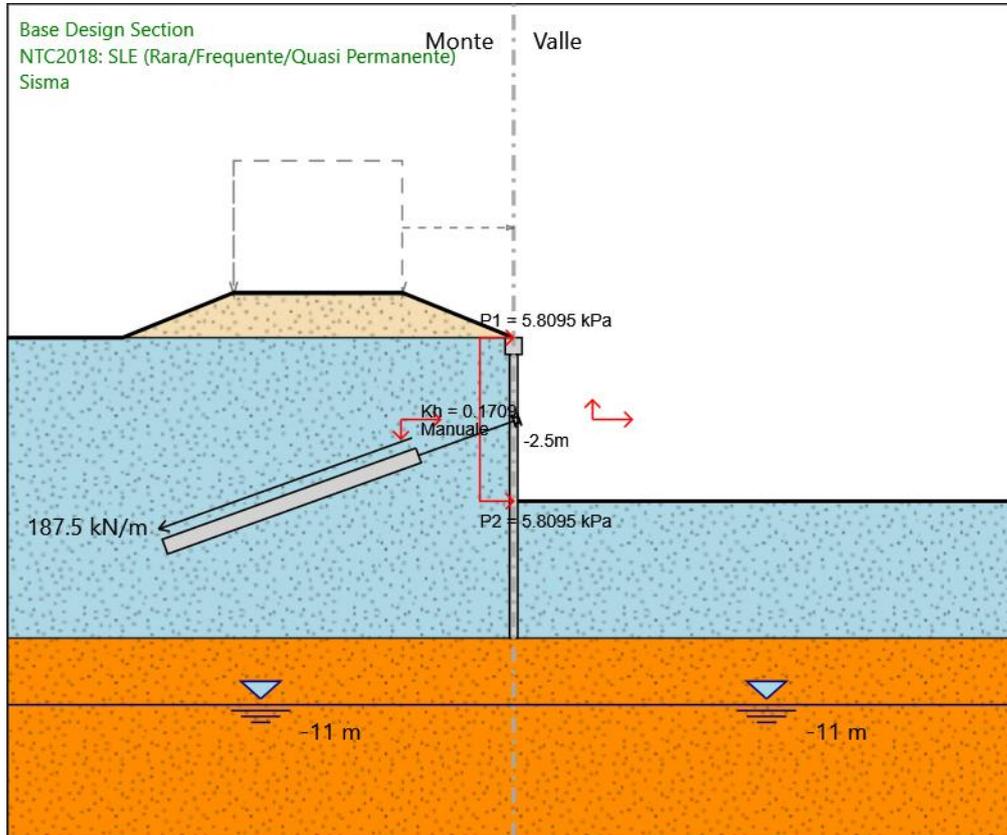


Figura 7-6. Fase 6 – Applicazione dell'azione sismica allo SLV

## 7.2 Opera provvisoriale muro di controripa in destra

Di seguito si riportano le fasi di calcolo modellate.

- **FASE 1:** stato di fatto;
- **FASE 2:** esecuzione cordolo e micropali;
- **FASE 3:** scavo;
- **FASE 4:** applicazione dell'azione sismica allo SLV.

### FASE 1

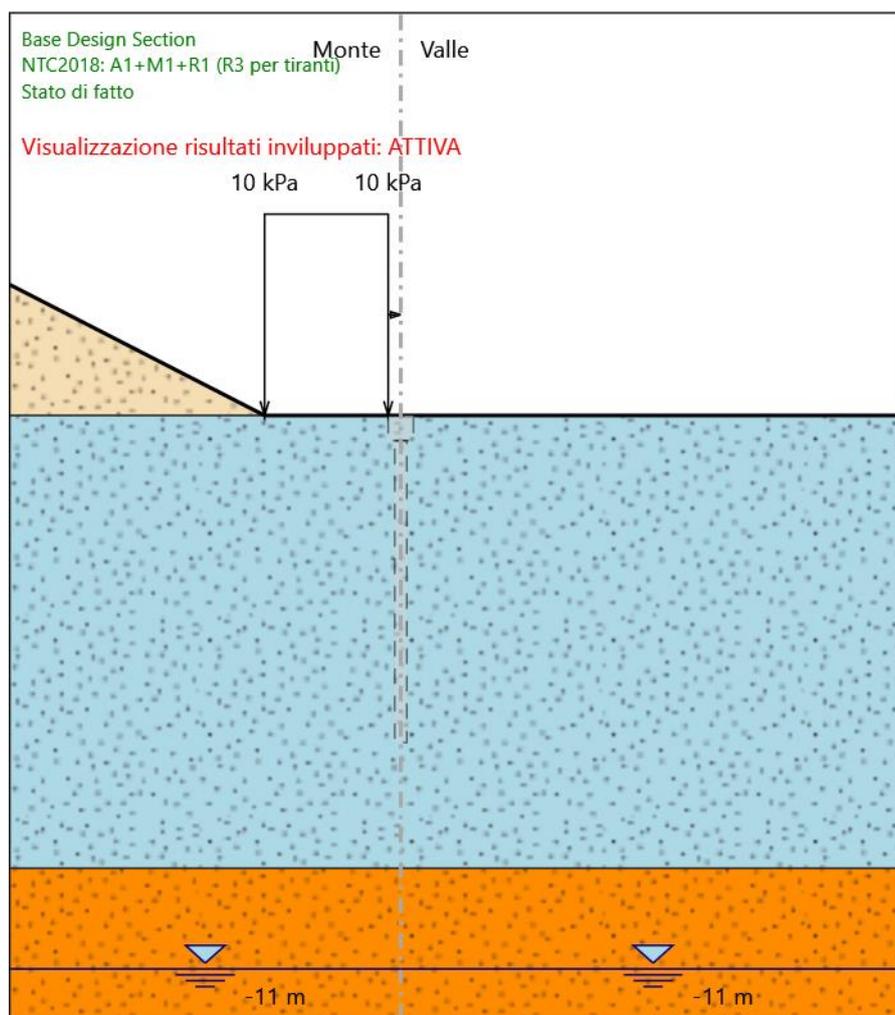


Figura 7-7. Fase 1 – Stato di fatto

FASE 2

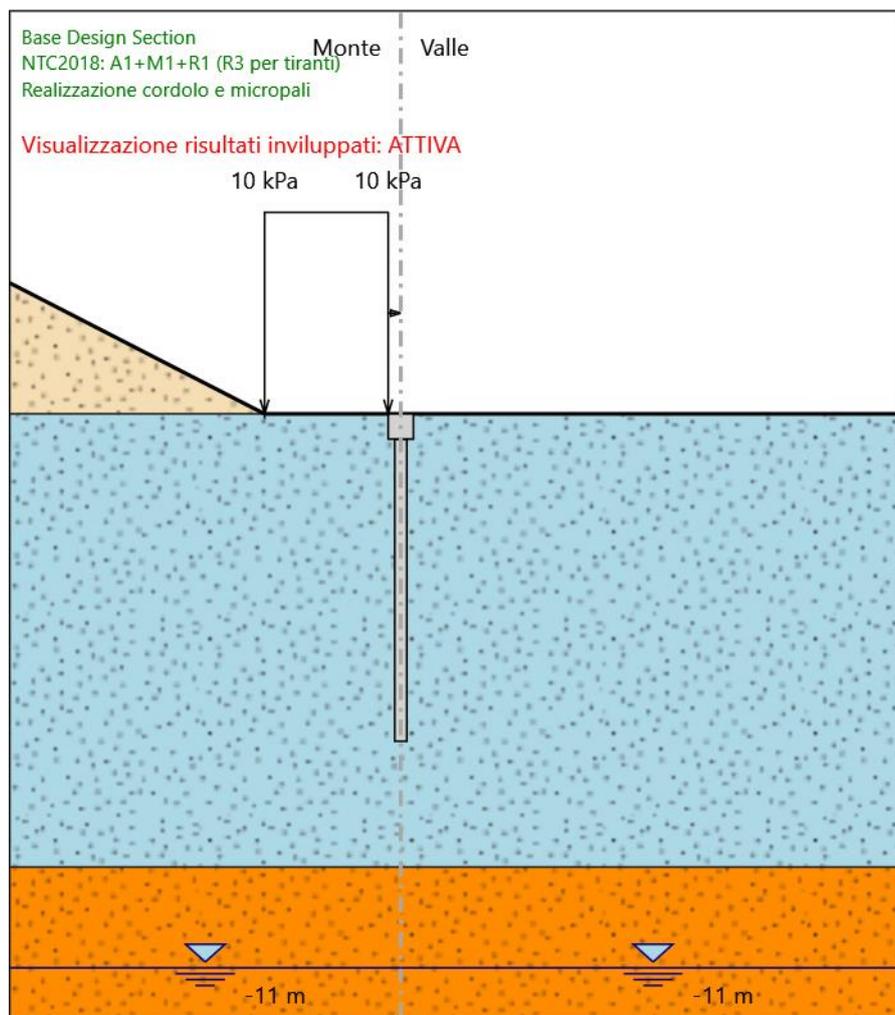


Figura 7-8. Fase 2 - Esecuzione cordolo e micropali e applicazione del carico accidentale

FASE 3

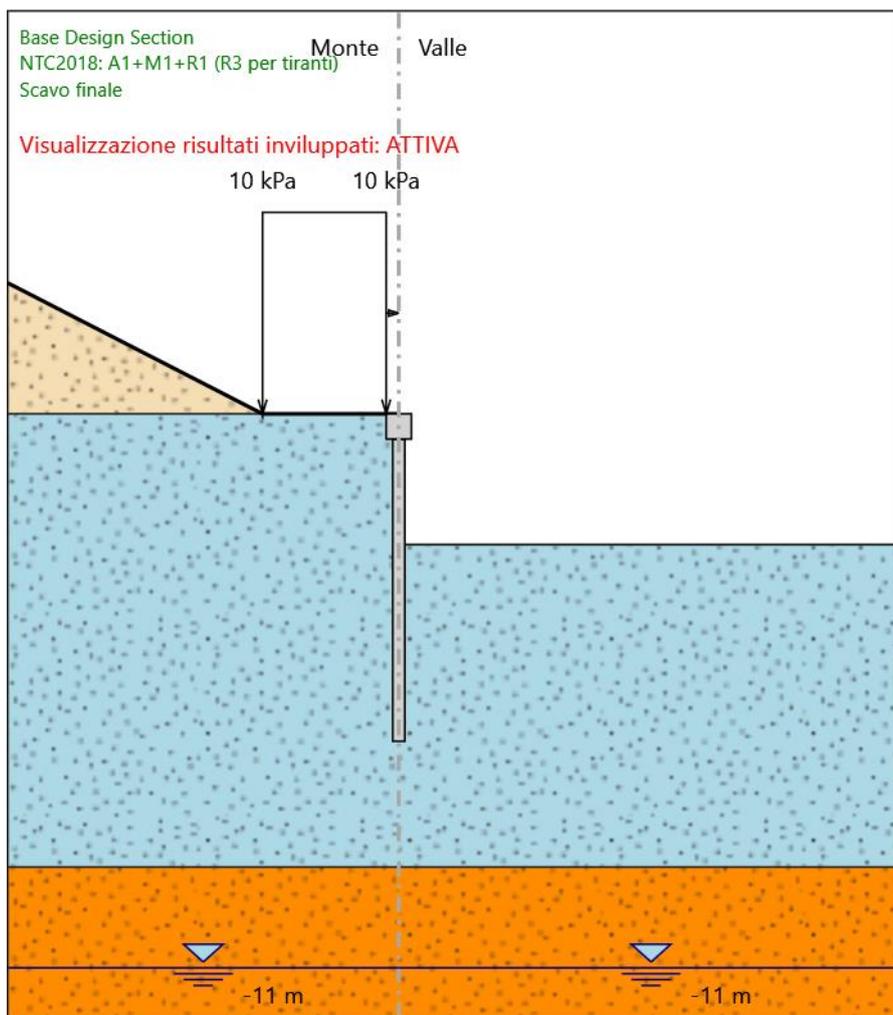


Figura 7-9. Fase 3 -Scavo

FASE 4

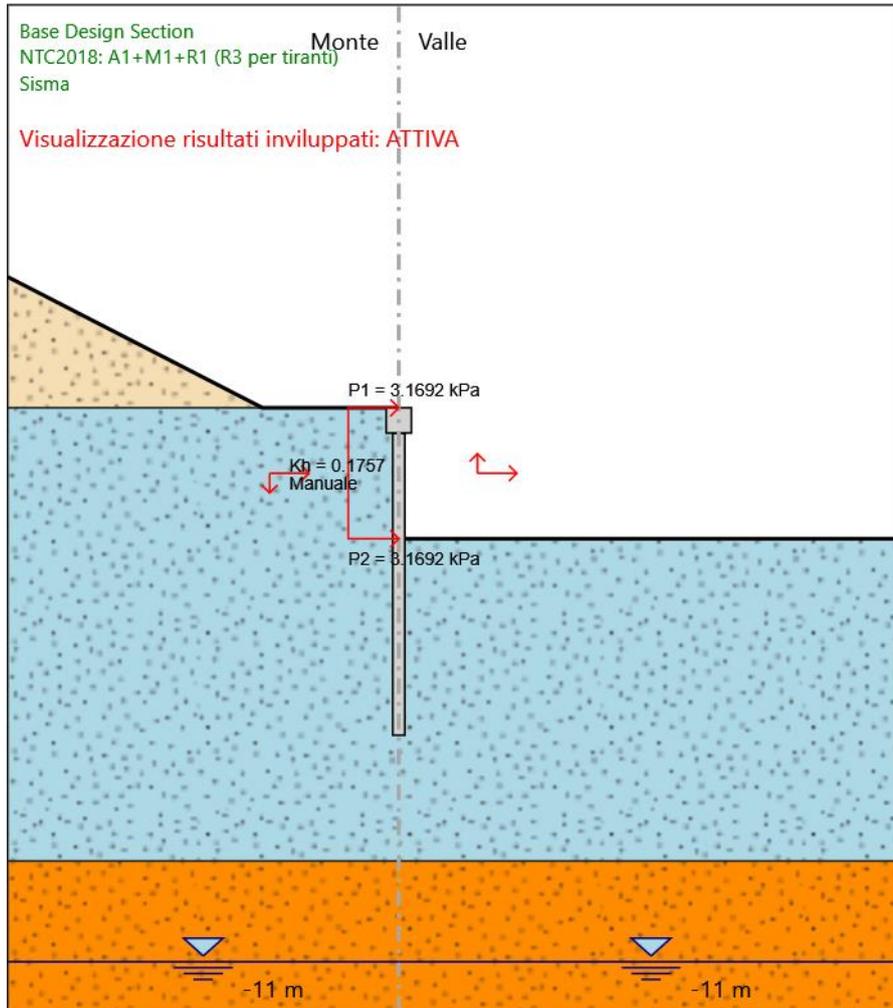


Figura 7-10. Fase 4 – Applicazione dell'azione sismica allo SLV



## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 Peso proprio della struttura

Il peso proprio degli elementi strutturali viene calcolato considerando per il c.a.  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ . Il peso proprio viene automaticamente calcolato dai software di calcolo in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

### 8.2 Spinta delle terre

L'entità della spinta delle terre sull'opera di scavalco è determinata fase per fase dal software di calcolo, a partire da condizioni iniziali di spinta a riposo.

### 8.3 Carichi accidentali da traffico

Si è considerato un carico accidentale da traffico dovuto alla viabilità esistente pari a  $20 \text{ kN/m}^2$  e un carico accidentale da cantiere di  $10 \text{ kN/m}^2$ .

### 8.4 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri riportati al Capitolo 6 della presente relazione.

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

In base alle accelerazioni massime attese sul sito in esame si valutano, alla luce dei parametri valutati sopra nella condizione di SLV, i coefficienti di intensità sismica da utilizzarsi nelle analisi pseudo statiche, con le espressioni che seguono.

$$k_h = a_g / g \cdot S_s \cdot S_T \cdot \alpha \cdot \beta \quad k_v = 0.5 \cdot k_h$$

Nella precedente espressione, i coefficienti  $\beta$  e  $\alpha$  assumono i valori desunti dalle Figg. 7.11.2 e 7.11.3 delle NTC.

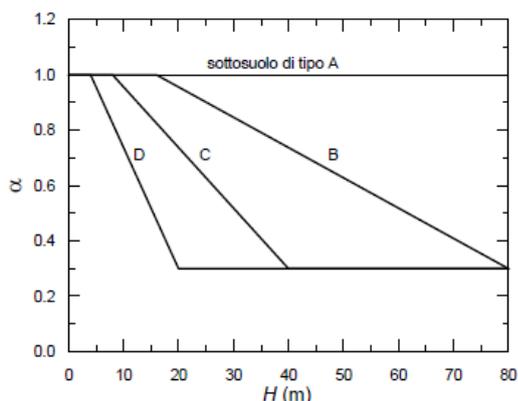


Fig. 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$

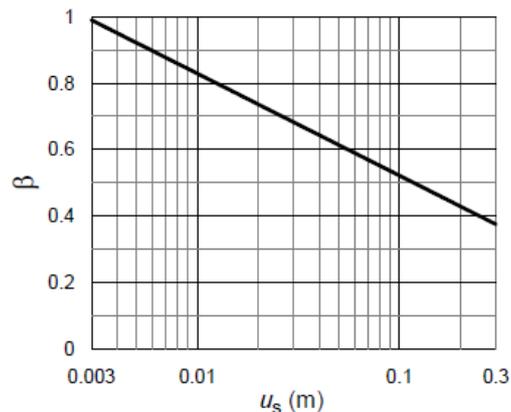


Fig. 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$

Il valore di  $\beta$  è ricercato per via iterativa, calcolando lo spostamento sismico della paratia  $U_s$  e ricavando il corrispondente valore di  $\beta$ , per poi ricalcolare lo spostamento sismico fino ad arrivare a convergenza. Il valore di  $\alpha$  è stato assunto, cautelativamente, pari a 1.0.

## 9 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche strutturali e geotecniche dei micropali e dei tiranti sono eseguite tramite PARATIE PLUS.

## 10 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots;$$

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots$$

Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} \dots$$

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali riportati nella seguente tabella.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$ ;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$ ;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

## 11 SINTESI RISULTATI

### 11.1 Opera provvisoria spalla

Di seguito si riportano in forma grafica gli andamenti ed i valori delle sollecitazioni derivanti dal modello di calcolo.

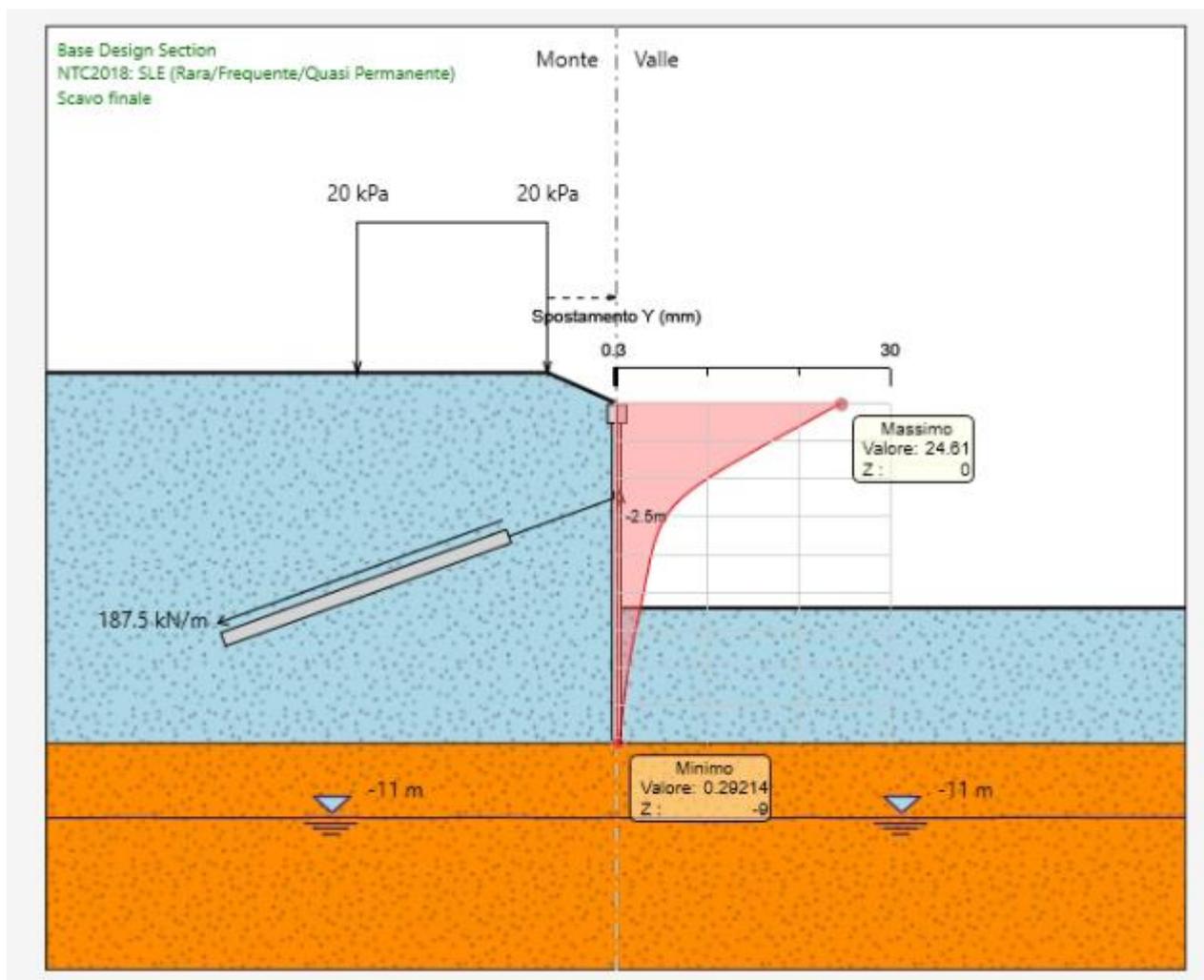


Figura 11-1. Deformate delle paratie allo SLE (valore massimo = 24.61 mm)

