

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)**

VIABILITA' - VIADOTTI

NW02 – VIADOTTO STRADALE SU NV97

Relazione di calcolo opere provvisionali 2 di 2

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 09 CL NW0200 007 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Mag-2020	A.Ferr 	Mag-2020	A.Barreca 	Mag-2020	<b>ITALFERR S.p.A.</b> U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Paolo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A 20783

File: RS3U.4.0.D.09.CL.NW.02.0.0.007.A

n. Elab.: 09\_247\_1

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
3	MATERIALI.....	7
3.1	ACCIAIO S275 .....	7
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	8
4.1	TERRENO DI FONDAZIONE .....	8
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	9
6	CRITERI DI PROGETTO .....	10
7	CRITERI DI MODELLAZIONE.....	12
7.1	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA .....	12
7.2	MODELLI DI CALCOLO .....	12
7.1	PARATIA.....	12
7.1	PUNTONE.....	14
8	ANALISI DEI CARICHI.....	15
8.1	PESO PROPRIO .....	15
8.2	SPINTA STATICA DELLE TERRE.....	15
8.3	SPINTA STATICA DELL'ACQUA.....	17
8.4	SPINTA DA SOVRACCARICO ACCIDENTALE .....	17
9	RISULTATI.....	18

9.1	VERIFICHE SLU PARETI.....	18
9.2	VERIFICHE SLU GEO .....	20
9.3	VERIFICHE SLU PUNTONI.....	20
9.4	VERIFICHE SLE .....	25
9.5	VERIFICHE SLU UPL E HYD.....	25
10	ALLEGATI.....	30

## 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania.

Le analisi e verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento al viadotto NW02.

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

La palancola provvisoria prevista al fine di eseguire gli scavi necessari alla realizzazione delle opere di fondazione del viadotto, viene realizzata in metallo con sezioni di tipo AZ 46, unite da giunti di tipo Larsenn. La palancola ha lunghezza di infissione di 14.0m. Si prevede l'inserimento di puntoni diagonali, costituiti da sezione tubolare in acciaio (D300 s=15mm, L=5.4), collegati da due travi di ripartizione in acciaio di tipo HEB240 (due profili accoppiati), al fine di contenere cedimenti del p.c..

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

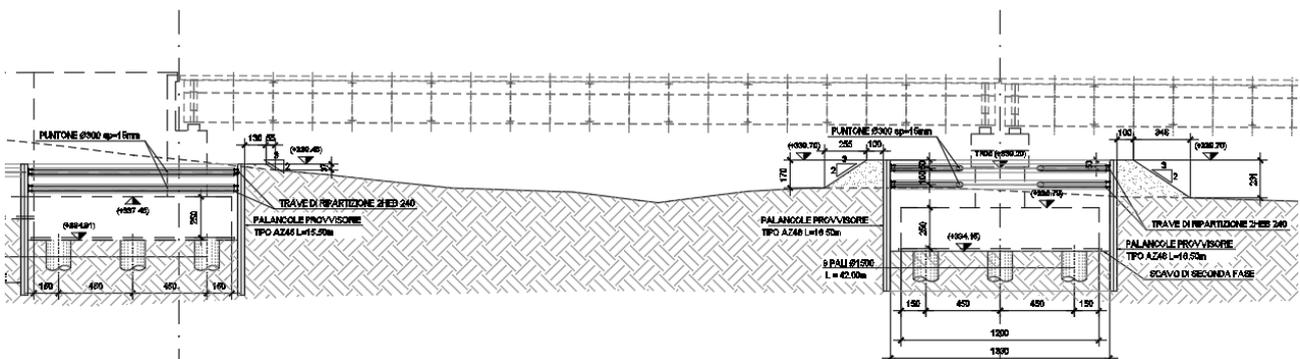


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera

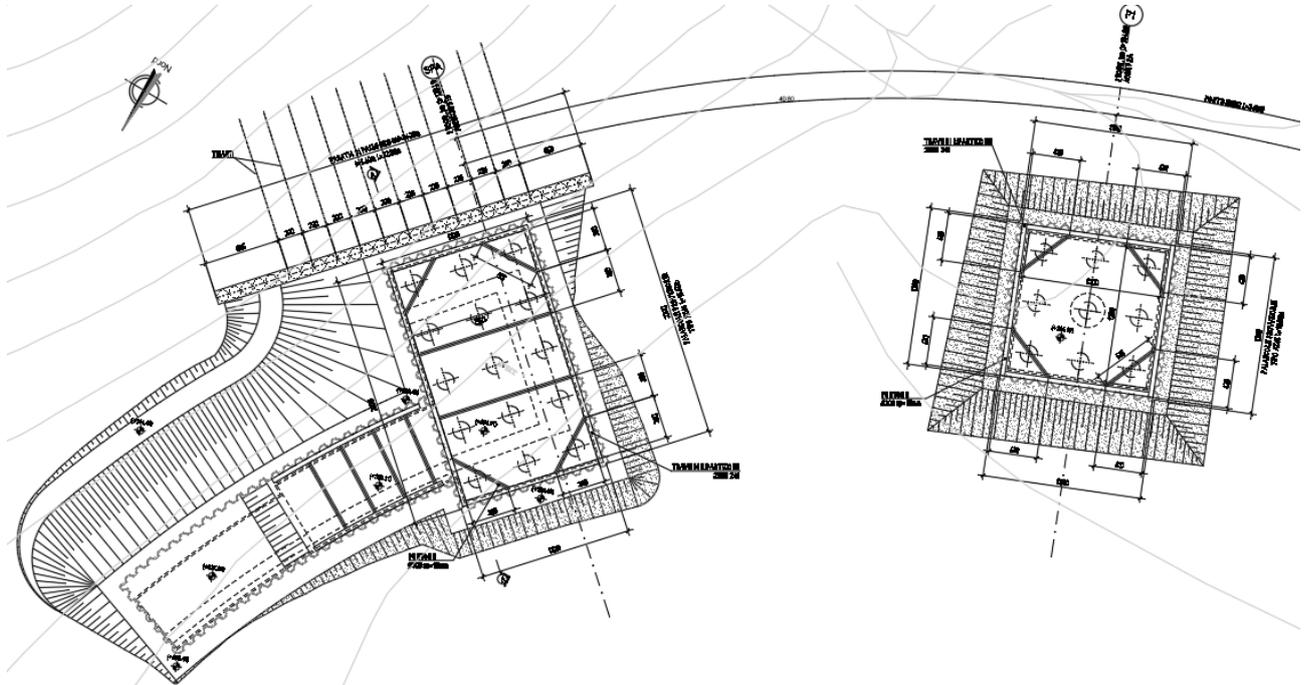


Fig. 2 –Pianta dell'opera

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

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

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 B - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

### 2.1 Documenti di riferimento

- Relazione geotecnica generale RS3U40D26GEGE0000001B.
- Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni NW02- RS3U40D09RHNW0200001A.
- Carpenteria NW02- RS3U40D09BBNW0200002A.
- Carpenteria fondazioni e pianta fondazioni NW02- A0RS3U40D09B9NW0200001A.

### 3 MATERIALI

#### 3.1 Acciaio S275

La carpenteria metallica sarà realizzata in acciaio tipo S275 conforme alle prescrizioni del D.M. 17.1.2018 e presentare le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione  $f_t \geq 430 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento  $f_y \geq 275 \text{ MPa}$
- allungamento (lamiere)  $\varepsilon_t \geq 21\%$
- modulo elastico  $E_a = 210.000 \text{ MPa}$

## 4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica per la trattazione completa dei parametri geotecnici.

### 4.1 Terreno di fondazione

Per il terreno esistente sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

	zi [m]	zf[m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\varphi'$ [°]	Eop[MPa]
a2	0	3	19	30	25	30
a	3	6	19	0	33	40
TRV	6	40	21	18	29	80

I sondaggi di riferimento sono: 4aS22 - 4aS24

Dato il livello di piena TR05 con tirante massimo pari 1.88m sopra il piano campagna, si considera un franco di 0.5m prolungando la palancola sino a 2.38m sopra p.c. Si prevede la realizzazione di un argine. La falda viene posta a p.c..

## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

In quanto l'opera è provvisoria, non si applica l'azione sismica

## 6 CRITERI DI PROGETTO

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

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)
  - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
  - collasso per carico limite verticale;
  - sfilamento di uno o più ancoraggi;
  - instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
  - instabilità del fondo scavo per sollevamento;
  - sifonamento del fondo scavo;
  - instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
  - SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
  - raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
  - raggiungimento della resistenza strutturale della paratia,
- accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

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

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

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R1)

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

Fermo restando quanto specificato nel § 6.5.3.1.1 per il calcolo delle spinte, per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete  $\delta > \varphi'/2$  ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Tabella 1– Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab. 6.2.I NTC2018)

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	$\gamma_r$	1,0	1,0

Tabella 2– Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab.6.2.II NTC2018)

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

Tabella 3: Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (Tabella 6.8.I – NTC 2018)

## 7 CRITERI DI MODELLAZIONE

### 7.1 Programmi per l'analisi automatica

Lo stato tenso-deformativo della paratia è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIEPLUS*.

### 7.2 Modelli di calcolo

Lo stato tenso-deformativo dell'opera 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.

#### 7.1 Paratia

Palancola è costituita profili di tipo AZ 46 L=14m.

Si incrementa l'altezza di scavo del 10% secondo quanto riportato al cap.6.5.2.2 delle NTC( $5.35 \cdot 1.1 = 5.89\text{m}$ ).

Il calcolo è effettuato tenendo conto delle condizioni più sfavorevoli per pile e spalla. In particolare, per tenere in conto delle fasi di realizzazione della spalla, si sono modellati 2 "stage" aggiuntivi in cui, nel primo, si è aggiunto un puntone che rappresenti il getto in cls del plinto portato a maturazione, nel secondo, la rimozione dei puntoni sommitali.

Nella modellazione è implementata la seguente successione di step:

Step 1. Inizializzazione geostatica.

Step 2. Esecuzione palancola.

Step 3. Scavo intermedio.

Step 4. Inserimento puntone.

Step 5. Scavo intermedio.