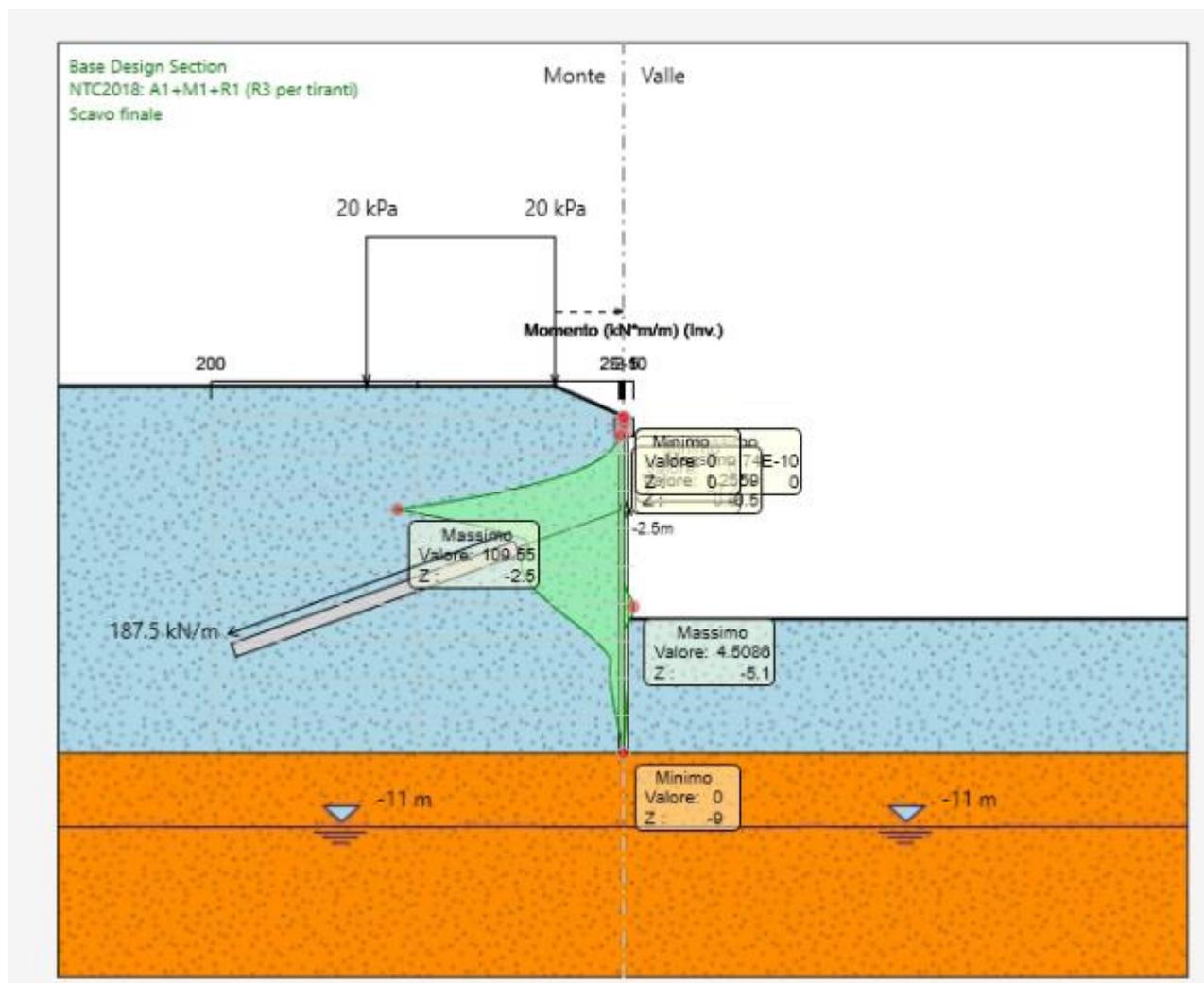


Figura 11-2. Momenti flettenti sulle paratie allo SLU (condizioni statiche) (valore massimo = 109.55 kNm/m)

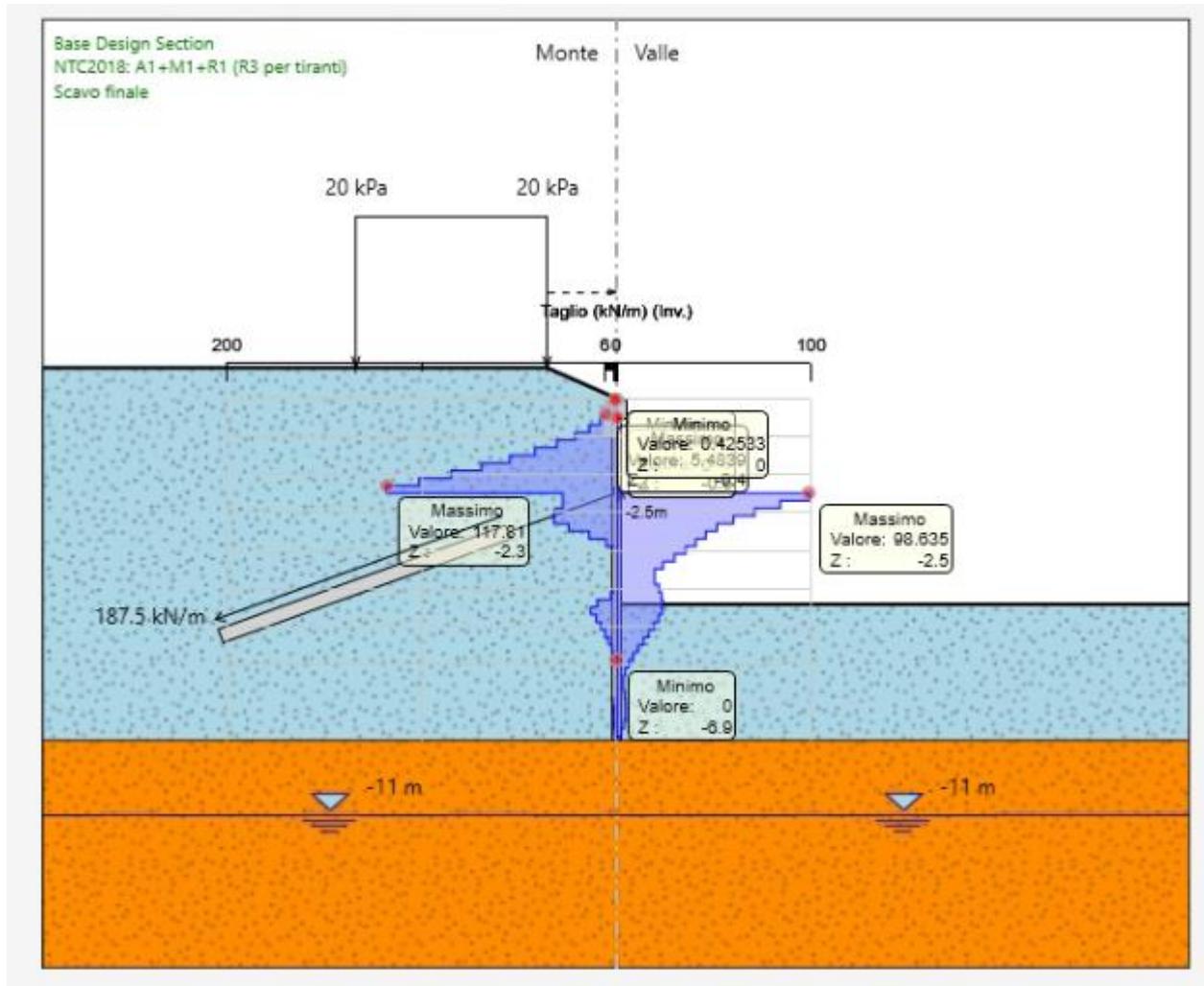


Figura 11-3. Forze di taglio sulle paratie allo SLU (condizioni statiche) (valore massimo = 117.81 kN/m)

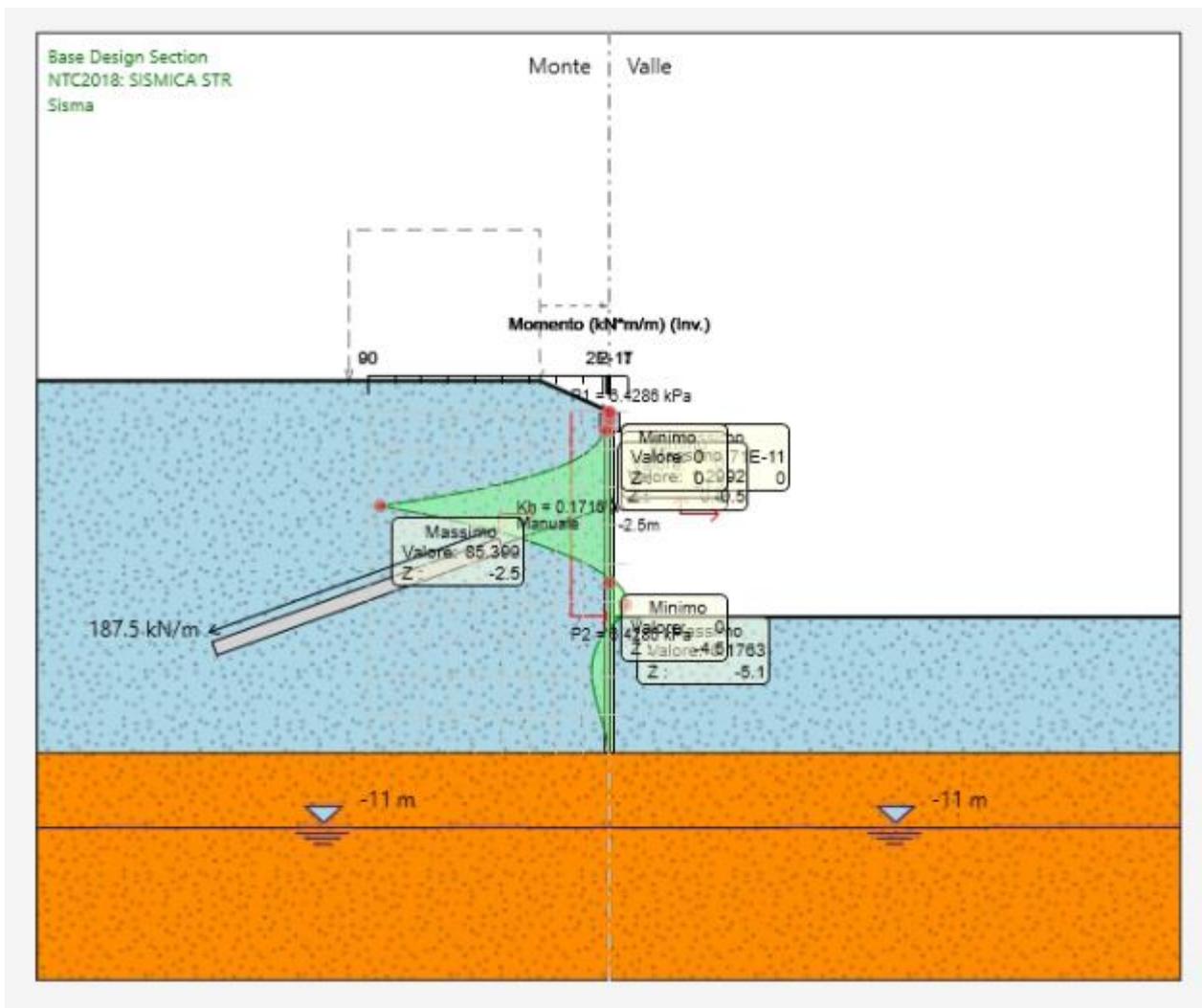


Figura 11-4. Momenti flettenti sulle paratie allo SLV (valore massimo = 85.40 kNm/m)

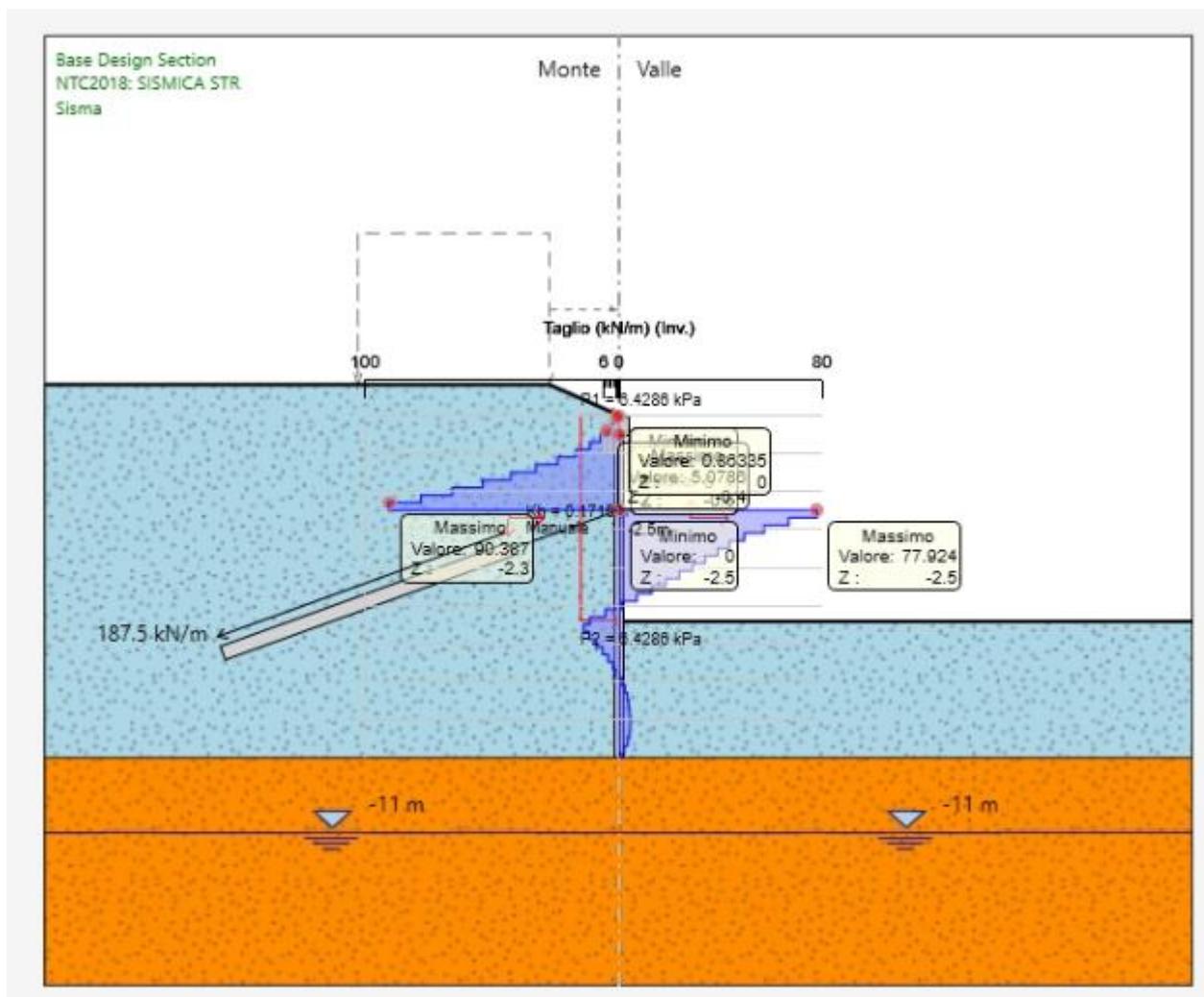


Figura 11-5. Forze di taglio sulle paratie allo SLV (valore massimo = 90.37 kN/m)

## 11.2 Opera provvisoria muro di controripa in destra

Di seguito si riportano in forma grafica gli andamenti ed i valori delle sollecitazioni derivanti dal modello di calcolo.

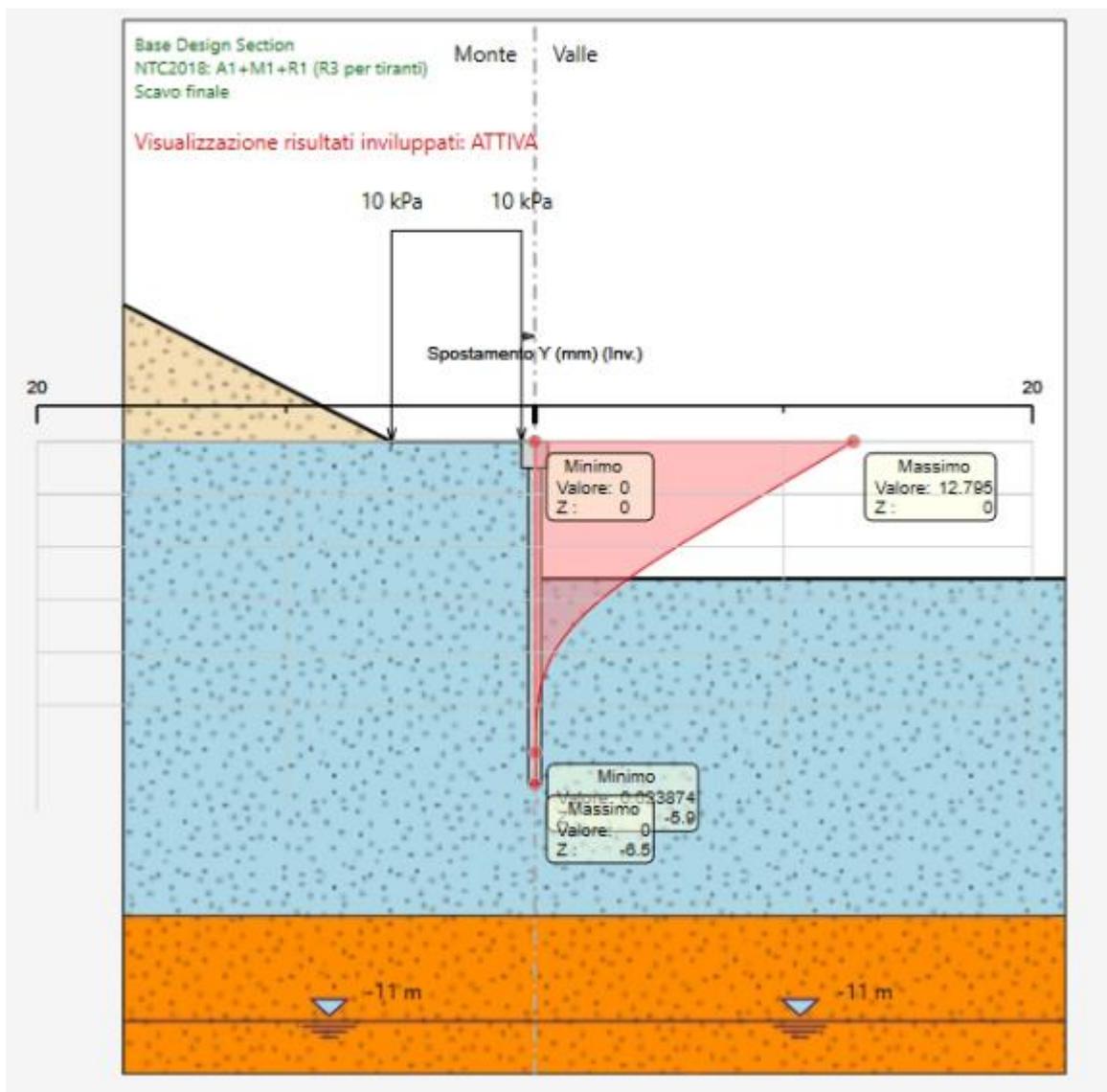


Figura 11-6. Deformate delle paratie allo SLE (valore massimo = 12.80 mm)

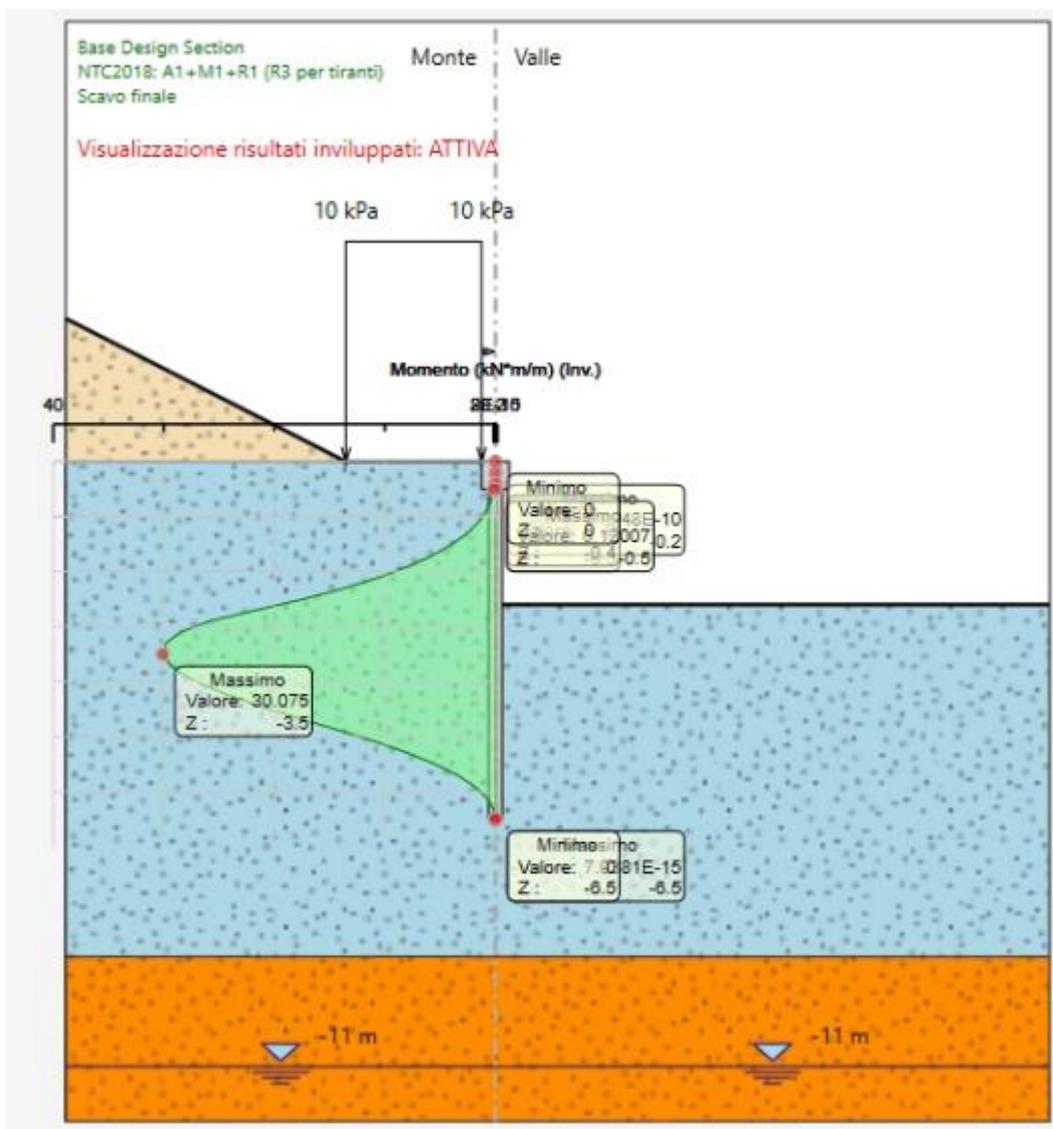


Figura 11-7. Momenti flettenti sulle paratie allo SLU (condizioni statiche) (valore massimo = 30.1kNm/m)