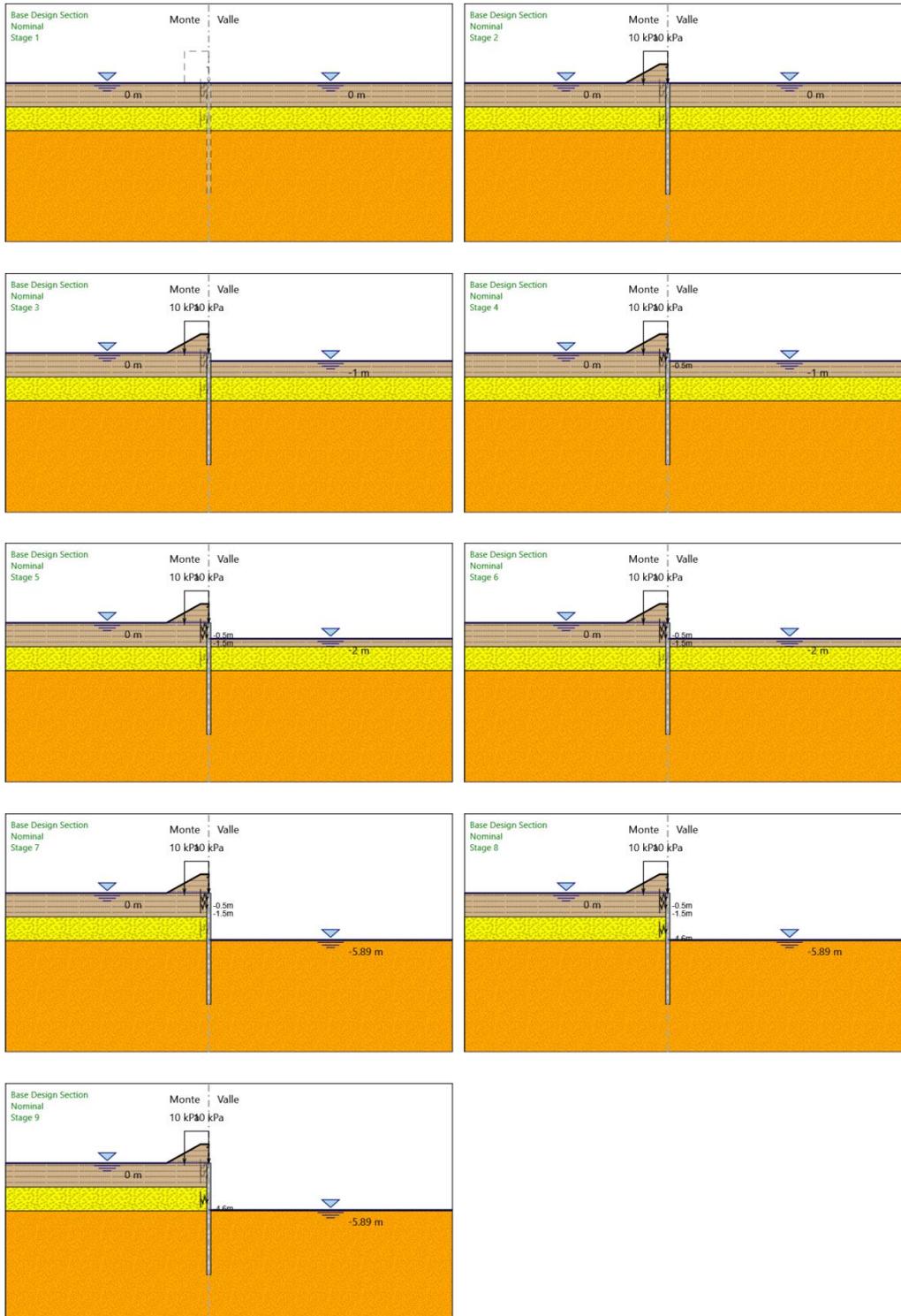
Step 6. Inserimento puntone.

Step 7. Scavo.

Step 8. Getto plinto.

Step 9. Rimozione puntoni.

Di seguito si riportano le immagini relative alle fasi di calcolo:

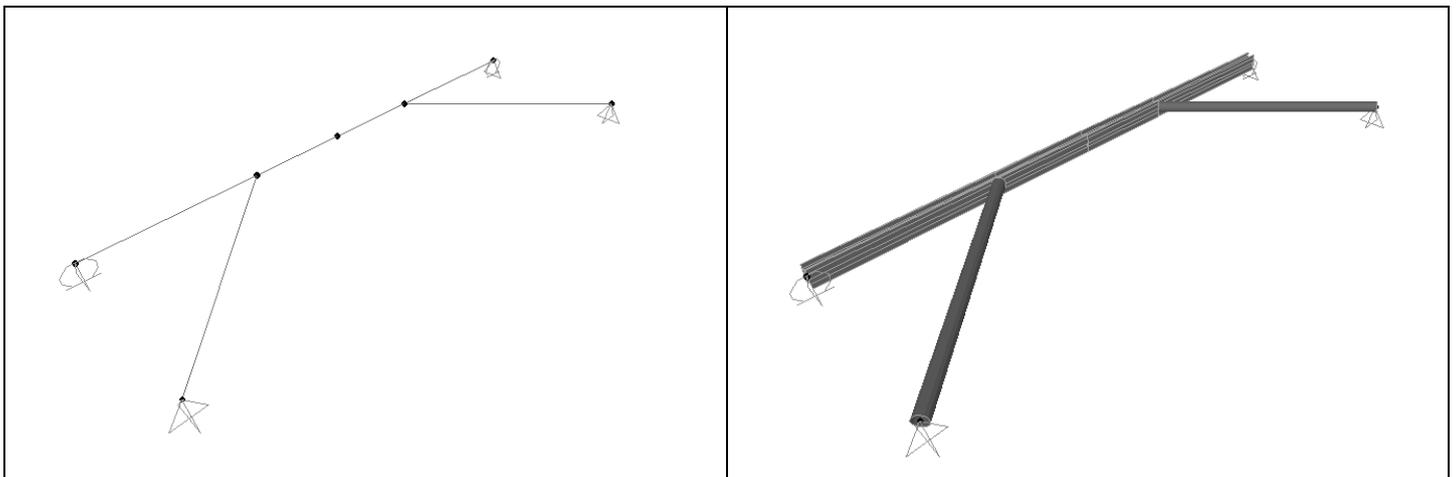


L'argine viene considerato come carico distribuito a monte dell'opera.

### 7.1 Puntone

I puntone sono sezioni circolari cave in acciaio (S275) aventi  $\Phi 300$  mm inclinati di circa  $45^\circ$ ; la trave è un profilo accoppiato HEB240.

La rigidezza del sistema trave ripartizione/puntone è stata valutata tramite una modellazione agli elementi finiti. Alla trave di ripartizione è stato applicato un carico uniformemente distribuito di 1 kN/m e si è letto lo spostamento in corrispondenza della mezzeria  $u = 7.1 \cdot 10^{-5}$  m. Tramite la formula  $k = 1/u$  si valuta la rigidezza  $k \approx 14084$  kN/m da applicare alle molle nel modello in Paratie Plus. La figura successiva mostra lo schema statico utilizzato:



La rigidezza del plinto viene valutata come:  $k = EA/L = 30 \text{ GPa} \cdot (2.5 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) / 12 \text{ m} = 6250000$  kN/m

## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 Peso Proprio

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

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

### 8.2 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

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

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:

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

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

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  $k_a$*

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

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:

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

### 8.3 Spinta statica dell'acqua

La spinta dell'acqua è proporzionale alla profondità a partire dalla quota di falda.

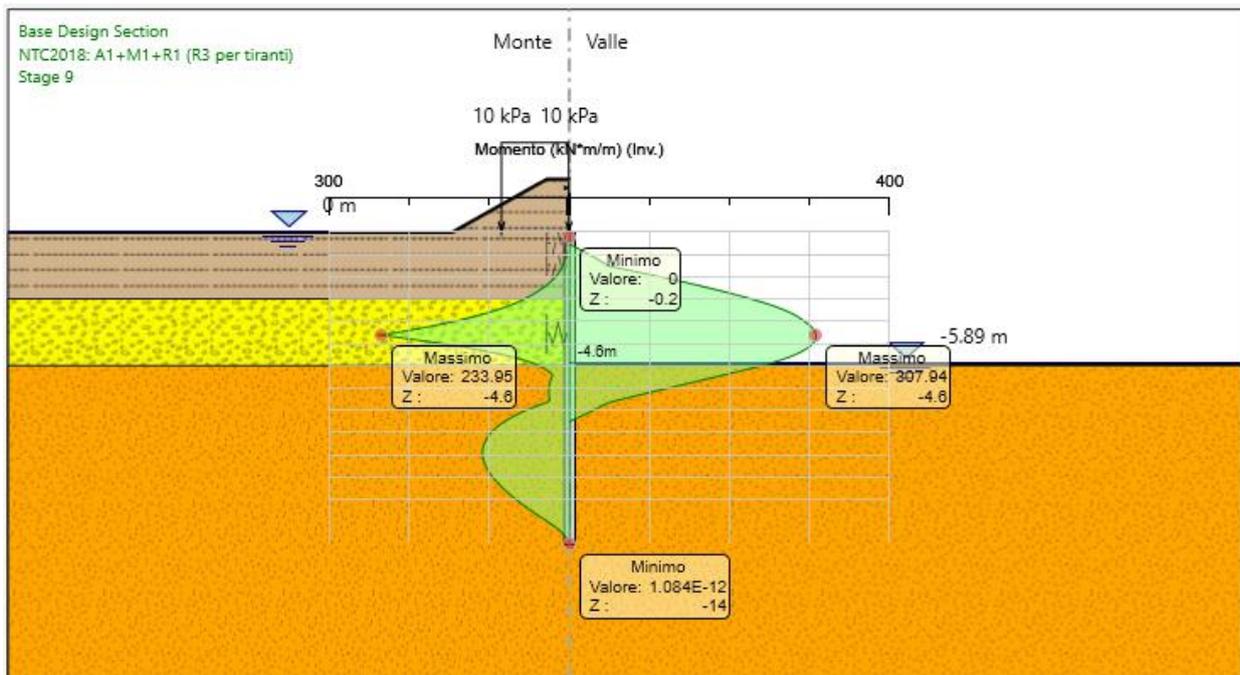
### 8.4 Spinta da sovraccarico accidentale

I carichi variabili associati al passaggio dei mezzi di cantiere, vengono schematizzati, ai fini del calcolo, con dei carichi uniformi  $q_{vk}=10$  kPa.