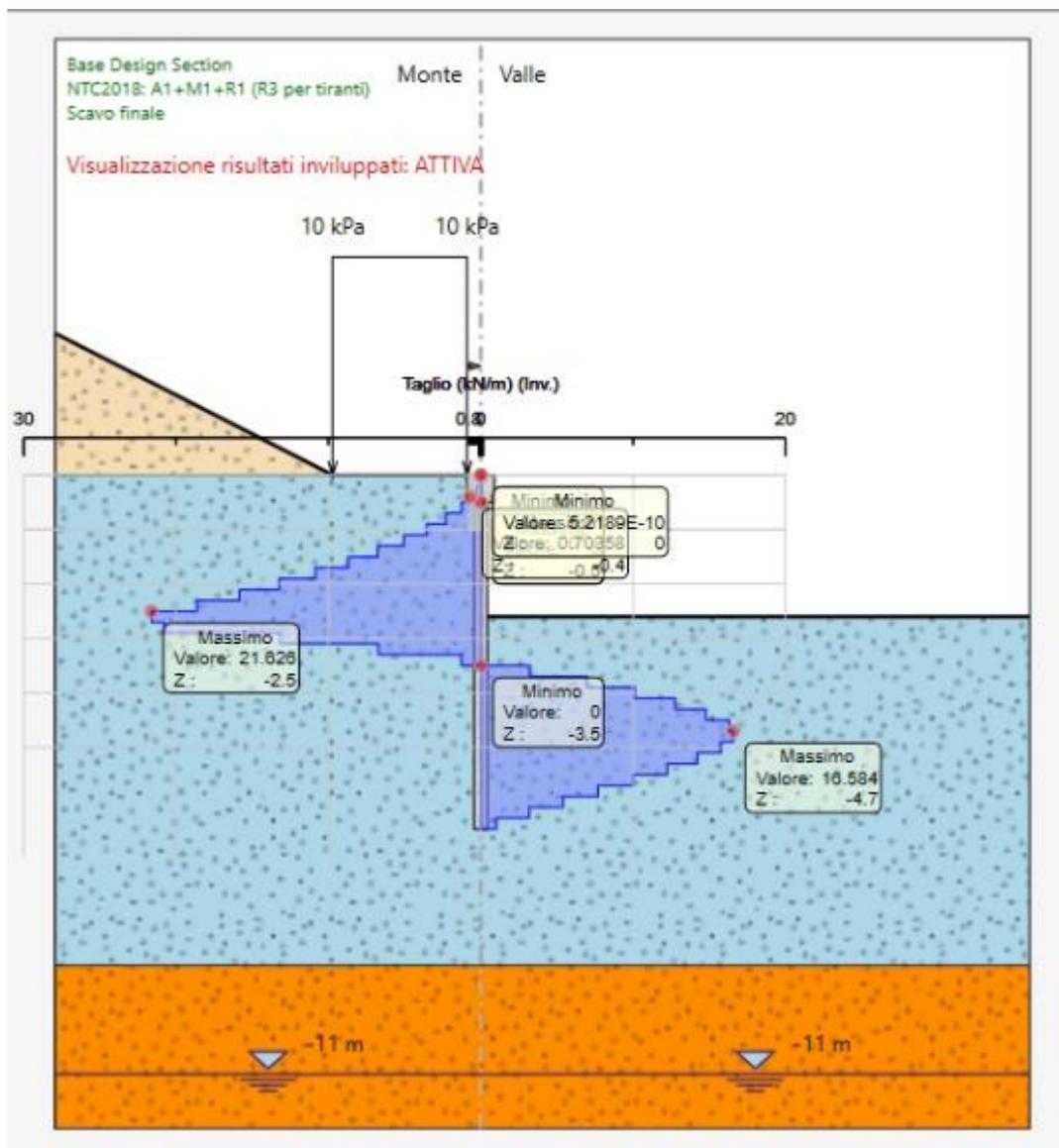


Figura 11-8. Forze di taglio sulle paratie allo SLU (condizioni statiche) (valore massimo = 21.6 kN/m)

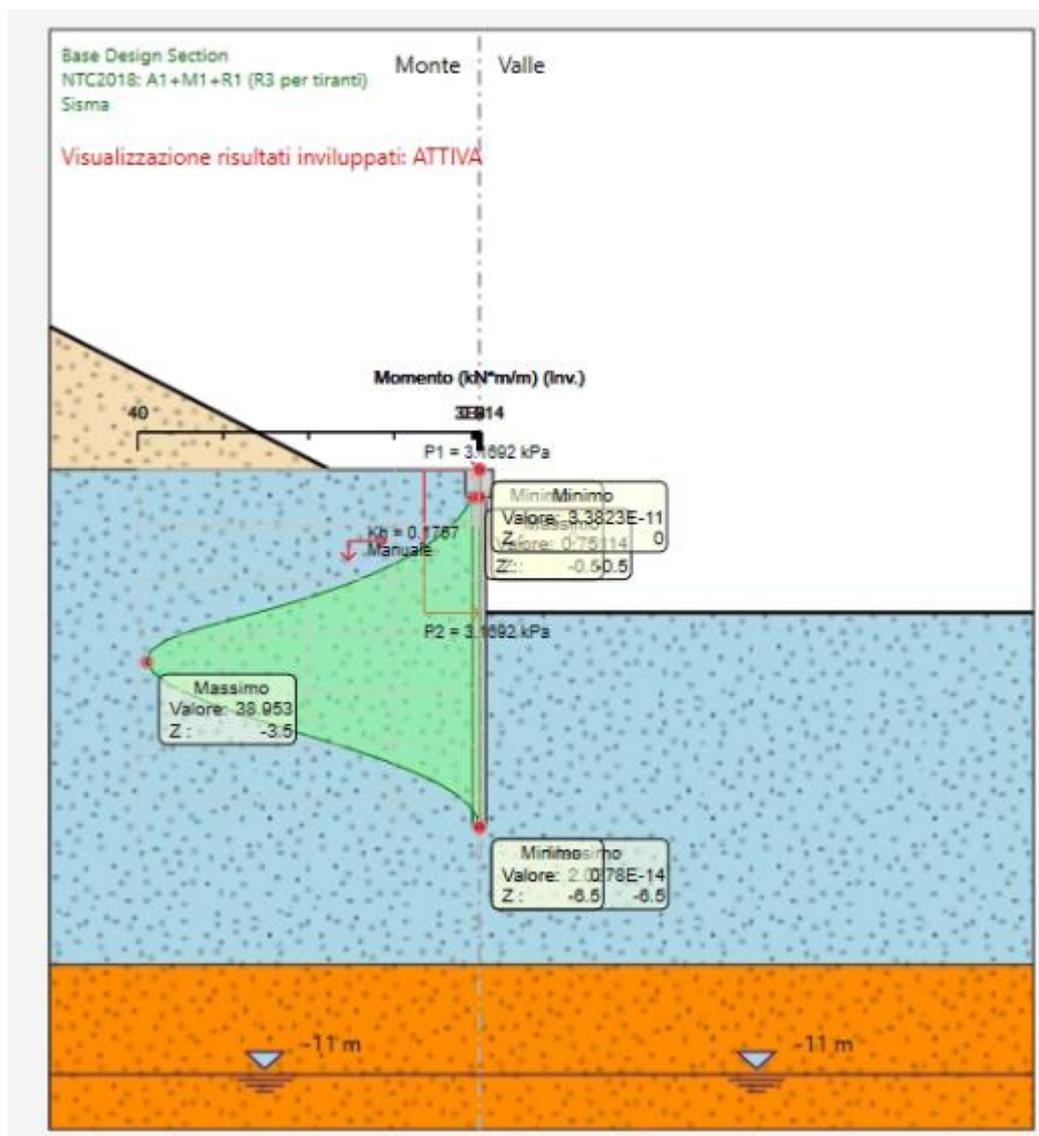


Figura 11-9. Momenti flettenti sulle paratie allo SLV (valore massimo = 39.0 kNm/m)

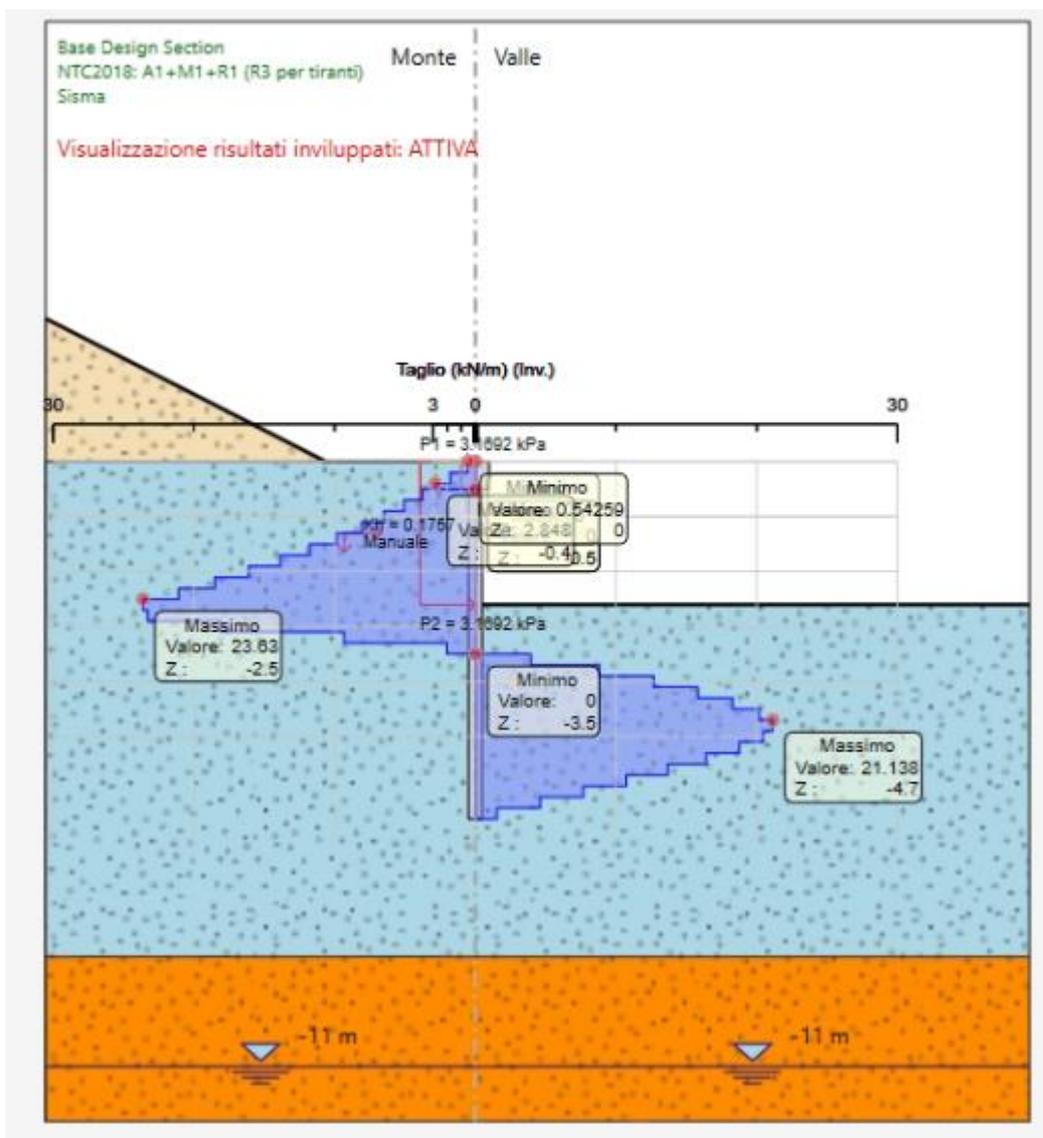


Figura 11-10. Forze di taglio sulle paratie allo SLV (valore massimo = 23.6 kN/m)

## 12 VERIFICHE STRUTTURALI

Di seguito si descrivono le verifiche strutturali svolte su ciascuno degli elementi.

### 12.1 Opera provvisoria spalla

#### 12.1.1 Micropali in acciaio

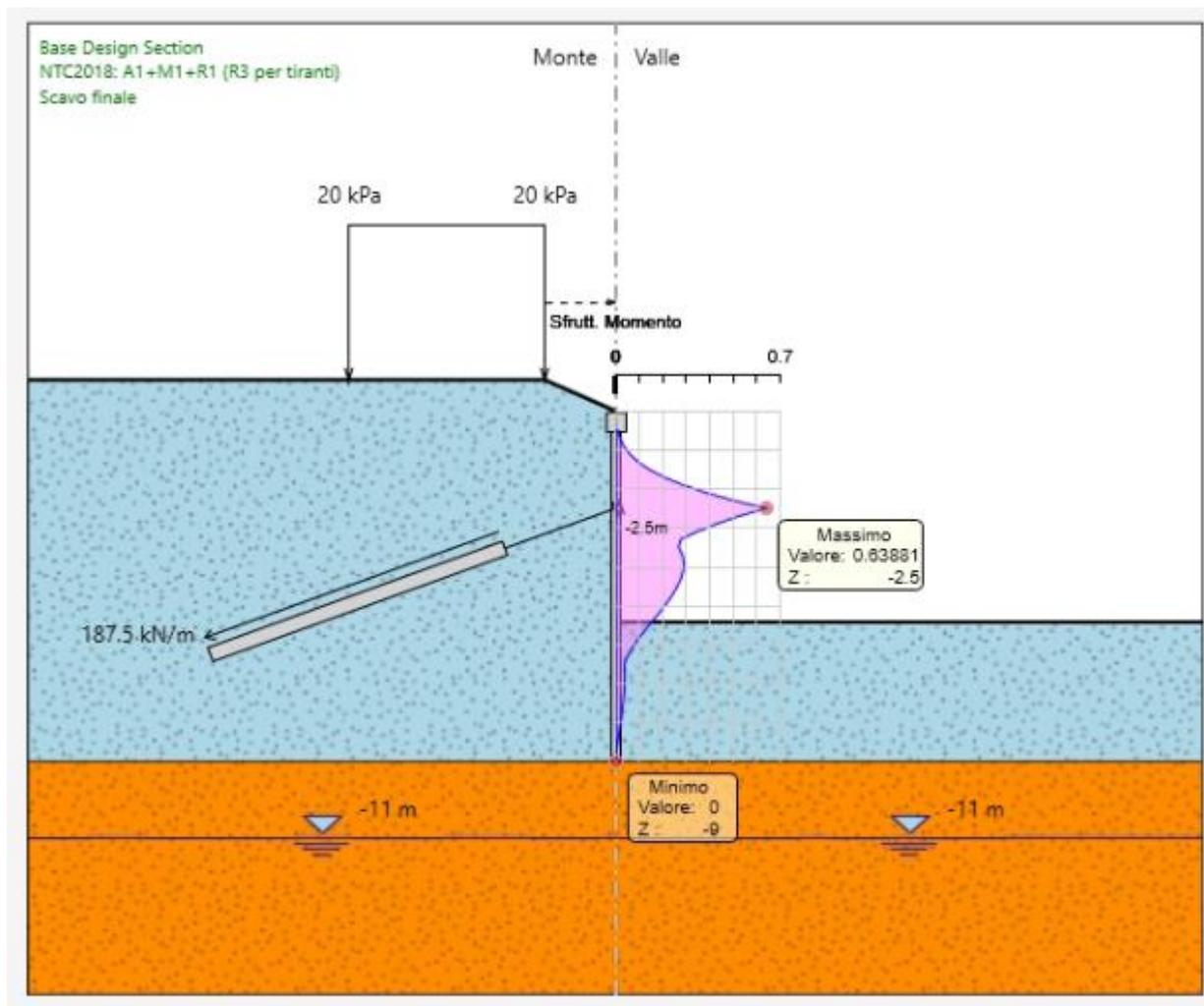


Figura 12-1. Tasso di sfruttamento Momento SLU (valore massimo = 0.64)

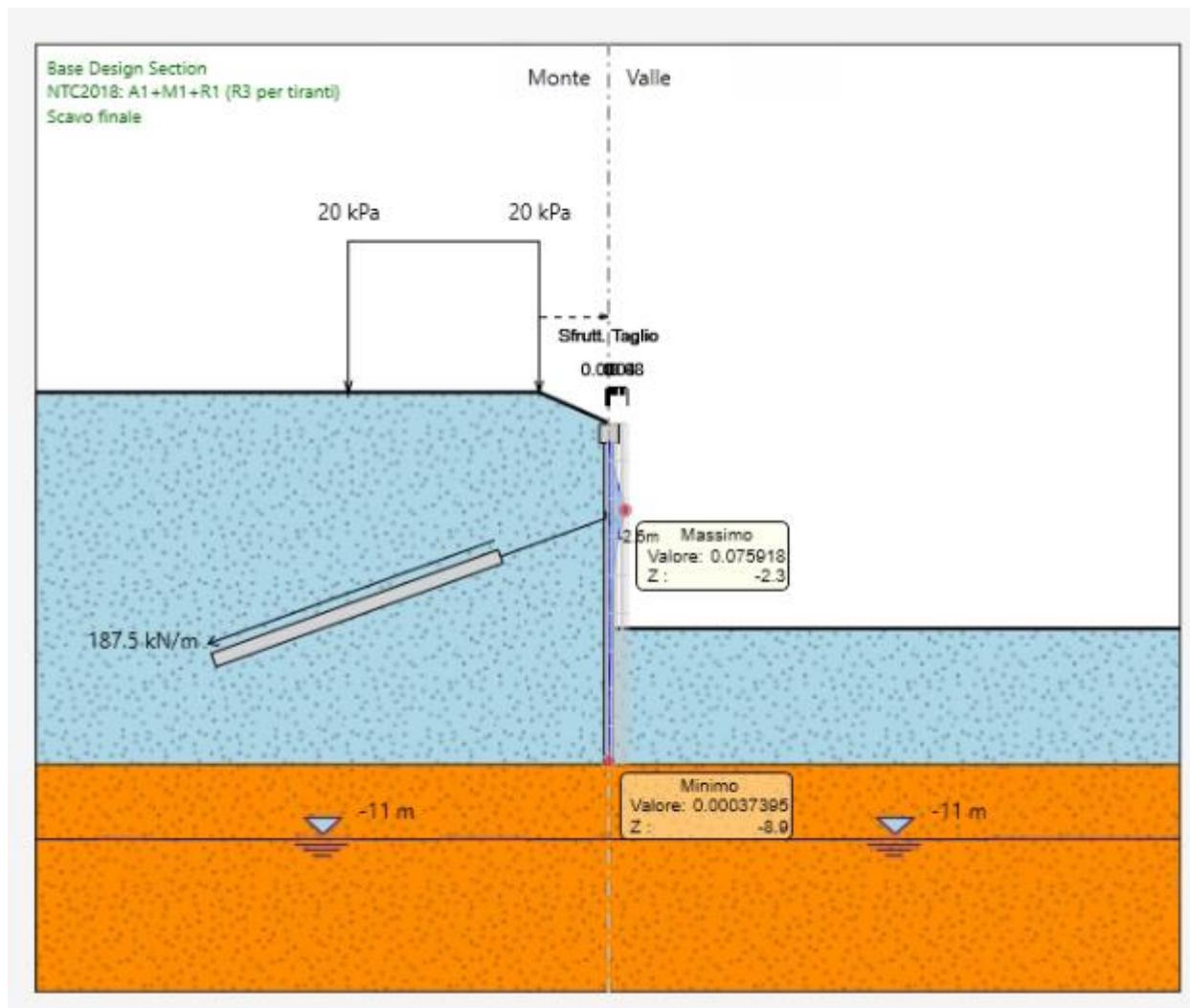


Figura 12-2. Tasso di sfruttamento Taglio SLU (valore massimo = 0.08)



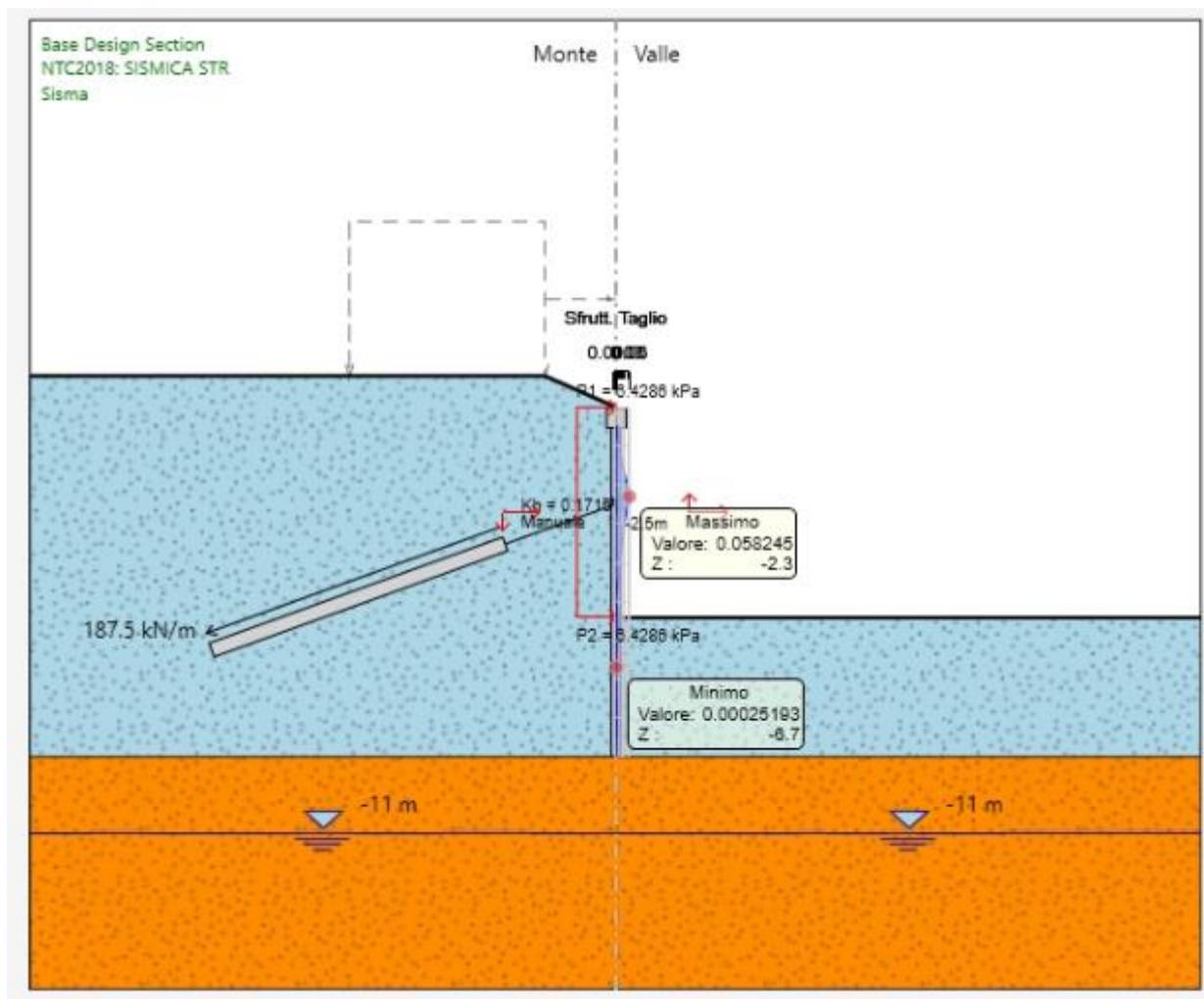


Figura 12-4. Tasso di sfruttamento Taglio SLV (valore massimo = 0.06)

In figura 10.6 della presente relazione è riportato il diagramma degli spostamenti laterali allo SLE dal quale si evince uno spostamento massimo in testa al micropalo pari a 24.61 mm. Di seguito si riporta la verifica dello spostamento massimo ammissibile del micropalo:

		m	mm		limite spostamento paratia a SLE		risultato sle	
check 1	0.005H	0.0475	47.5		m	mm	mm	
check 2	1/100H <sub>scavo</sub>	0.054	54		0.0475	47.5	> 24.61	ok

## 12.1.2 Tiranti di ancoraggio

Di seguito si riportano in forma tabellare le verifiche GEO e STR dei tiranti di ancoraggio:

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Realizzazione tiranti	390	456.96	605.56	0.853	0.644	✓	✓
Tieback	Scavo finale	396.22	456.96	605.56	0.867	0.654	✓	✓
Tieback	Sisma	395.62	456.96	605.56	0.866	0.653	✓	✓

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Realizzazione tiranti	300	456.96	605.56	0.657	0.495	✓	✓
Tieback	Scavo finale	304.61	456.96	605.56	0.667	0.503	✓	✓
Tieback	Sisma	307.41	456.96	605.56	0.673	0.508	✓	✓

### 12.1.2.1 Verifica a trazione dell'armatura

La resistenza caratteristica della sezione in acciaio è calcolata secondo la relazione:

$$R_{a,k} = f_{p(1)k} \cdot A_s$$

dove:

- $A_s = n \cdot A_t$  area della sezione di armatura;
- $A_t$  area del singolo trefolo;
- $n$  numero di trefoli;
- $f_{p(1)k}$  tensione caratteristica all'1% di deformazione totale.

La resistenza di progetto risulterà quindi:

$$R_{a,d} = R_{a,k} / \gamma_s$$

con  $\gamma_s = 1.15$ , coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio.

Pertanto:

$$R_{a,k} = 1670 \text{ N/mm}^2 \times 3 \times 139 \text{ mm}^2 = 696.39 \text{ kN}$$

$$R_{a,d} = 696.39 \text{ kN} / 1.15 = 605.56 \text{ kN}$$

La sollecitazione massima agente sul tirante è pari a 307.41 kN, pertanto la verifica risulta soddisfatta con FS = 1.97.

### 12.1.2.2 Verifica a sfilamento del bulbo di ancoraggio

La resistenza di calcolo allo sfilamento dell'ancoraggio è stata valutata attraverso la formulazione di Bustamante e Doix (1985):

$$R_{cal} = \pi \cdot D_s \cdot L_s \cdot \tau$$

in cui:

- $D_s = \alpha D$  dove  $D$  è il diametro di perforazione e  $\alpha$  un coefficiente maggiorativo che tiene conto della tipologia di terreno e del metodo di iniezione;
- $L_s$  è la lunghezza del bulbo;
- $\tau$  è la resistenza tangenziale.

Si assume per l'unità geologica ALL, cautelativamente, un valore di  $\alpha$  pari a 1.2 e un valore di  $\tau$  pari a 150 kPa.

Il valore caratteristico della resistenza  $R_{a,k}$  è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alla resistenza calcolata  $R_{cal}$  i fattori di correlazione  $\xi_a$  riportati nella Tabella 6.6. Il delle NTC2018, in funzione del numero  $n$  di verticali di indagine. È stato assunto un fattore  $\chi_{a3}$  pari a 1.8:

$$R_{a,k} = \min \left[ (R_{a,c})_{media} / \xi_{a3}; (R_{a,c})_{min} / \xi_{a4} \right]$$

numero di verticali indagate	1	2	3	4	≥ 5
$\xi_{a3}$	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
$\xi_{a4}$	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

Il valore di progetto  $R_{a,d}$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico applicando il coefficiente parziale  $\gamma_{Ra} = 1.1$ , previsto per ancoraggi provvisionali, come indicato nella Tabella 6.6.I delle NTC2018.

	simbolo $\gamma_R$	coefficiente parziale
temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1.1
permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1.2

Pertanto:

$$R_{cal} = \pi (1.2 \times 0.20\text{m}) \times 8.0\text{m} \times 150\text{kPa} = 904.32 \text{ kN}$$

$$R_{a,k} = 904.32 \text{ kN} / 1.8 = 502.40 \text{ kN}$$

$$R_{a,d} = 502.40 \text{ kN} / 1.1 = 456.73 \text{ kN}$$

La sollecitazione massima agente sul tirante è pari a 307.41 kN, pertanto la verifica risulta soddisfatta con FS = 1.49.

### 12.1.2.3 Verifica aderenza malta

Per eseguire la verifica in questione, è stato utilizzato l'applicativo della "Geostru".

Di seguito, si riportano i dati di input e l'esito della verifica.

## DATI GENERALI

vers 3.1 (27/11/2017)

Metodo di calcolo

Schneebeli  Bustamante Doix

Descrizione

Gli ancoraggi sono elementi strutturali opportunamente collegati al terreno, in grado di sostenere forze di trazione.

## NORMATIVA

NTC (A1+M1+R3)

Ancoraggi temporanei

1.10

Ancoraggi permanenti

1.20

Lunghezza della zona ancorata

$L_a$

8

m

## Resistenza di aderenza della malta al foro

Tensione di aderenza (valori indicativi riportati in tabella)

$\tau$

0.6

MPa

TERRENO	Tensione di aderenza unitaria malta-terreno [Mpa]	
	min	max
<b>ROCCIA</b>		
✓ Basalto	5.50	6.00
✓ Calcare	2.80	4.80
✓ Arenaria	1.50	1.70
✓ Dolomite	1.70	1.90
✓ Scisti	0.50	0.70
✓ Scisti alterati	0.30	0.50
✓ Gesso	0.60	0.80
✓ Ardesia	1.60	1.80
<b>SCIOLTO</b>		
✓ Limi argillosi	0.06	0.09
✓ Argilla satura	0.05	0.08
✓ Argilla sabbiosa compatta	0.20	0.40
✓ Sabbia medio fine compatta	0.20	0.60
✓ Argilla medio plastica dura	0.20	0.50
✓ Argilla medio plastica media	0.16	0.29
✓ Sabbia grossa e ghiaia compatta	0.29	0.60

E. Segre, "Proposta di metodo di prove semplici per tiranti di ancoraggio" (Industria Italiana del Cemento 6/88)

Verifica dell'aderenza acciaio-malta d'iniezione

La = 800.00 >= 1.31 (cm) - Soddisfatta

Verifica dell'aderenza malta-guaina corrugata

La = 800.00 >= 1.27 (cm) - Soddisfatta

Verifica dell'aderenza della malta al foro

La = 800.00 >= 11.14 (cm) - Soddisfatta

### 12.1.3 Trave di ripartizione

Di seguito si riportano in forma tabellare le verifiche strutturali della trave di ripartizione:

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Tiranti	Puntoni	Travi di Ripartizione in Acciaio		Travi di Ripartizione in Calcestruzzo								
Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento M-N	Sfruttamento Taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	1.6	NTC2018: A1+M1	Realizzazione ti	243.75	0	0.195	0.342	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	1.6	NTC2018: A1+M1	Scavo finale	247.64	0	0.198	0.348	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	1.6	NTC2018: A1+M1	Sisma	247.26	0	0.197	0.347	0	

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR

Tiranti	Puntoni	Travi di Ripartizione in Acciaio		Travi di Ripartizione in Calcestruzzo								
Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento M-N	Sfruttamento Taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	1.6	NTC2018: SISM	Realizzazione ti	187.5	0	0.15	0.263	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	1.6	NTC2018: SISM	Scavo finale	190.38	0	0.152	0.267	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	1.6	NTC2018: SISM	Sisma	192.13	0	0.153	0.27	0	

## 12.2 Opera provvisoria muro di controripa in destra

### 12.2.1 Micropali in acciaio

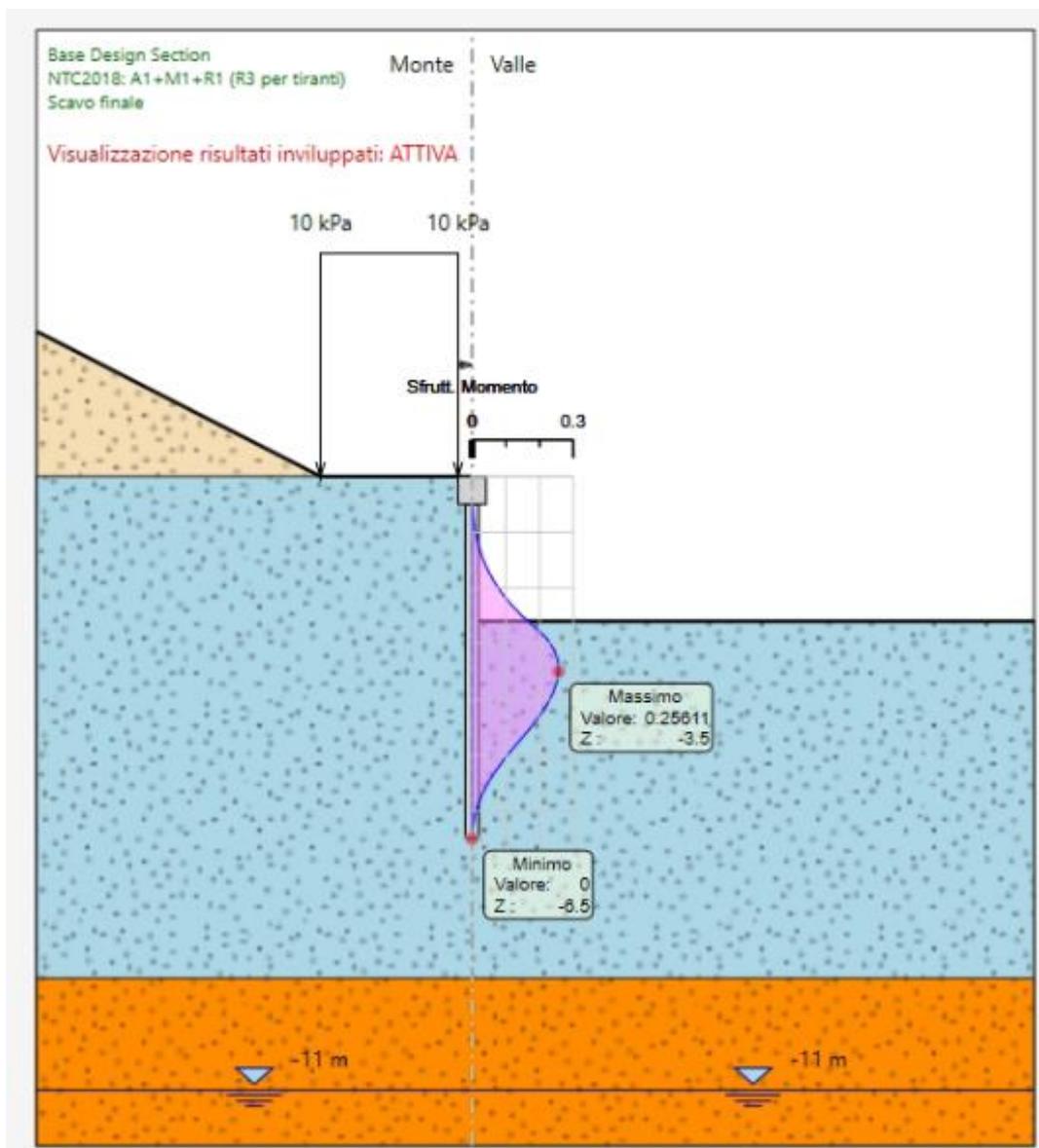


Figura 12-5. Tasso di sfruttamento Momento SLU (valore massimo = 0.26)

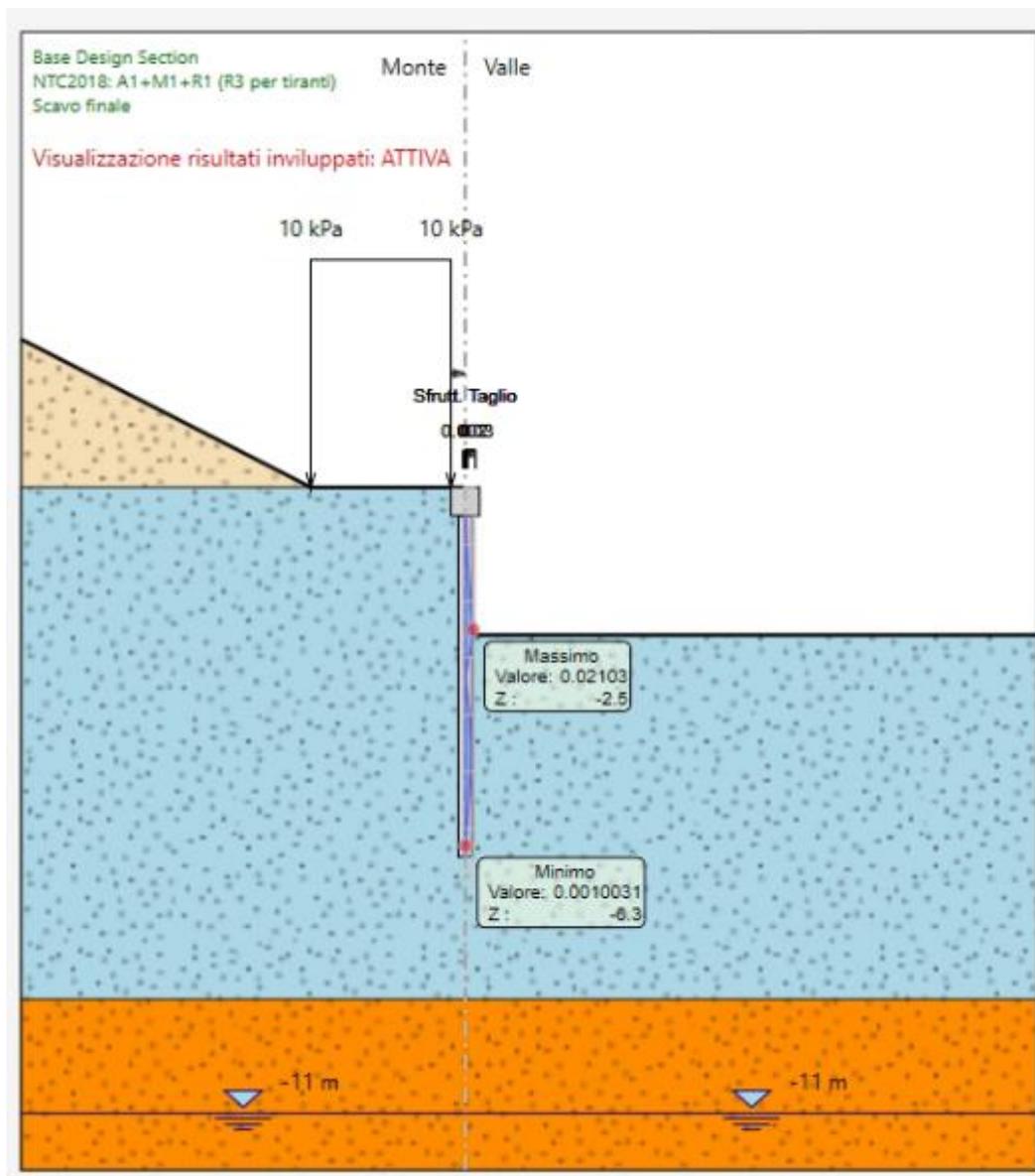


Figura 12-6. Tasso di sfruttamento Taglio SLU (valore massimo = 0.02)

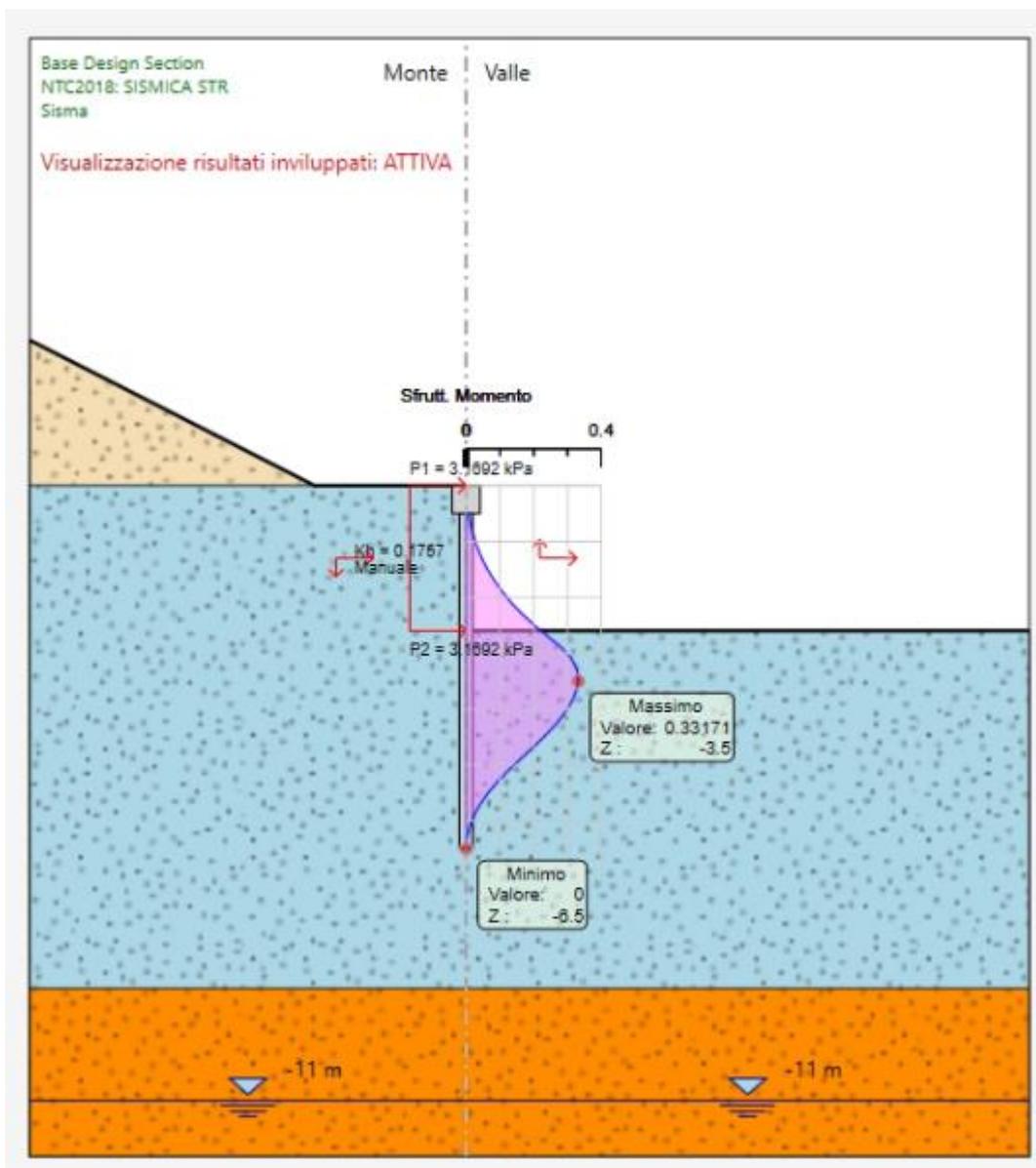


Figura 12-7. Tasso di sfruttamento Momento SLV (valore massimo = 0.33)

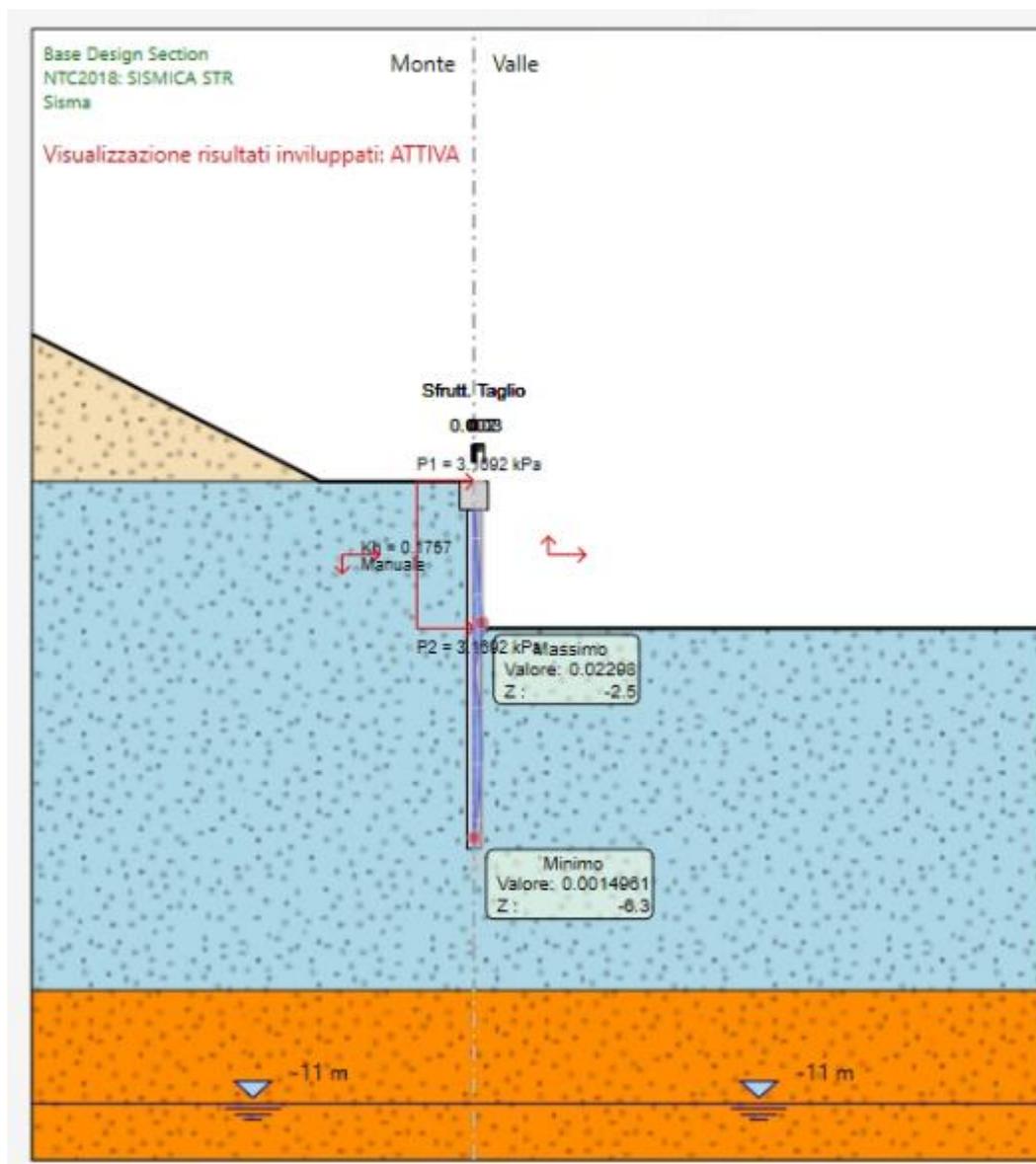


Figura 12-8. Tasso di sfruttamento Taglio SLV (valore massimo = 0.02)

In figura 11.6 della presente relazione è riportato il diagramma degli spostamenti laterali allo SLE dal quale si evince uno spostamento massimo in testa al micropalo pari a 12.80 mm. Di seguito si riporta la verifica dello spostamento massimo ammissibile del micropalo:

		m	mm		limite spostamento paratia a SLE		risultato sle	
check 1	0.005H	0.03	30	m	mm		mm	
check 2	1/100H <sub>scavo</sub>	0.026	26	0.026	26	>	12.8	ok

## 13 VERIFICHE GEOTECNICHE

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche di tipo geotecnico sui micropali, ovvero la resistenza passiva mobilitata a valle della paratia.

### 13.1 Opera provvisoria spalla

Il grado di mobilitazione della resistenza passiva a valle dei micropali a breve termine risulta pari a circa il 28%.