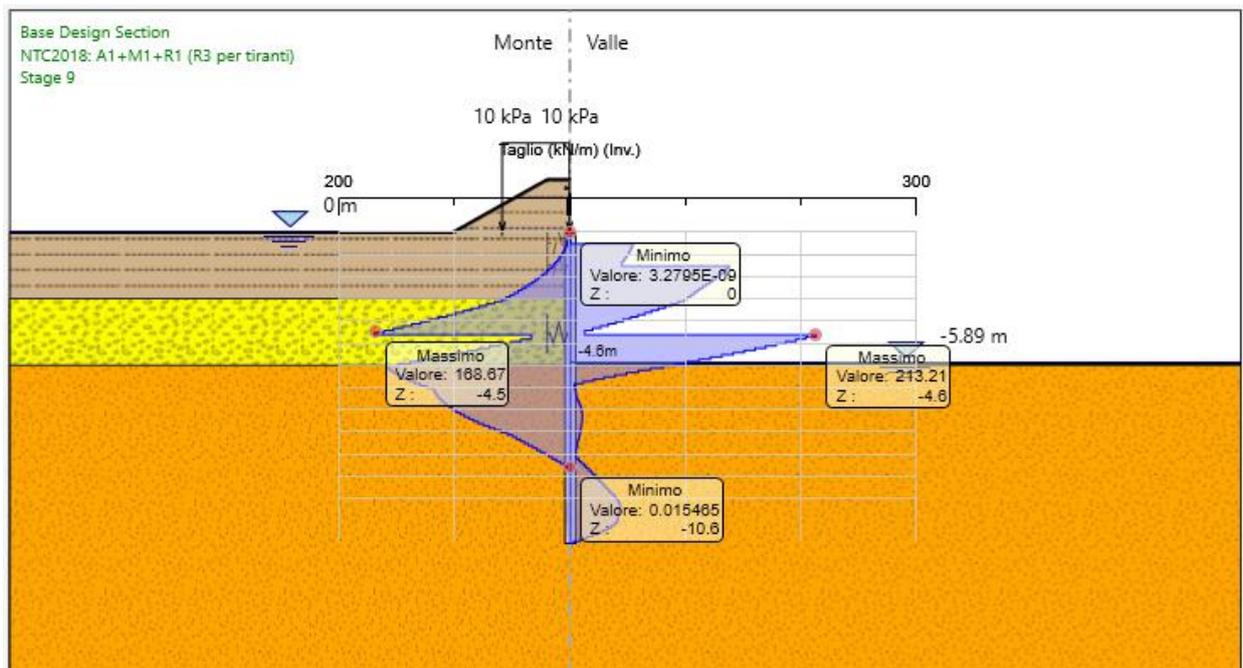
## 9 RISULTATI

### 9.1 Verifiche SLU pareti

Dall'involuppo del momento flettente si osserva che il massimo valore risulta pari a 307 kNm/m.

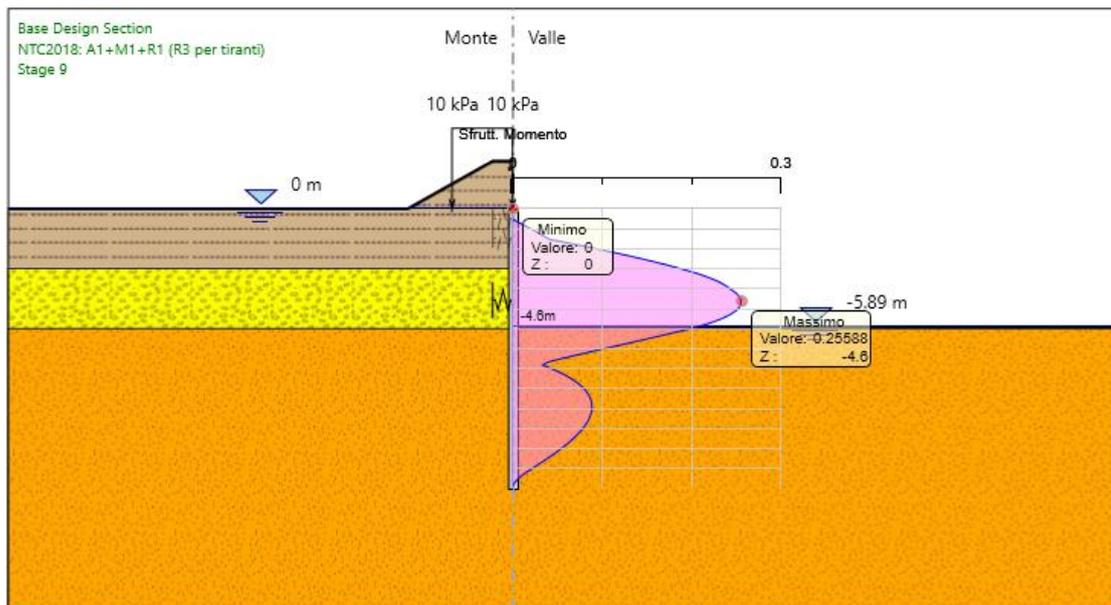


Dall'involuppo del taglio si osserva che il massimo valore risulta pari a 213 kN/m.

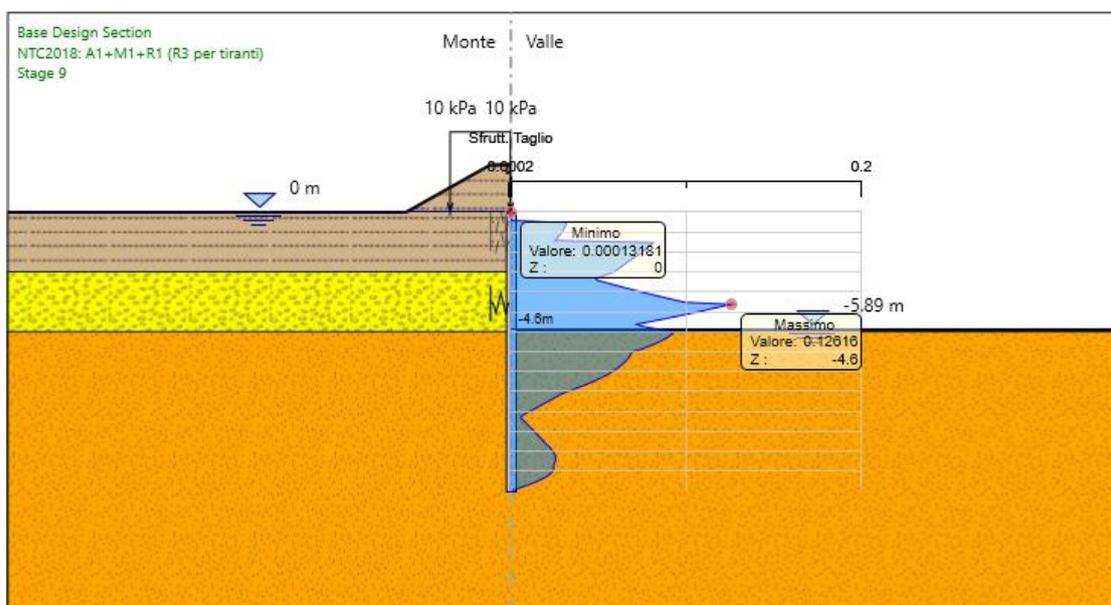


Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali delle palancole metalliche a flessione e a taglio condotte mediante l'ausilio di Paratie plus. In particolare si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento sulle palancole, ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza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