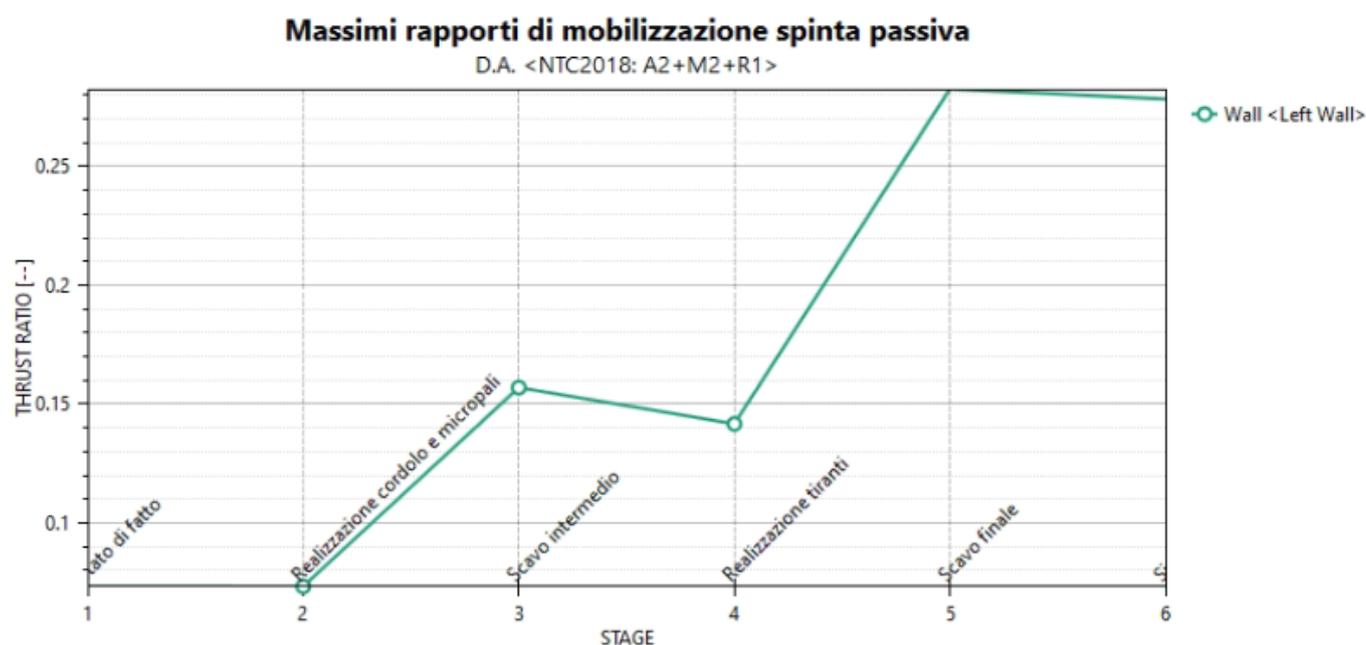


Figura 13-1. Diagramma mobilitazione spinta passiva

### 13.2 Opera provvisoria muro di controripa in destra

Il grado di mobilitazione della resistenza passiva a valle dei micropali a breve termine risulta pari a circa il 17%.

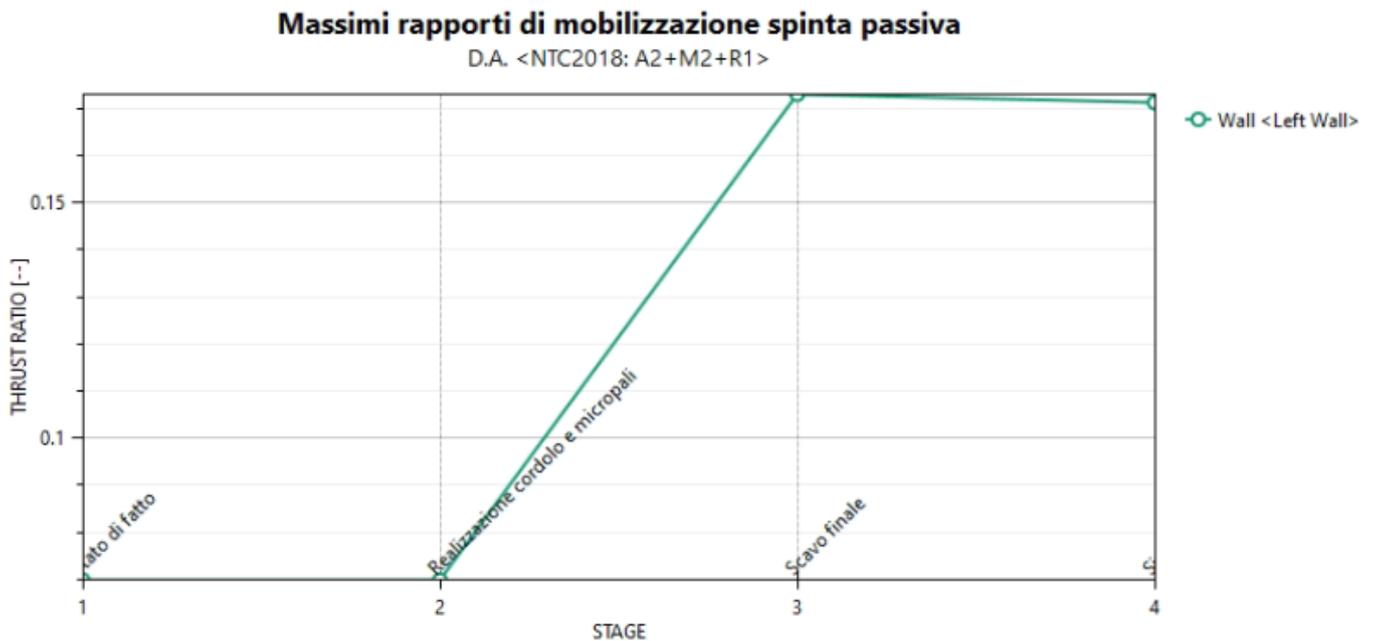


Figura 13-2. Diagramma mobilitazione spinta passiva

## 14 TABULATO PARATIE PLUS

### 14.1 Opera provvisoria spalla

#### *Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno*

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0.8 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -9 m

OCR : 1

## **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -9 m

Muro di sinistra

X : 0 m

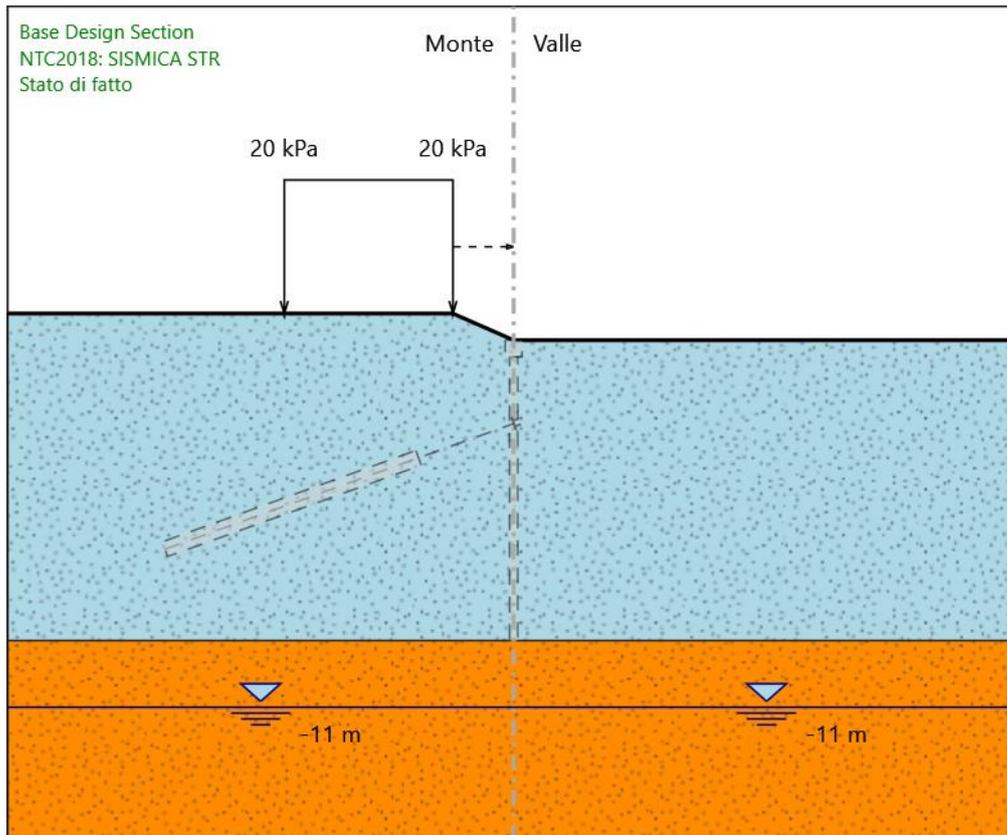
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -0.5 m

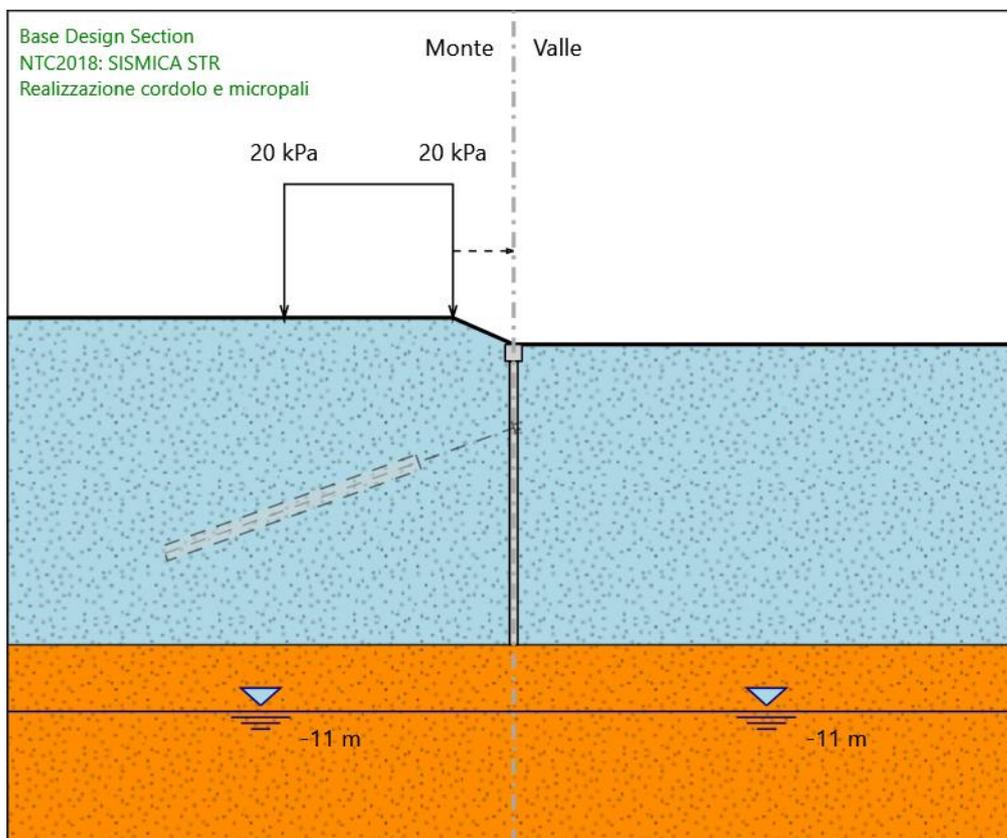
Muro di sinistra

## Fasi di Calcolo

### Stato di fatto



## Realizzazione cordolo e micropali



## Realizzazione cordolo e micropali

### Elementi strutturali

Paratia : micropali

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -9 m

Sezione : MICROPALI

Paratia : cordolo

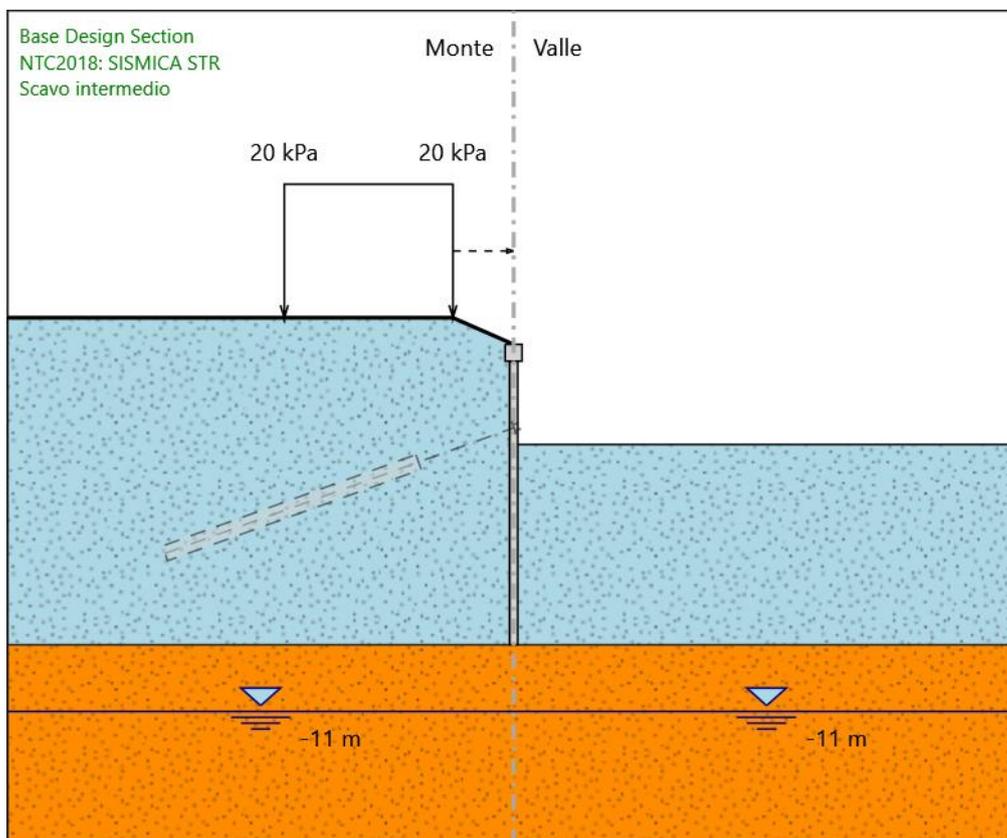
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -0.5 m

Sezione : CORDOLO

## Scavo intermedio



## Scavo intermedio

### Elementi strutturali

Paratia : micropali

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -9 m

Sezione : MICROPALI

Paratia : cordolo

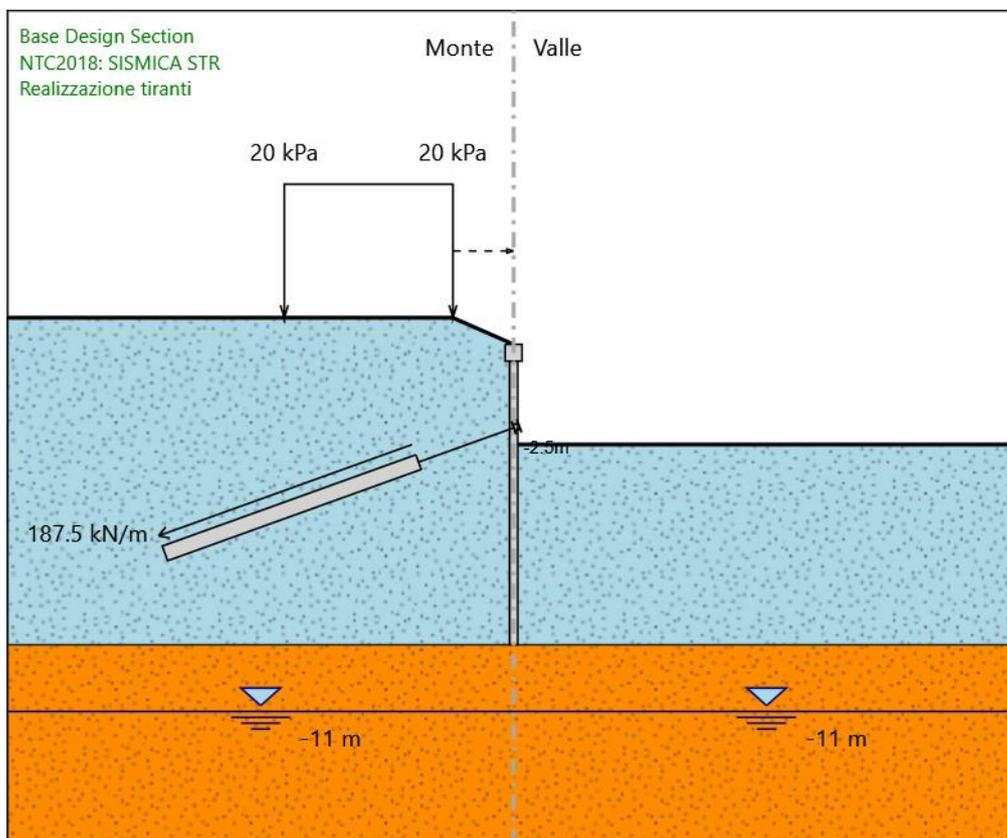
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -0.5 m

Sezione : CORDOLO

## Realizzazione tiranti



## Realizzazione tiranti

### Elementi strutturali

Paratia : micropali

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -9 m

Sezione : MICROPALI

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -0.5 m

Sezione : CORDOLO

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -2.5 m

Lunghezza bulbo : 8 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 3 m

Spaziatura orizzontale : 1.6 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : #3STRANDS

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m<sup>2</sup>

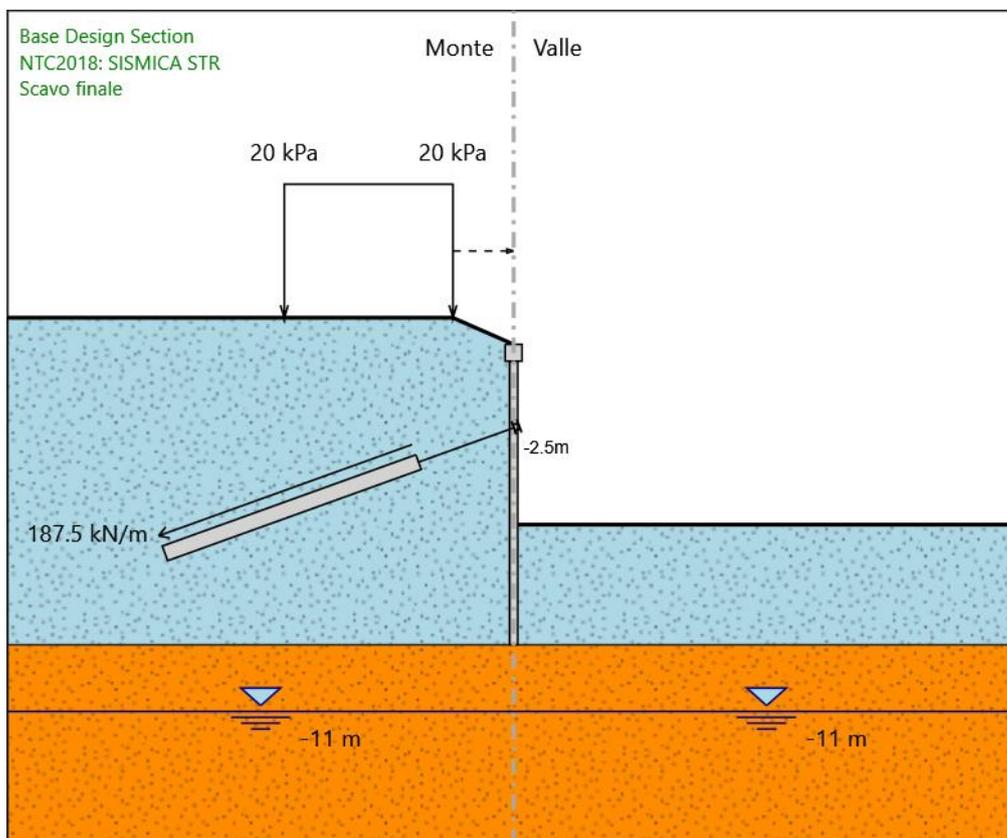
Trave di Ripartizione : Default Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 180B

Materiale : S355

## Scavo finale



## Scavo finale

### Elementi strutturali

Paratia : micropali

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -9 m

Sezione : MICROPALI

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -0.5 m

Sezione : CORDOLO

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -2.5 m

Lunghezza bulbo : 8 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 3 m

Spaziatura orizzontale : 1.6 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : #3STRANDS

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m<sup>2</sup>

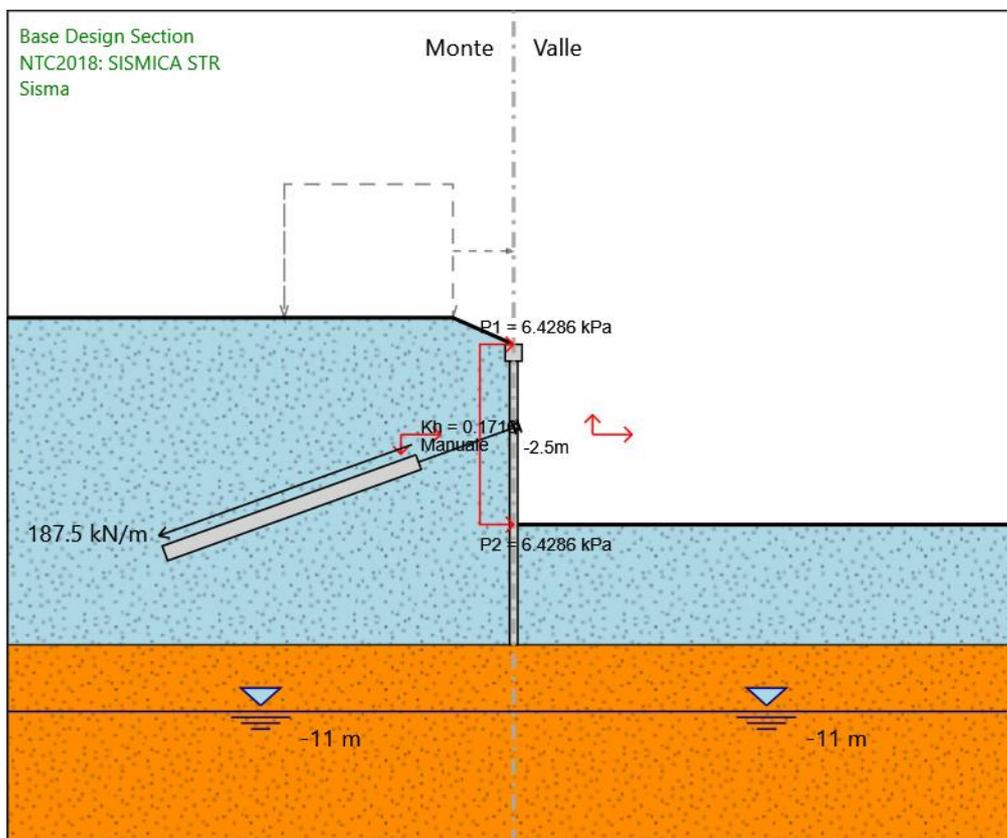
Trave di Ripartizione : Default Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 180B