Tasso di sfruttamento a momento nelle palancole metalliche  $T.S.F.max = 0.256 < 1$



Tasso di sfruttamento a taglio nelle palancole metalliche  $T.S.F.max = 0.126 < 1$

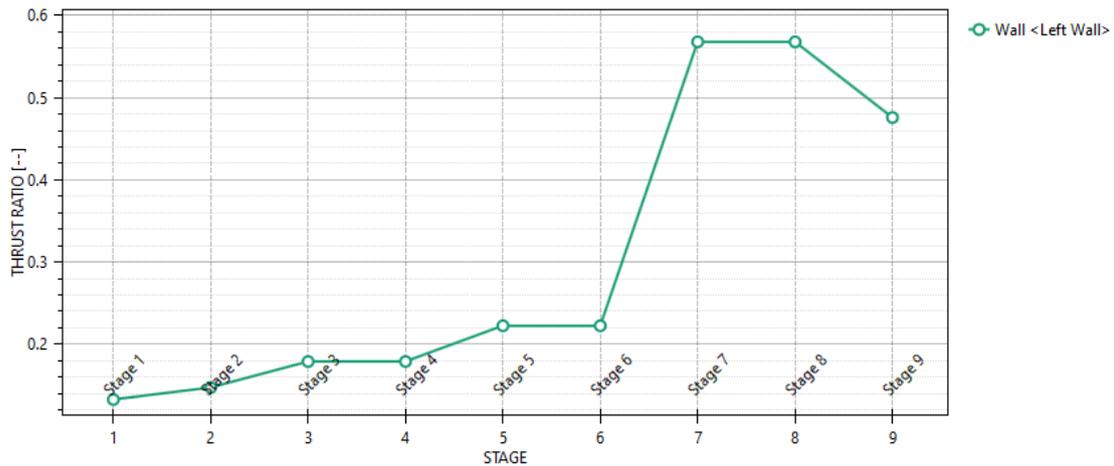


## 9.2 Verifiche SLU geo

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 57%.

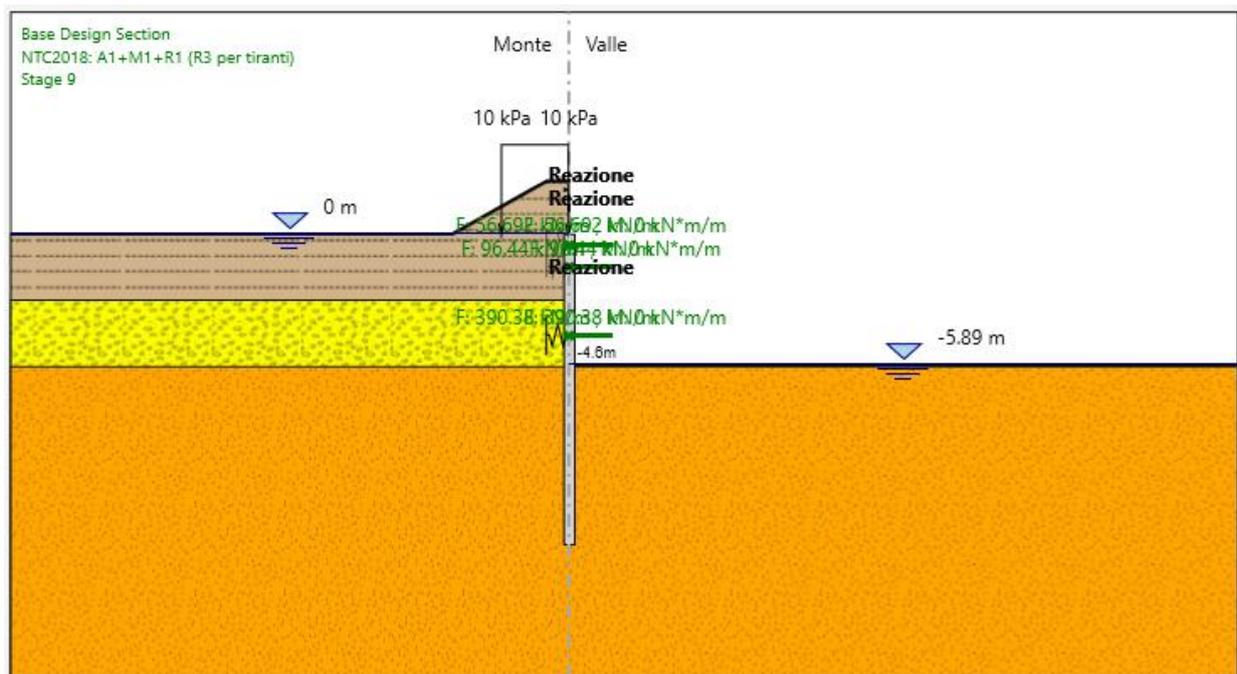
### Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