Materiale : S355

## Sisma



## Sisma

### Elementi strutturali

Paratia : micropali

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -9 m

Sezione : MICROPALI

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -0.5 m

Sezione : CORDOLO

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -2.5 m

Lunghezza bulbo : 8 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 3 m

Spaziatura orizzontale : 1.6 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : #3STRANDS

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m<sup>2</sup>

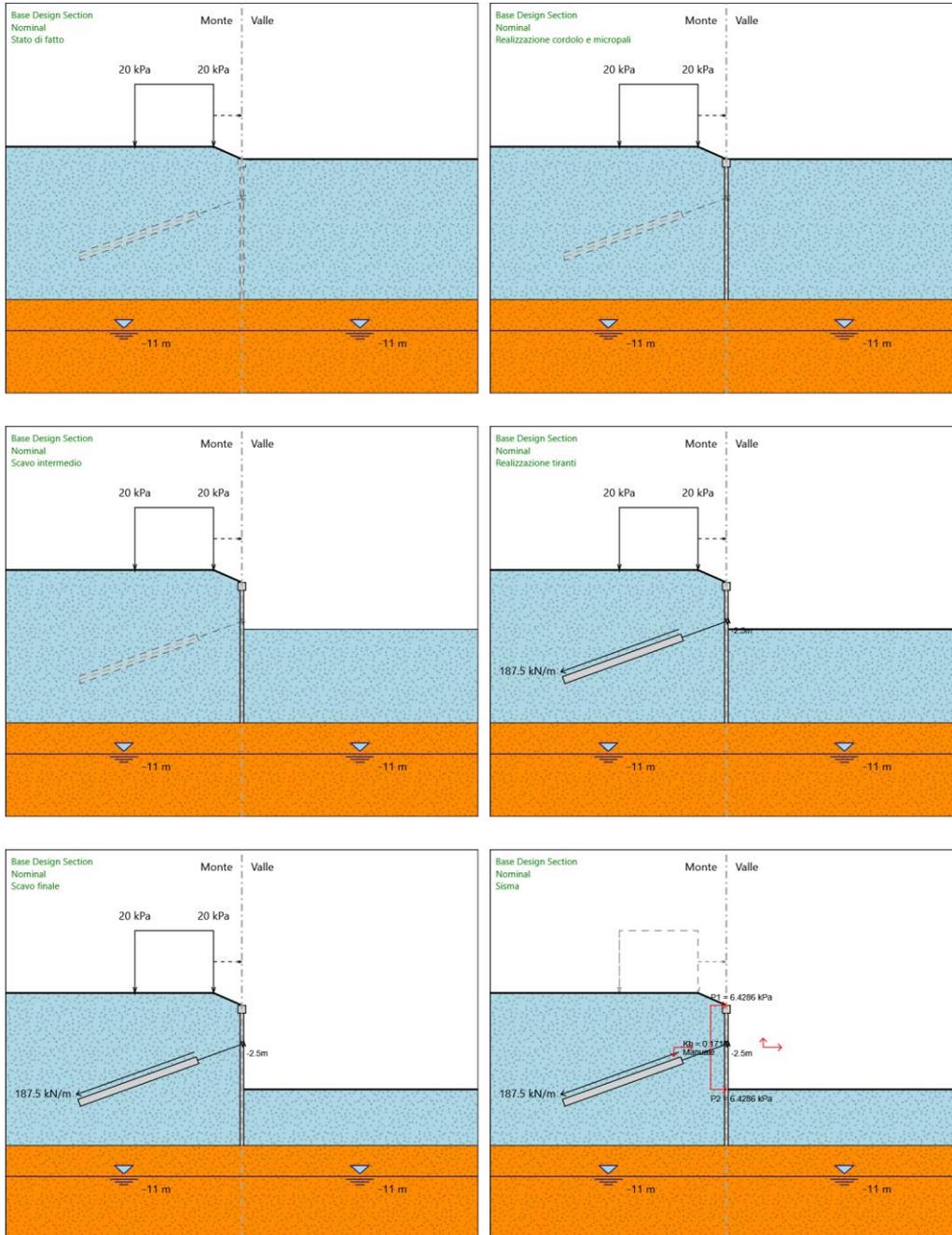
Trave di Ripartizione : Default Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 180B

Materiale : S355

### Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti	Carichi Permanenti	Carichi Variabili	Carichi Variabili	Carico Sismico	Pressioni	Pressioni	Carichi
	Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Favorevoli (F_dead_load_favour)	Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Favorevoli (F_live_load_favour)	(F_seism_load)	Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Perma Destabil (F_UPL_C)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gd}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1

Nome	Parziale su tan( $\phi$ )	Parziale su c'	Parziale su Su	Parziale su qu	Parziale su peso specifico
	(F_Fr)	(F_eff_coh)	(F_Su)	(F_qu)	(F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

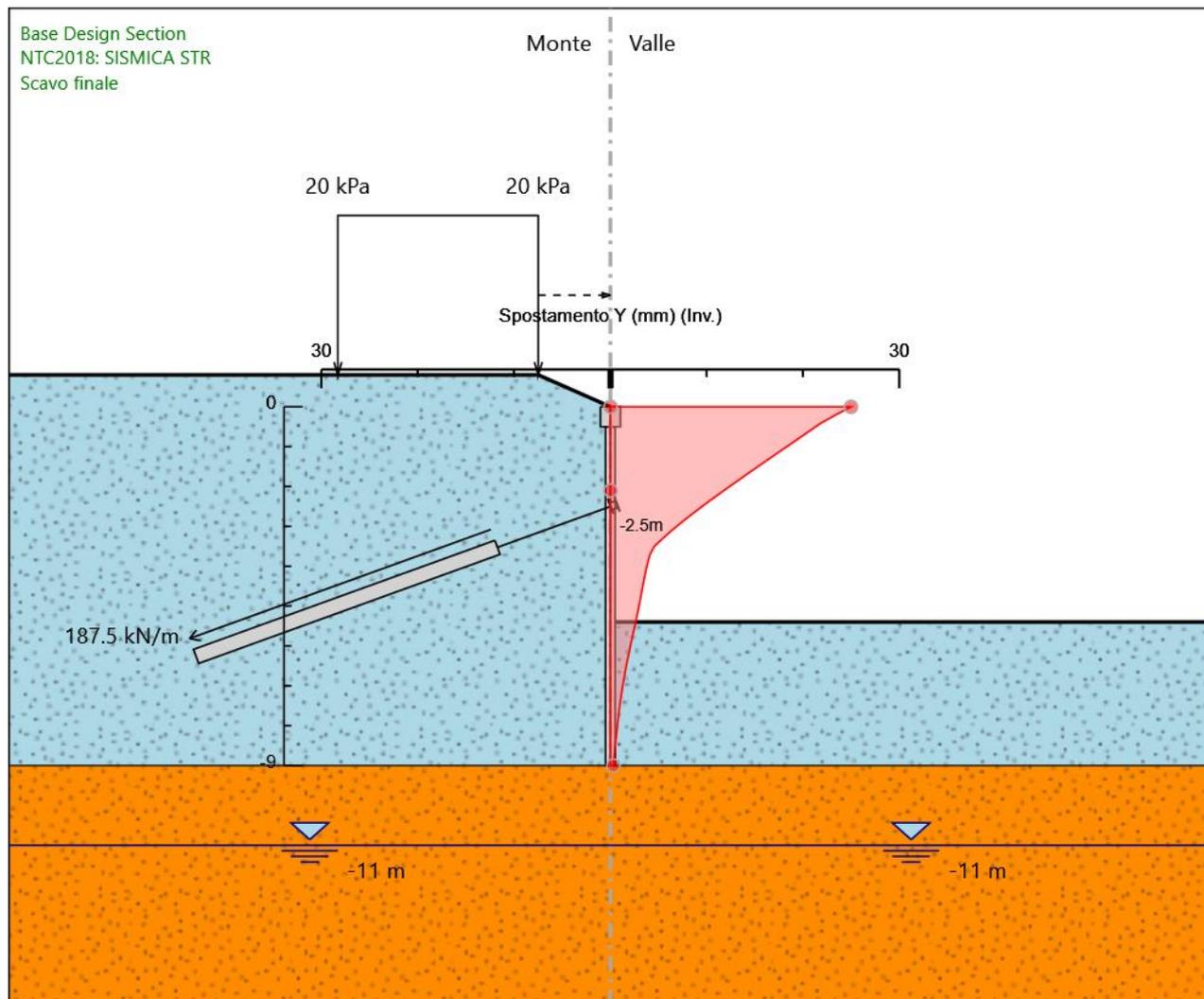
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp)	Parziale resistenza Tiranti	Parziale resistenza Tiranti	Parziale elementi
	(F_Soil_Res_walls)	permanenti (F_Anch_P)	temporanei (F_Anch_T)	strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stato di fatto	Realizzazione cordolo e micropali	Scavo intermedio	Realizzazione tiranti	Scavo finale	Sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	
NTC2018: SISMICA STR						V
NTC2018: SISMICA GEO						V

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

### Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

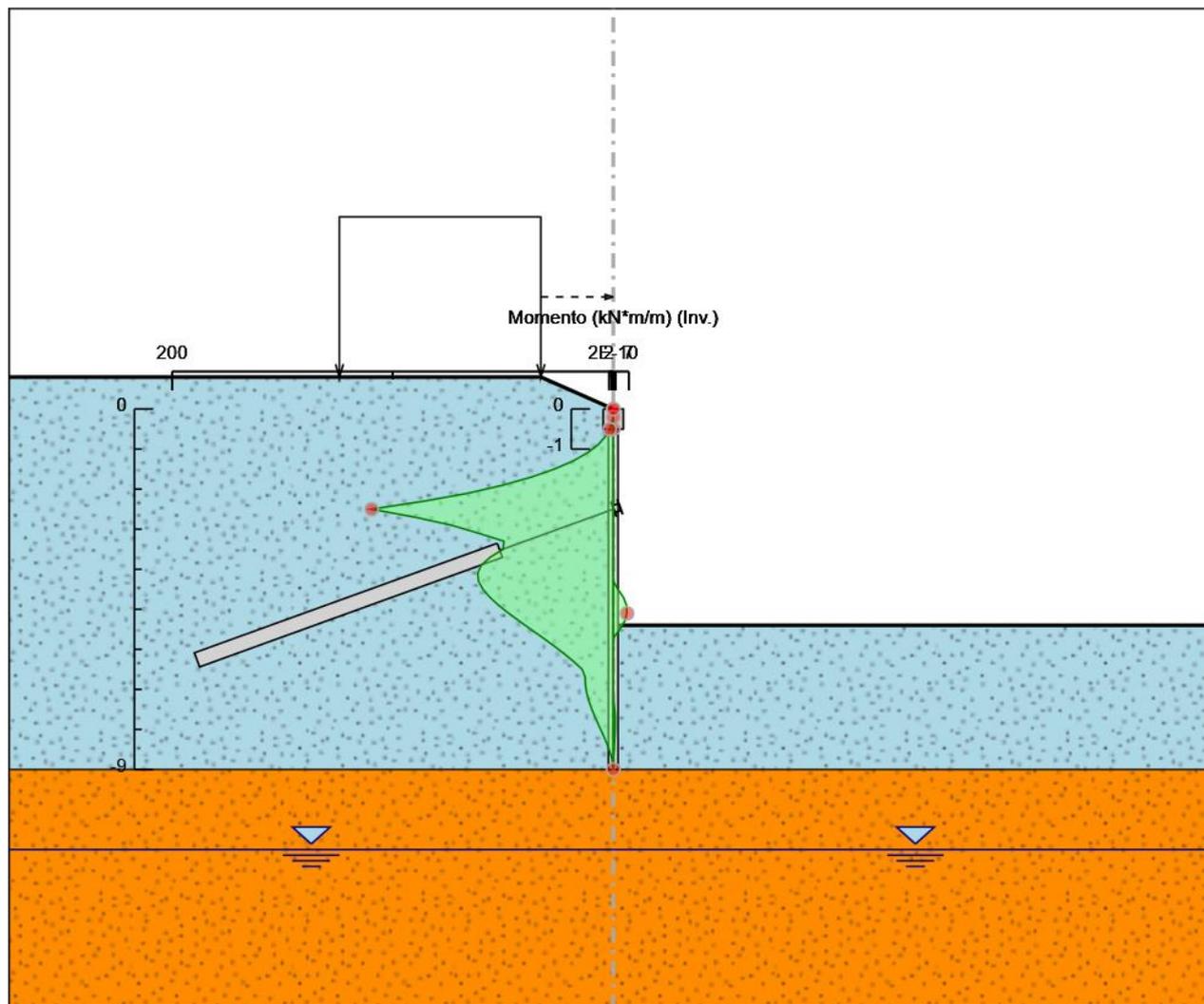
## Tabella Involuppi Momento micropali

Selected Design Assumptions Z (m)	Involuppi: Momento	
	Lato sinistro (kN*m/m)	Muro: micropali Lato destro (kN*m/m)
-0.5	1.631	0
-0.7	3.804	0
-0.9	7.158	0
-1.1	11.947	0
-1.3	18.42	0
-1.5	26.81	0
-1.7	37.32	0
-1.9	50.077	0
-2.1	65.769	0
-2.3	85.992	0
-2.5	109.555	0
-2.7	89.828	0
-2.9	73.39	0.003
-3.1	61.057	0.005
-3.3	49.628	0.005
-3.5	50.016	0.005
-3.7	55.849	0.005
-3.9	59.922	0.004
-4.1	61.511	0.003
-4.3	61.105	0.003
-4.5	59.14	2.054
-4.7	55.997	4.591
-4.9	52.003	5.978
-5.1	47.433	6.176
-5.3	42.506	5.15
-5.5	37.402	2.929
-5.7	32.261	0.188
-5.9	27.247	0
-6.1	22.481	0
-6.3	18.069	0
-6.5	14.143	0
-6.7	12.747	0
-6.9	12.634	0
-7.1	12.023	0
-7.3	11.019	0.107
-7.5	9.721	0.588
-7.7	8.219	0.813
-7.9	6.594	0.842
-8.1	4.926	0.736
-8.3	3.329	0.549
-8.5	1.915	0.334
-8.7	0.79	0.141
-8.9	0.097	0.018
-9	0	0

## Tabella Involuppi Momento cordolo

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: cordolo
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.173	0
-0.4	0.89	0
-0.5	1.631	0

## Grafico Involuppi Momento



Momento

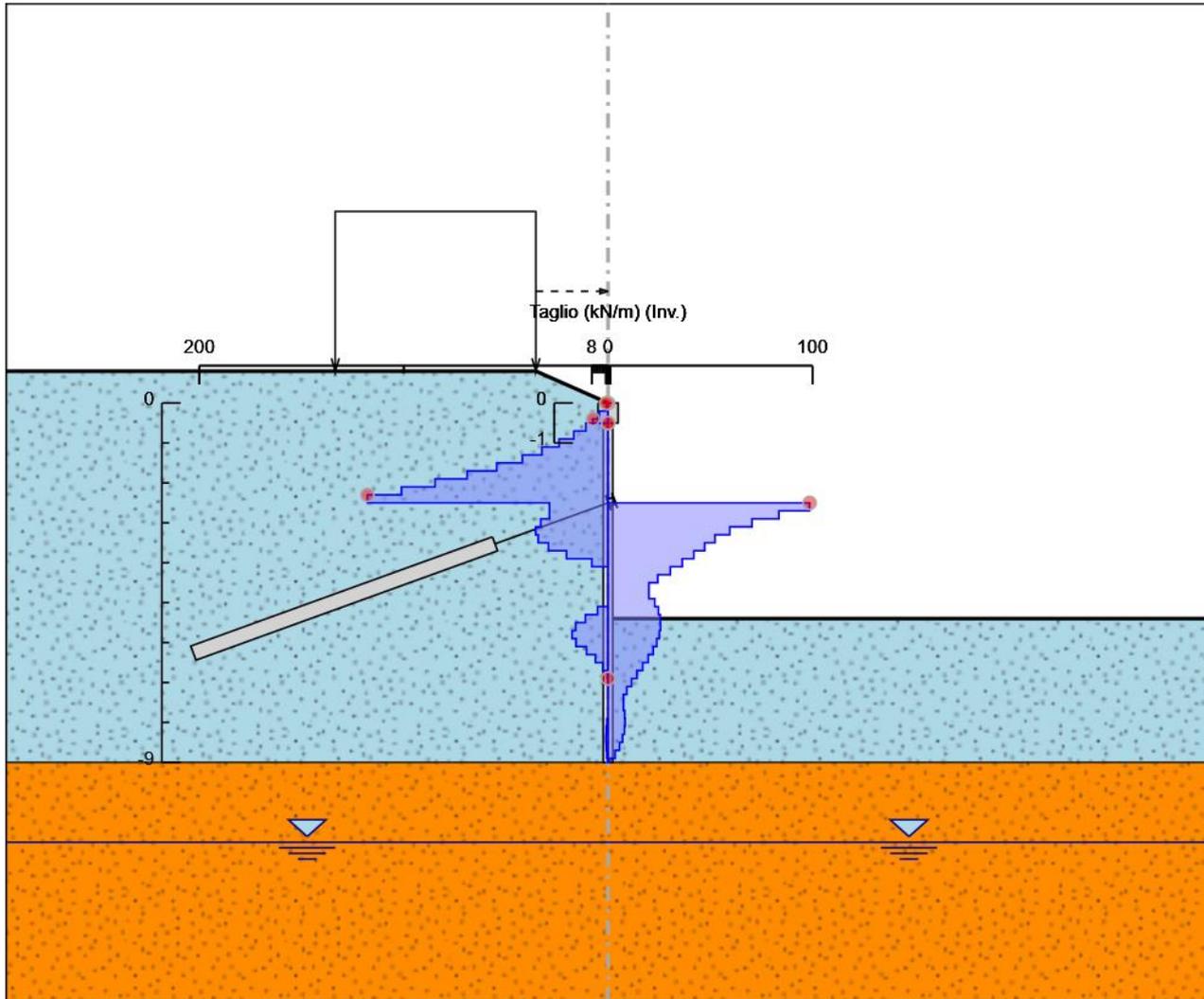
## Tabella Inviluppi Taglio micropali

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Taglio	
	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-0.5	10.864	0
-0.7	16.771	0.038
-0.9	23.947	0.074
-1.1	32.362	0.09
-1.3	41.95	0.091
-1.5	54.547	0.091
-1.7	69.007	0.084
-1.9	84.664	0.073
-2.1	101.114	0.06
-2.3	117.813	0.046
-2.5	117.813	98.635
-2.7	28.712	98.635
-2.9	32.961	83.609
-3.1	35.459	70.448
-3.3	35.459	59.582
-3.5	34.194	52.35
-3.7	29.164	47.281
-3.9	20.366	41.94
-4.1	7.942	36.329
-4.3	0.004	30.456
-4.5	0.004	24.315
-4.7	0.003	19.969
-4.9	0.003	22.854
-5.1	5.134	24.633
-5.3	11.101	25.518
-5.5	15.875	25.704
-5.7	17.682	25.704
-5.9	17.682	25.072
-6.1	15.686	23.831
-6.3	10.599	22.061
-6.5	6.22	19.629
-6.7	2.514	16.921
-6.9	0.391	14.163
-7.1	0	11.534
-7.3	0	9.163
-7.5	0	7.512
-7.7	0	8.122
-7.9	0.532	8.343
-8.1	0.933	8.343
-8.3	1.074	7.983
-8.5	1.074	7.071
-8.7	0.966	5.625
-8.9	0.617	3.463
-9	0.176	0.974

## Tabella Inviluppi Taglio cordolo

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: cordolo
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.863	0
-0.2	4.216	0
-0.4	7.406	0
-0.5	7.406	0

### Grafico Involuppi Taglio



Taglio

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1 Realizzazione tiranti	Left Wall	LEFT		8.51
NTC2018: A2+M2+R1 Scavo finale	Left Wall	RIGHT		28.26

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Scavo intermedio	Left Wall	LEFT	102.4
NTC2018: A2+M2+R1 Realizzazione cordolo e micropali		Left Wall	RIGHT	140.76

## ***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

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Stato di fatto Realizzazione cordolo e micropali Scavo intermedio Realizzazione tiranti Scavo finale Sisma				
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR					V
NTC2018: SISMICA GEO					V

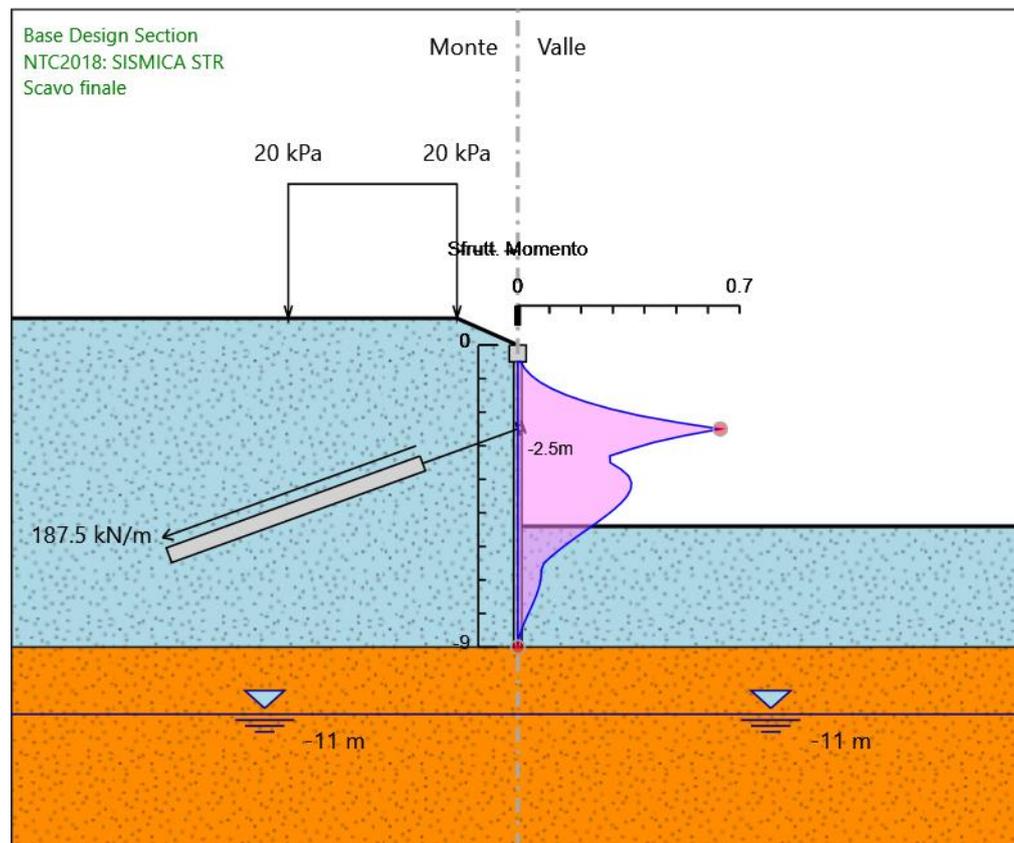
## Risultati SteelWorld

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld	
-0.5	0.01	
-0.7	0.022	
-0.9	0.042	
-1.1	0.07	
-1.3	0.107	
-1.5	0.156	
-1.7	0.218	
-1.9	0.292	
-2.1	0.383	
-2.3	0.501	
-2.5	0.639	
-2.7	0.524	
-2.9	0.429	
-3.1	0.357	
-3.3	0.291	
-3.5	0.292	
-3.7	0.326	
-3.9	0.349	
-4.1	0.359	
-4.3	0.356	
-4.5	0.345	
-4.7	0.327	
-4.9	0.303	
-5.1	0.277	
-5.3	0.248	
-5.5	0.218	
-5.7	0.188	
-5.9	0.159	
-6.1	0.131	
-6.3	0.105	
-6.5	0.082	
-6.7	0.074	
-6.9	0.074	
-7.1	0.07	
-7.3	0.064	
-7.5	0.057	
-7.7	0.048	
-7.9	0.038	
-8.1	0.029	
-8.3	0.019	
-8.5	0.011	
-8.7	0.005	
-8.9	0.001	
-9	0	

Involupi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld



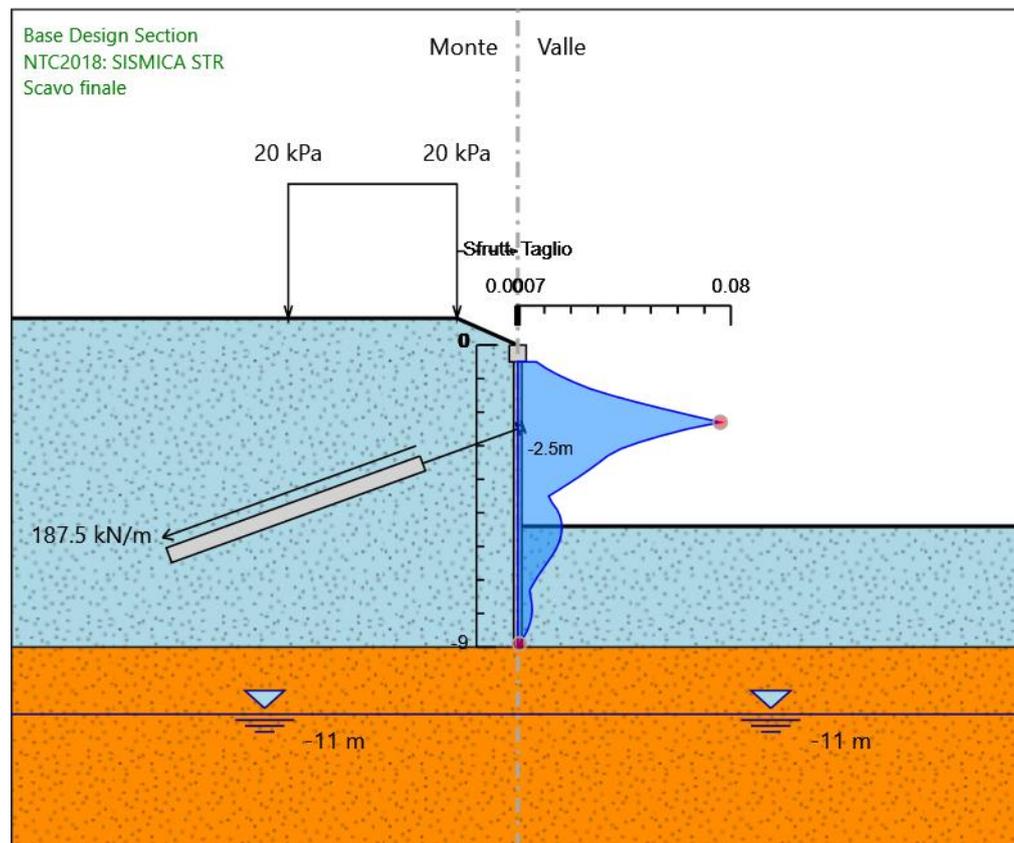
Inviluppi  
Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

**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	
-0.5	0.007	
-0.7	0.011	
-0.9	0.015	
-1.1	0.021	
-1.3	0.027	
-1.5	0.035	
-1.7	0.045	
-1.9	0.055	
-2.1	0.065	
-2.3	0.076	
-2.5	0.064	
-2.7	0.054	
-2.9	0.045	
-3.1	0.038	
-3.3	0.034	
-3.5	0.03	
-3.7	0.027	
-3.9	0.023	
-4.1	0.02	
-4.3	0.016	
-4.5	0.012	
-4.7	0.013	
-4.9	0.015	
-5.1	0.016	
-5.3	0.016	
-5.5	0.017	
-5.7	0.016	
-5.9	0.015	
-6.1	0.014	
-6.3	0.013	
-6.5	0.011	
-6.7	0.009	
-6.9	0.007	
-7.1	0.006	
-7.3	0.005	
-7.5	0.005	
-7.7	0.005	
-7.9	0.005	
-8.1	0.005	
-8.3	0.005	
-8.5	0.004	
-8.7	0.002	
-8.9	0.001	
-9	0.001	

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Inviluppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

**Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)**

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Realizzazione tiranti	300	904.779	605.557	0.332	0.495		NO
Tieback	Scavo finale	304.611	904.779	605.557	0.337	0.503		NO
Tieback	Sisma	304.208	904.779	605.557	0.336	0.502		NO

### Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018					Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
Tirante	Stage						
Tieback	Realizzazione tiranti	390	456.959	605.557	0.853	0.644	
Tieback	Scavo finale	396.223	456.959	605.557	0.867	0.654	
Tieback	Sisma	395.615	456.959	605.557	0.866	0.653	

### Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018					Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR	
Tirante	Stage						
Tieback	Realizzazione tiranti	300	456.959	605.557	0.657	0.495	
Tieback	Scavo finale	312.134	456.959	605.557	0.683	0.515	
Tieback	Sisma	311.53	456.959	605.557	0.682	0.514	

### Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti				NTC2018		Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione	Resistenza GEO	Resistenza STR	(ITA) Ratio GEO	Ratio STR		
Tirante	Stage	(kN)	(kN)	(kN)				
Tieback	Realizzazione tiranti	300	456.959	605.557	0.657	0.495		
Tieback	Scavo finale	304.611	456.959	605.557	0.667	0.503		
Tieback	Sisma	307.41	456.959	605.557	0.673	0.508		

### Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

Design Assumption: NTC2018:		Tipo Risultato:			NTC2018			
SISMICA GEO		Verifiche Tiranti			(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Realizzazione tiranti	300	456.959	605.557	0.657	0.495		
Tieback	Scavo finale	304.611	456.959	605.557	0.667	0.503		
Tieback	Sisma	307.41	456.959	605.557	0.673	0.508		

Tipo Risultato:									
Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
Tieback	Scavo finale	396.223	456.959	605.557	0.867	0.654			NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

## Verifiche Travi di Ripartizione Nominal

Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione								
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione Materiale		Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Realizzazione tiranti	187.5	0	0	0	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Scavo finale	190.382	0	0	0	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Sisma	192.131	0	0	0	0

## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)								
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Realizzazione tiranti	187.5	0	0.15	0.263	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Scavo finale	190.382	0	0.152	0.267	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Sisma	190.13	0	0.152	0.267	0	

## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)								
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Realizzazione tiranti	243.75	0	0.195	0.342	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Scavo finale	247.64	0	0.198	0.348	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Sisma	247.259	0	0.197	0.347	0	

## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)								
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Realizzazione tiranti	187.5	0	0.15	0.263	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Scavo finale	195.084	0	0.156	0.274	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Sisma	194.706	0	0.155	0.273	0	

## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA)		Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
		Sezione	Materiale						
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Realizzazione tiranti	187.5	0	0.15	0.263	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Scavo finale	190.382	0	0.152	0.267	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Sisma	192.131	0	0.153	0.27	0

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA)		Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
		Sezione	Materiale						
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Realizzazione tiranti	187.5	0	0.15	0.263	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Scavo finale	190.382	0	0.152	0.267	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S355	Sisma	192.131	0	0.153	0.27	0

## 14.2 Opera provvisoria muro di controripa in destra

### **Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno**

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 2.6 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -9 m

OCR : 1

## **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -6.5 m

Muro di sinistra

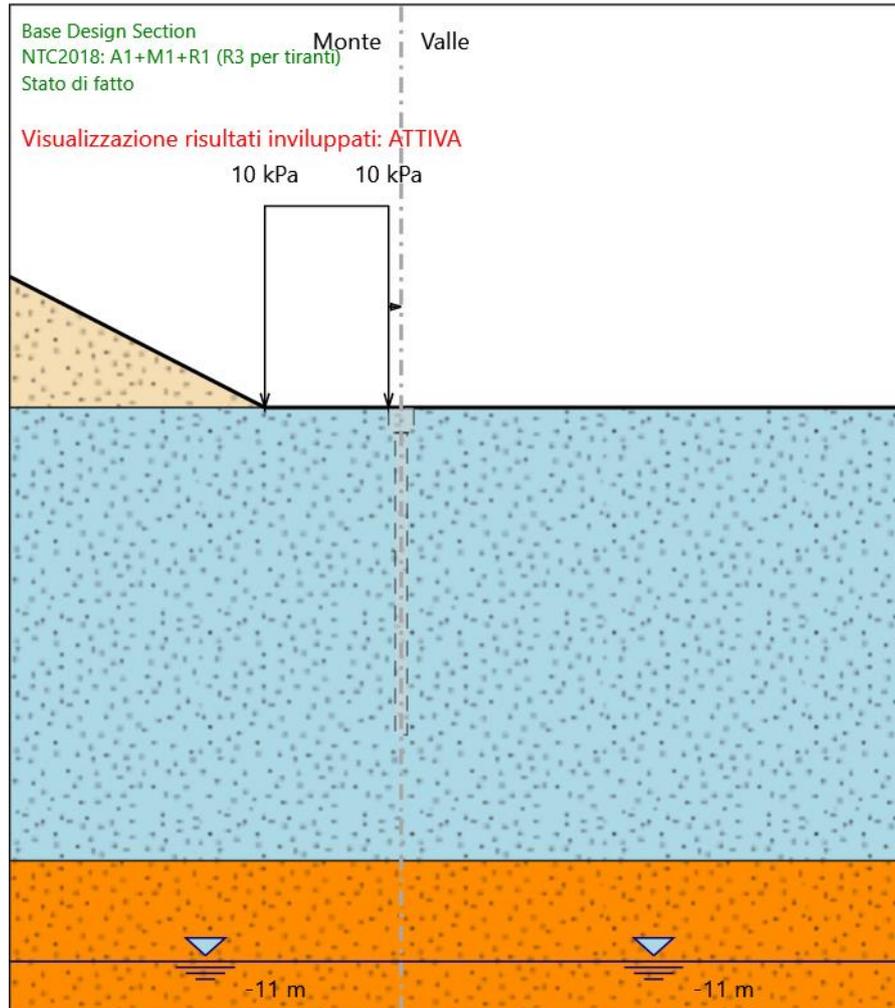
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

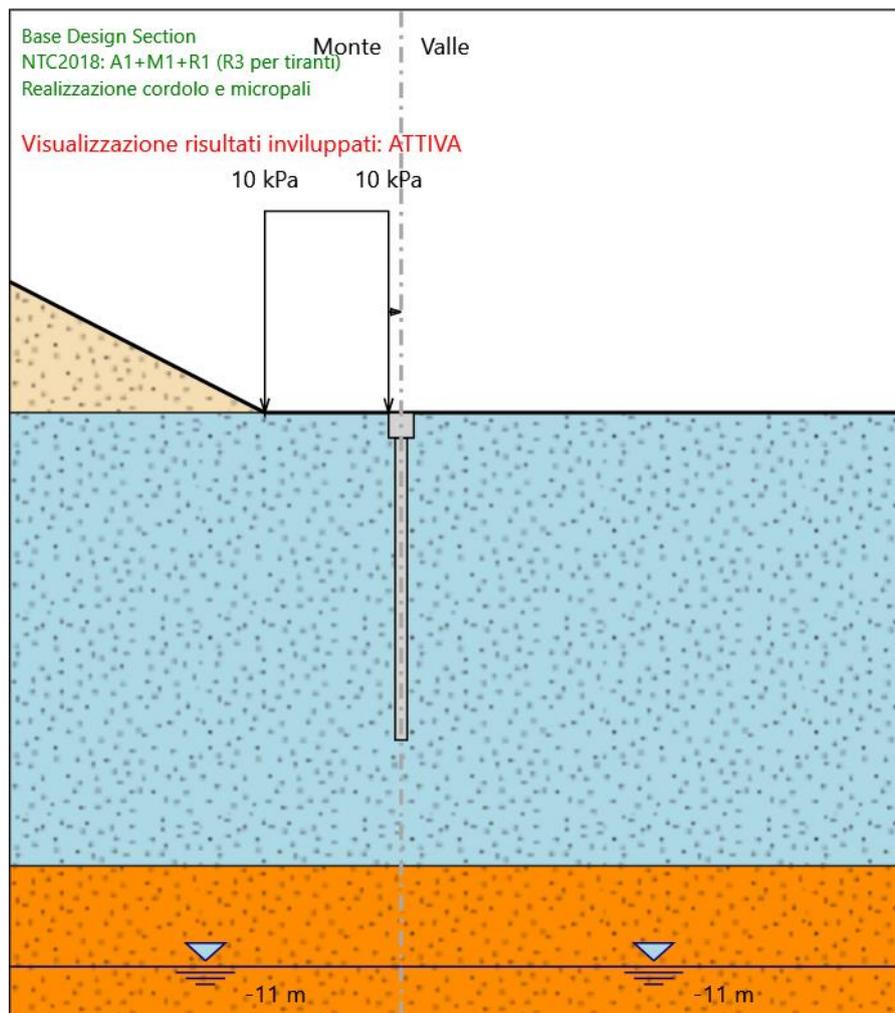
Quota di fondo : -0.5 m

Muro di sinistra

## Fasi di Calcolo Stato di fatto



## Realizzazione cordolo e micropali



## Realizzazione cordolo e micropali

Elementi strutturali

Paratia : micropali

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -6.5 m

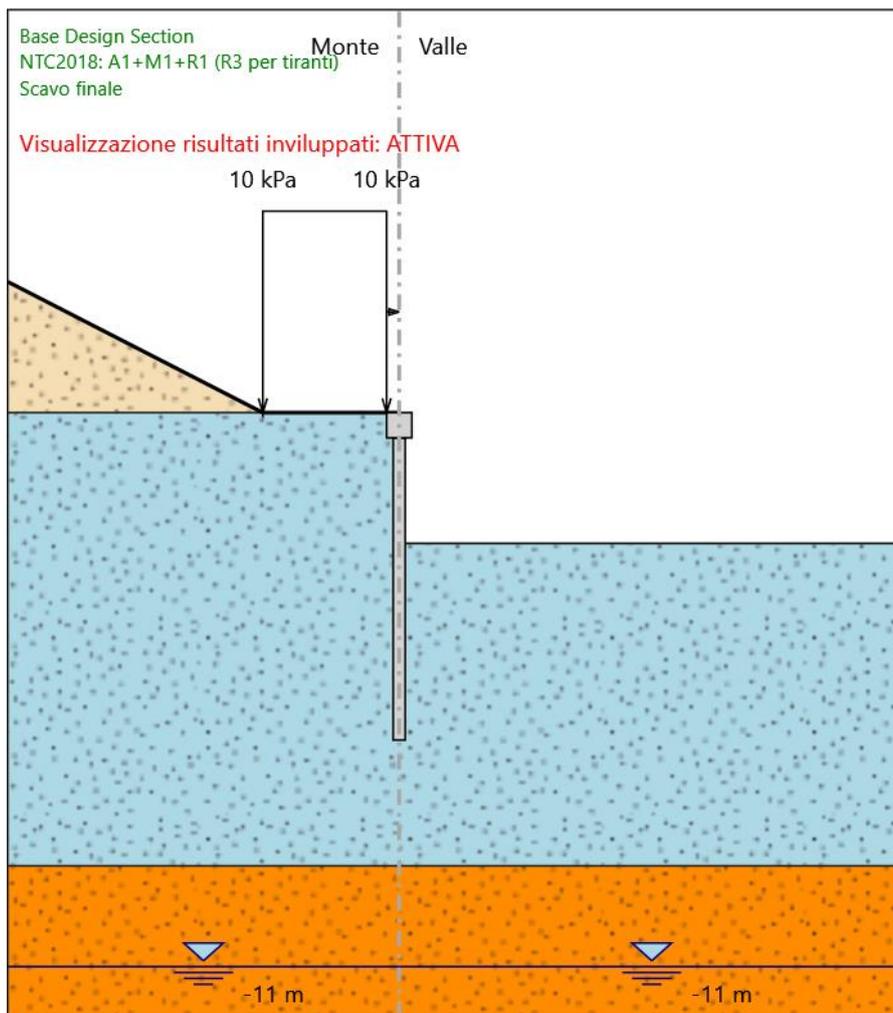
Sezione : MICROPALI

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -0.5 m  
Sezione : CORDOLO

## Scavo finale



## Scavo finale

Elementi strutturali

Paratia : micropali

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -6.5 m

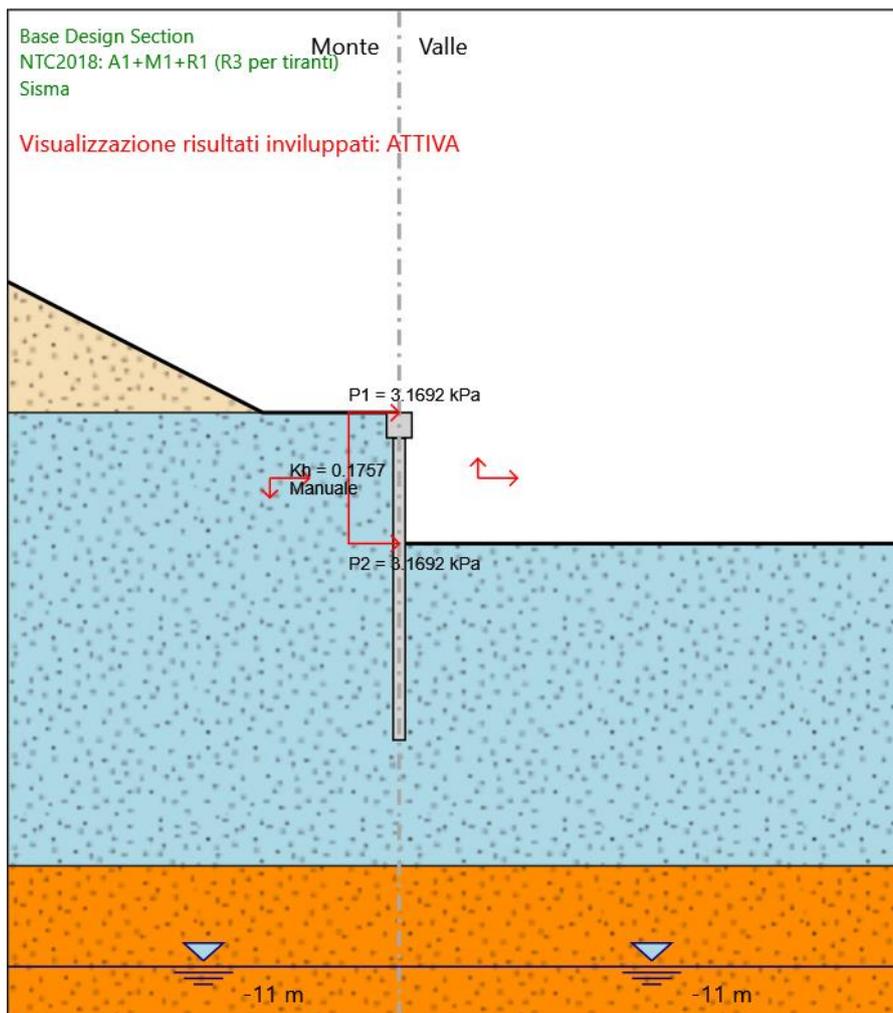
Sezione : MICROPALI

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -0.5 m  
Sezione : CORDOLO

## Sisma



## Sisma

Elementi strutturali

Paratia : micropali

X : 0 m

Quota in alto : -0.5 m

Quota di fondo : -6.5 m

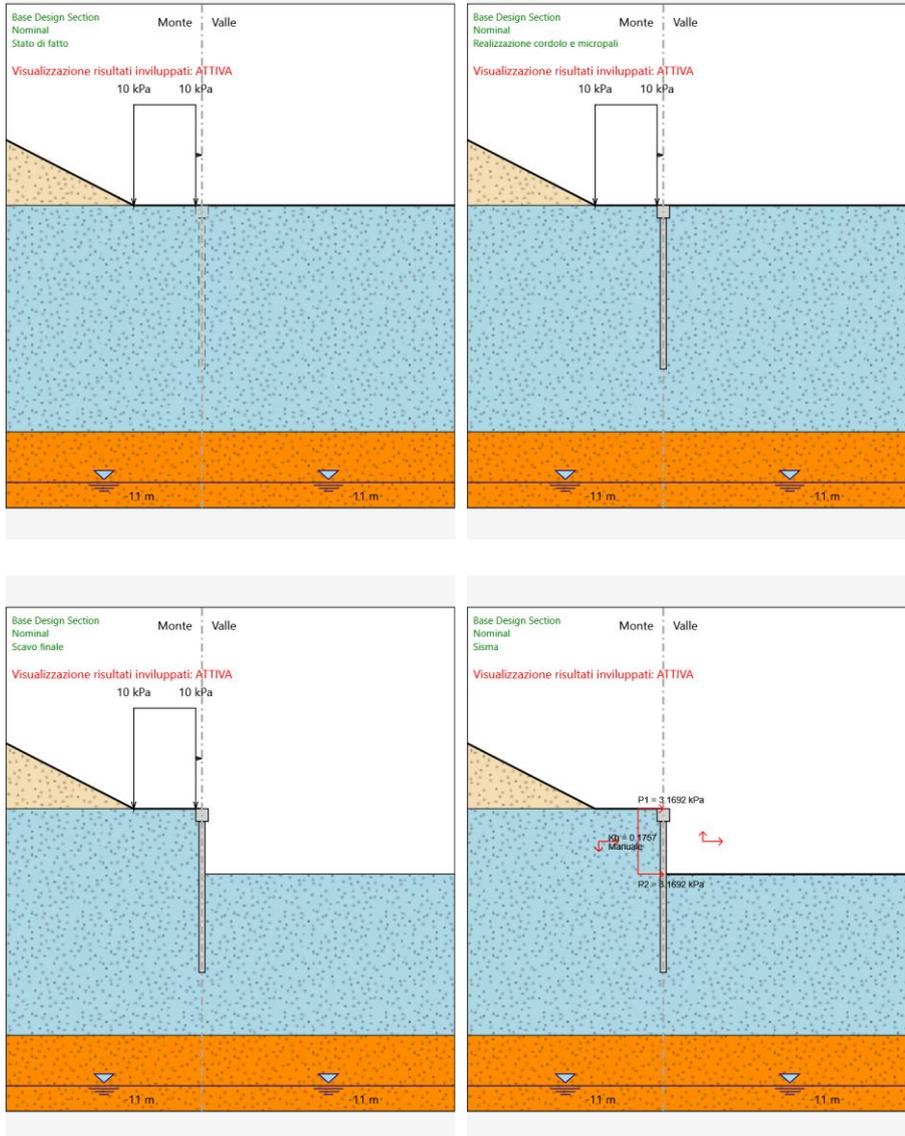
Sezione : MICROPALI

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -0.5 m  
Sezione : CORDOLO

## Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_C)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_G$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_coh)	Parziale su $S_u$ (F_Su)	Parziale su $q_u$ (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
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

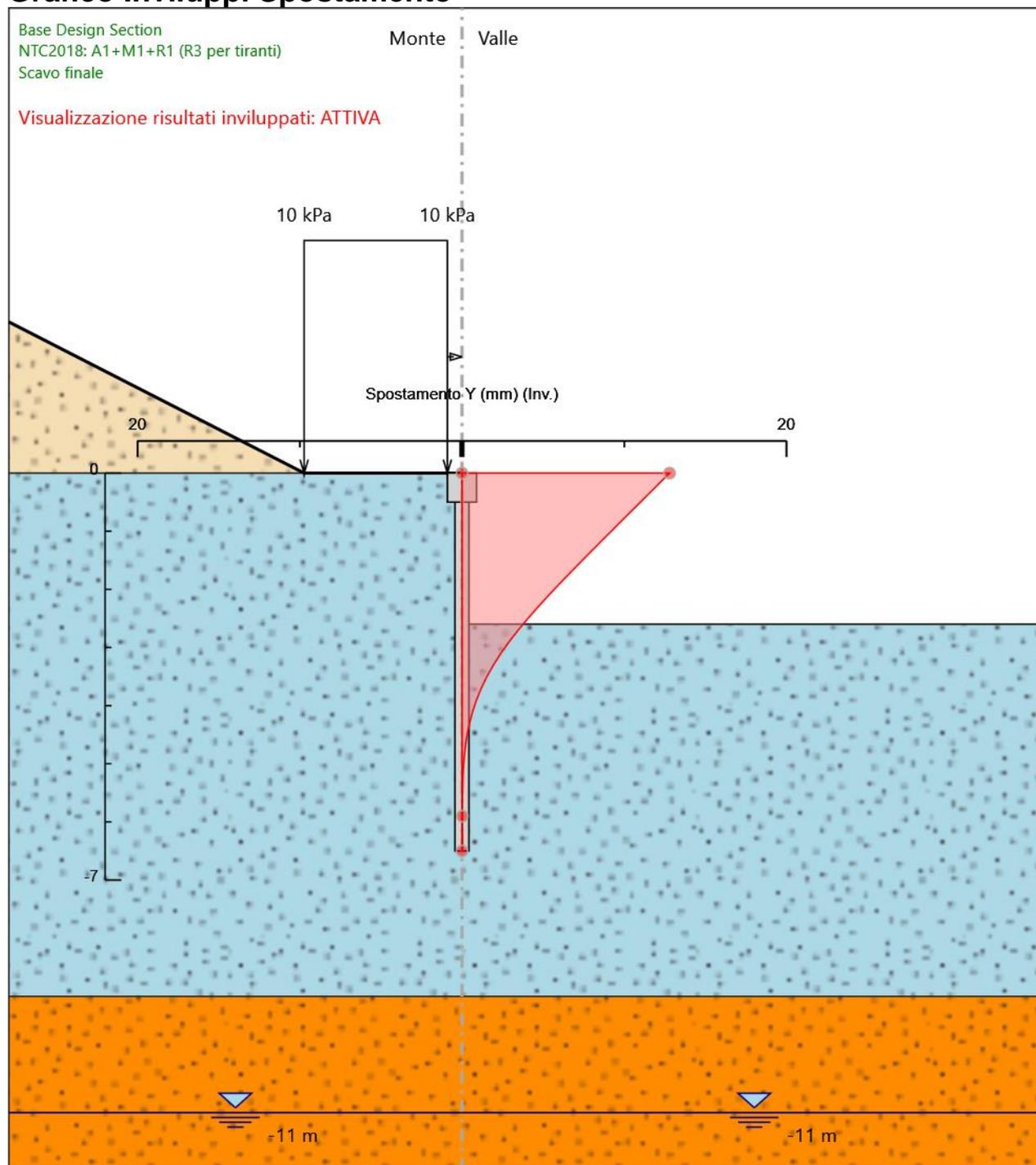
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Stato di fatto Realizzazione cordolo e micropali Scavo finale Sisma		
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR			V
NTC2018: SISMICA GEO			V

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

### Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

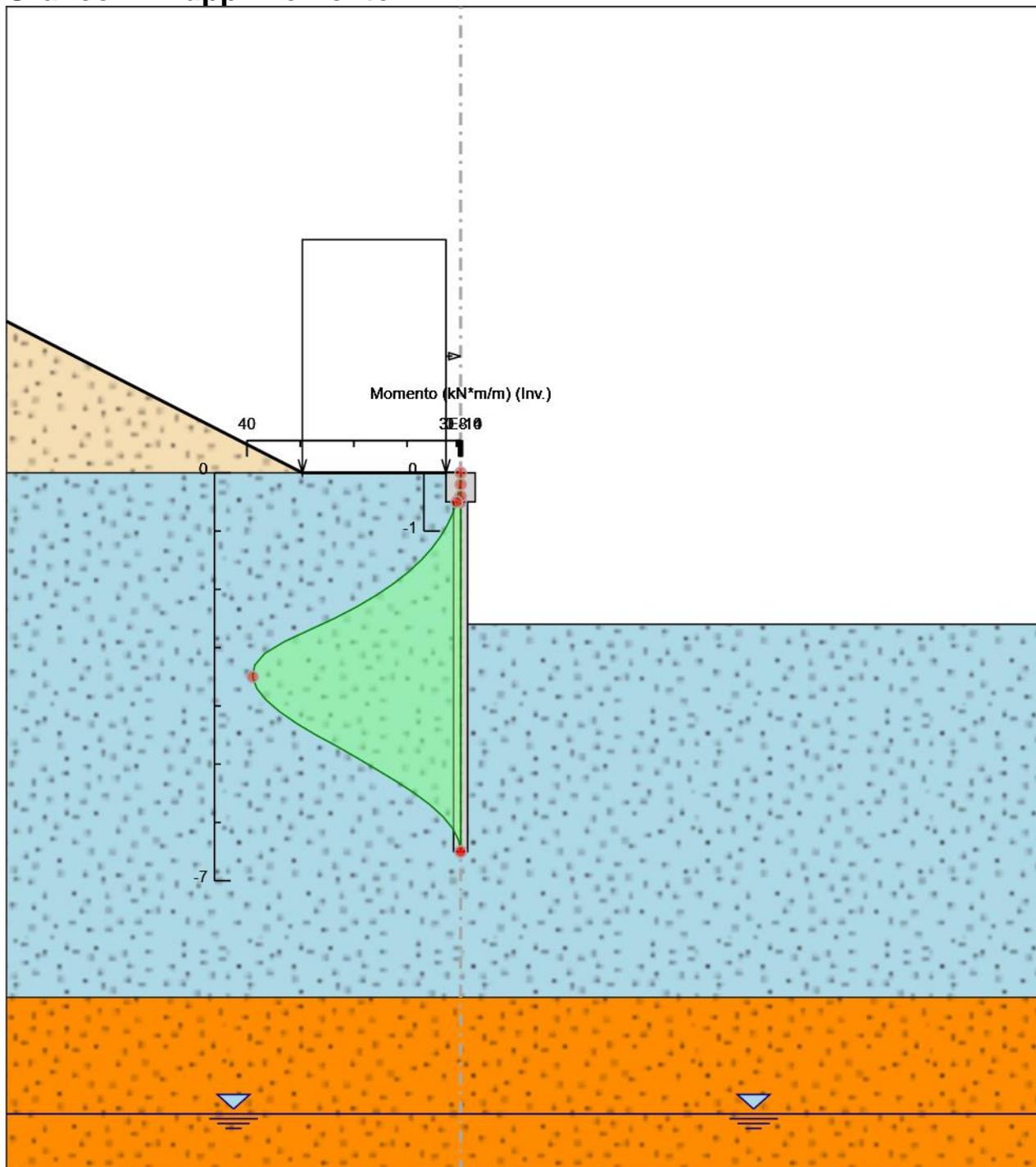
## Tabella Involuppi Momento micropali

Z (m)	Selected Design Assumptions	
	Involuppi: Momento Lato sinistro (kN*m/m)	Muro: micropali Lato destro (kN*m/m)
-0.5	0.751	0
-0.7	1.507	0
-0.9	2.519	0
-1.1	3.818	0
-1.3	5.438	0
-1.5	7.409	0
-1.7	9.765	0
-1.9	12.538	0
-2.1	15.76	0
-2.3	19.463	0
-2.5	23.679	0
-2.7	28.405	0
-2.9	33.065	0
-3.1	36.688	0
-3.3	38.55	0
-3.5	38.953	0
-3.7	38.16	0
-3.9	36.401	0
-4.1	33.864	0
-4.3	30.705	0
-4.5	27.044	0
-4.7	23.011	0
-4.9	19.227	0
-5.1	15.562	0
-5.3	11.951	0
-5.5	8.603	0
-5.7	5.681	0
-5.9	3.291	0
-6.1	1.506	0
-6.3	0.39	0
-6.5	0	0

## Tabella Inviluppi Momento cordolo

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: cordolo
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.109	0
-0.4	0.466	0
-0.5	0.751	0

### Grafico Involuppi Momento



Momento

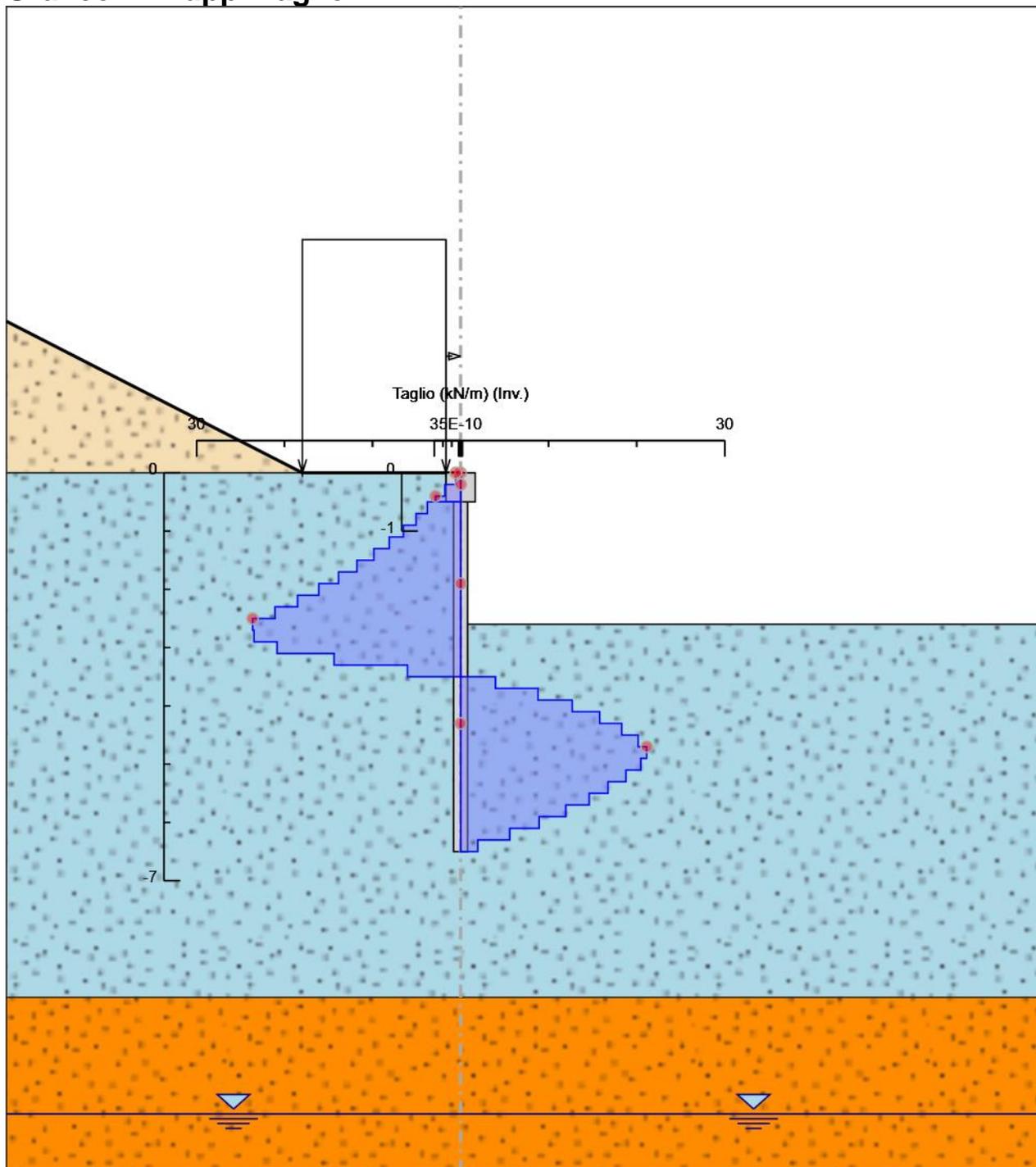
## Tabella Inviluppi Taglio micropali

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: micropali
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-0.5	3.781	0
-0.7	5.058	0
-0.9	6.497	0
-1.1	8.096	0
-1.3	9.858	0
-1.5	11.78	0
-1.7	13.864	0
-1.9	16.109	0
-2.1	18.515	0
-2.3	21.083	0
-2.5	23.63	0
-2.7	23.63	0
-2.9	23.471	0
-3.1	20.845	0
-3.3	14.372	0
-3.5	6.031	3.961
-3.7	0	8.798
-3.9	0	12.683
-4.1	0	15.796
-4.3	0	18.304
-4.5	0	20.167
-4.7	0	21.138
-4.9	0	21.138
-5.1	0	20.469
-5.3	0	18.781
-5.5	0	16.742
-5.7	0	14.605
-5.9	0	11.954
-6.1	0	8.923
-6.3	0	5.579
-6.5	0	1.951

## Tabella Inviluppi Taglio cordolo

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Taglio Lato sinistro (kN/m)	Muro: cordolo Lato destro (kN/m)
0	0.543	0
-0.2	1.789	0
-0.4	2.848	0
-0.5	2.848	0

### Grafico Involuppi Taglio



Taglio

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1 Stato di fatto	Left Wall	LEFT		4.76
NTC2018: A2+M2+R1 Scavo finale	Left Wall	RIGHT		17.3

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1 Scavo finale	Left Wall	LEFT		109.69
NTC2018: A2+M2+R1 Stato di fatto	Left Wall	RIGHT		134.22

## 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

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stato di fatto Realizzazione cordolo e micropali Scavo finale Sisma		
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR			V
NTC2018: SISMICA GEO			V

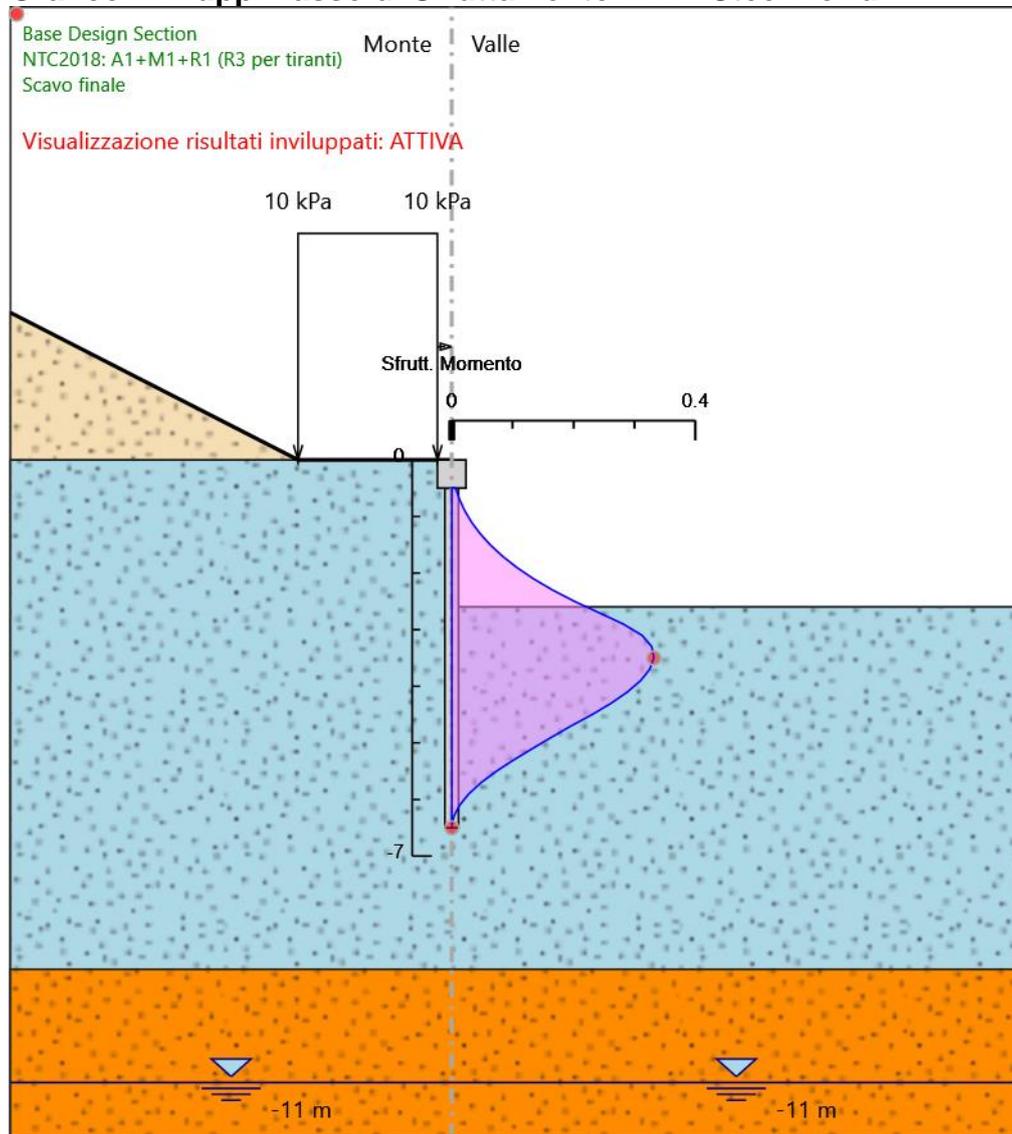
## Risultati SteelWorld

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld	
-0.5	0.006	
-0.7	0.013	
-0.9	0.021	
-1.1	0.033	
-1.3	0.046	
-1.5	0.063	
-1.7	0.083	
-1.9	0.107	
-2.1	0.134	
-2.3	0.166	
-2.5	0.202	
-2.7	0.242	
-2.9	0.282	
-3.1	0.312	
-3.3	0.328	
-3.5	0.332	
-3.7	0.325	
-3.9	0.31	
-4.1	0.288	
-4.3	0.261	
-4.5	0.23	
-4.7	0.196	
-4.9	0.164	
-5.1	0.133	
-5.3	0.102	
-5.5	0.073	
-5.7	0.048	
-5.9	0.028	
-6.1	0.013	
-6.3	0.003	
-6.5	0	

Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld



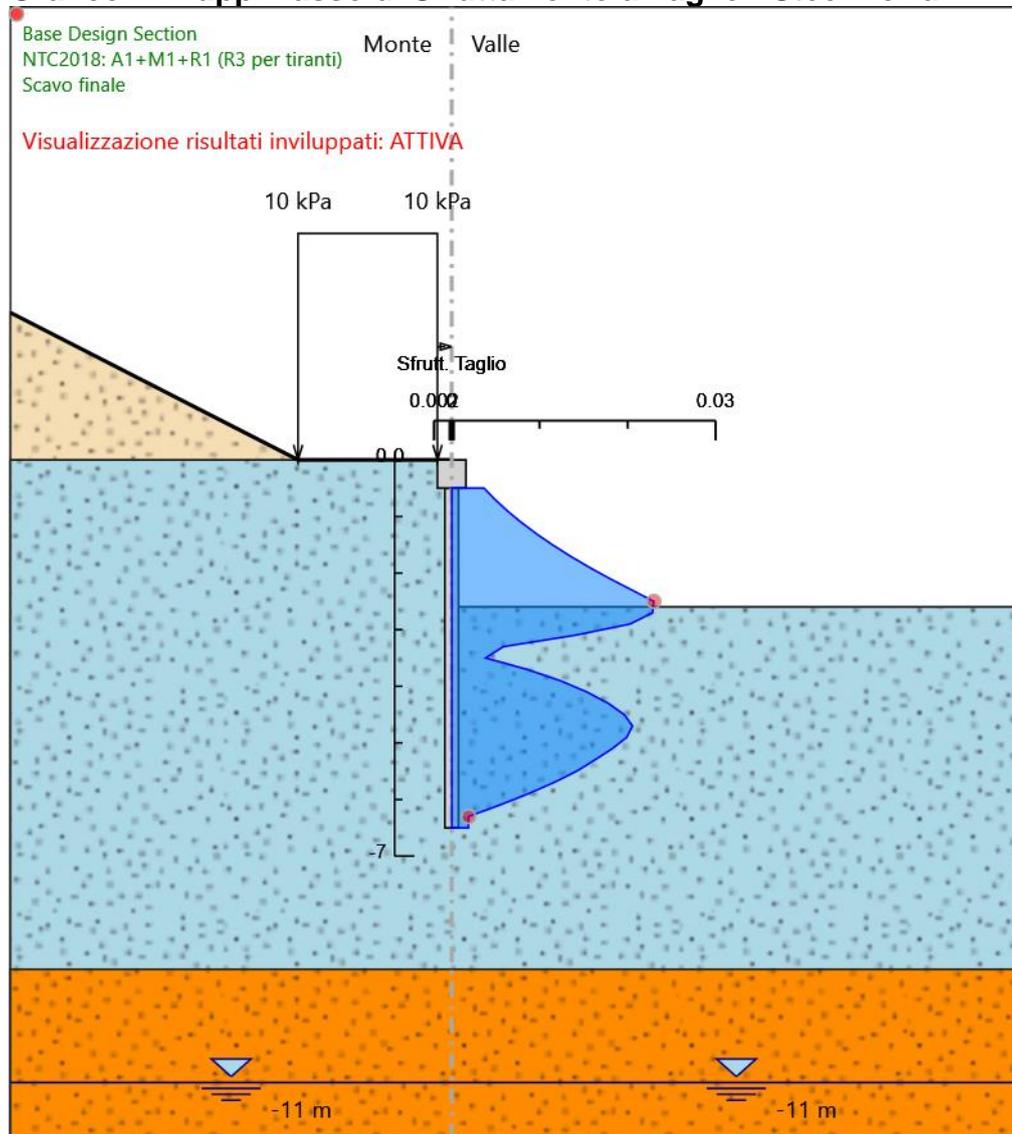
Involuppi  
Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

### 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
-0.5	0.004
-0.7	0.005
-0.9	0.006
-1.1	0.008
-1.3	0.01
-1.5	0.011
-1.7	0.013
-1.9	0.016
-2.1	0.018
-2.3	0.021
-2.5	0.023
-2.7	0.023
-2.9	0.02
-3.1	0.014
-3.3	0.006
-3.5	0.004
-3.7	0.009
-3.9	0.012
-4.1	0.015
-4.3	0.018
-4.5	0.02
-4.7	0.021
-4.9	0.02
-5.1	0.018
-5.3	0.016
-5.5	0.014
-5.7	0.012
-5.9	0.009
-6.1	0.005
-6.3	0.002
-6.5	0.002

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