## 9.3 Verifiche SLU puntoni

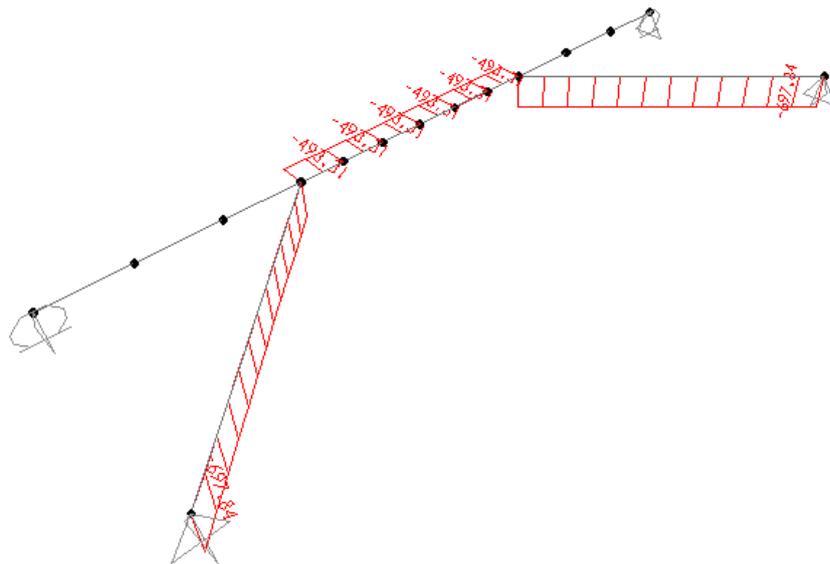
Tramite il programma di calcolo Paratie Plus è stata valutata la reazione massima nella molla che risulta essere pari a 96 kN/m



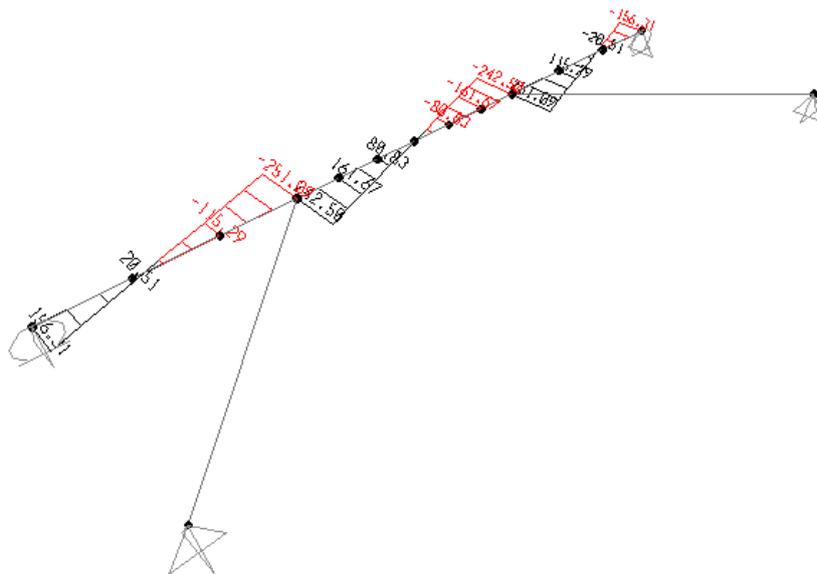
Tale reazione è stata utilizzata come moltiplicatore del carico unitario nel modello agli elementi finiti.

Le sollecitazioni risultanti valgono:

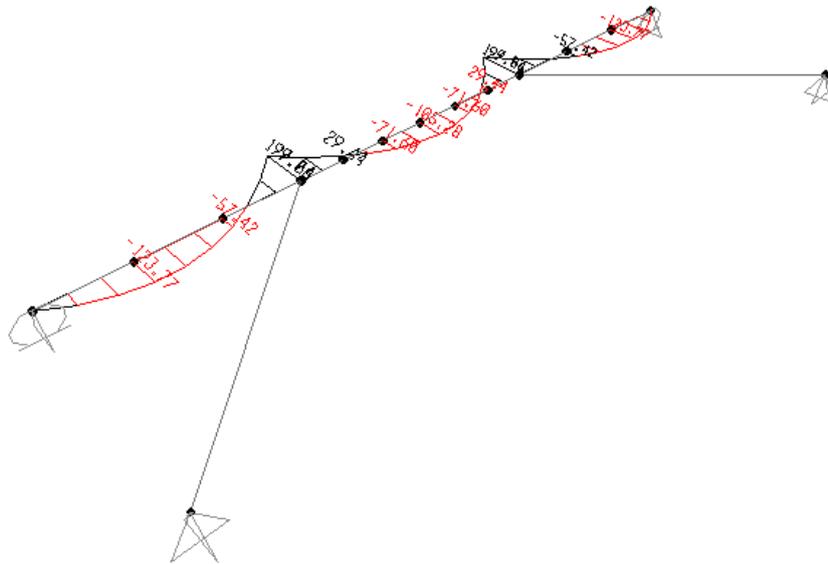
- Sforzo normale kN



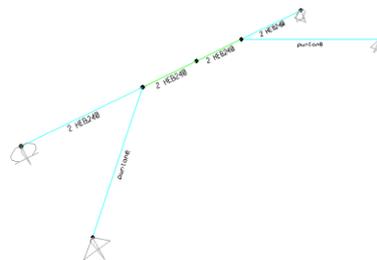
- Taglio kN



- Momento kNm



Le verifiche delle sezioni vengono svolte direttamente dal software di calcolo; il coefficiente massimo di sfruttamento è pari ad 0.63:



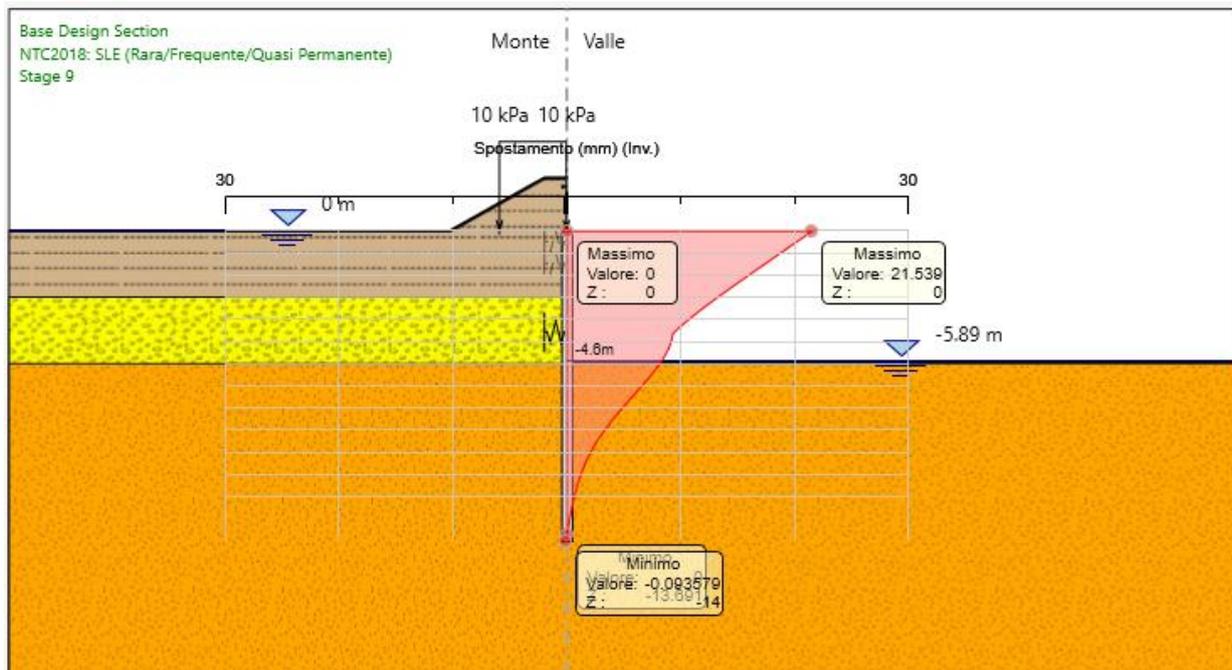
Tabulati:



Frame	: 5	Design Sect:	puntone				
X Mid	: 2.100	Design Type:	Beam				
Y Mid	: -2.100	Frame Type	: Secondary Member				
Z Mid	: 0.000	Sect Class	: Class 1				
Length	: 5.940	Major Axis	: 0.000 degrees counterclockwise from local 3				
Loc	: 5.940	RLLF	: 1.000				
Area	: 0.013	SMajor	: 9.116E-04	rMajor	: 0.101	AUMajor	: 0.007
IMajor	: 1.367E-04	SMinor	: 9.116E-04	rMinor	: 0.101	AUMinor	: 0.007
IMinor	: 1.367E-04	ZMajor	: 0.001	E	: 210000000.00		
Ixy	: 0.000	ZMinor	: 0.001	Fy	: 275000.000		
<b>STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS</b>							
Location		P	M33	M22	U2	U3	T
5.940		-697.844	0.000	-1.214	0.000	0.204	0.000
<b>PMM DEMAND/CAPACITY RATIO</b>							
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
(6.62)	0.234	= 0.231	+ 0.000	+ 0.003	0.950	OK	
<b>AXIAL FORCE DESIGN</b>							
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor		
Axial	-697.844	3017.279	2954.668	3017.279	3017.279		
<b>MOMENT DESIGN</b>							
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Major Moment	0.000	319.393	319.393	319.393			
Minor Moment	-1.214	319.393	319.393				
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor	
Major Moment	1.000	1.000	1.111	0.979		1.000	
Minor Moment	1.000	1.000	0.711		0.427		
<b>SHEAR DESIGN</b>							
	Ued Force	Uc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion		
Major Shear	0.000	1017.277	0.000	OK	0.000		
Minor Shear	0.204	1017.277	0.000	OK	0.000		
<b>CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS</b>							
	UMajor Left	UMajor Right					
Major (U2)	0.000	0.000					

#### 9.4 Verifiche SLE

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SLE si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 21.54mm:



#### 9.5 Verifiche SLU UPL E HYD

Il § 6.2.3.2. del DM 17.01.2018 specifica che le opere geotecniche devono essere verificate, ove ricorrano le condizioni, anche che nei riguardi di possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento.

A tal fine, nella valutazione delle pressioni interstiziali e delle quote piezometriche caratteristiche, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle condizioni stratigrafiche.

Per la **stabilità al sollevamento** deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante ( $V_{inst,d}$ ) ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ( $G_{inst,d}$ ) e quella variabile ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ), ovvero:

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad [6.2.4]$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad [6.2.5]$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III.

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

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_G$

Al fine del calcolo della resistenza di progetto  $R_d$ , tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Ove necessario, il calcolo della resistenza va eseguito in accordo a quanto indicato negli specifici paragrafi della normativa dedicata alle fondazioni su pali e per gli ancoraggi.

In presenza di scavi a valle di opere di sostegno di terreni in falda, quando il piano finale di scavo da progetto è inferiore al livello della falda in sito, si configurano due potenziali meccanismi di instabilità della zona a valle delle opere, e che vanno indagati, ovvero :

- *Instabilità del fondo scavo per “sifonamento”*
- *Instabilità del fondo scavo per “sollevamento”*

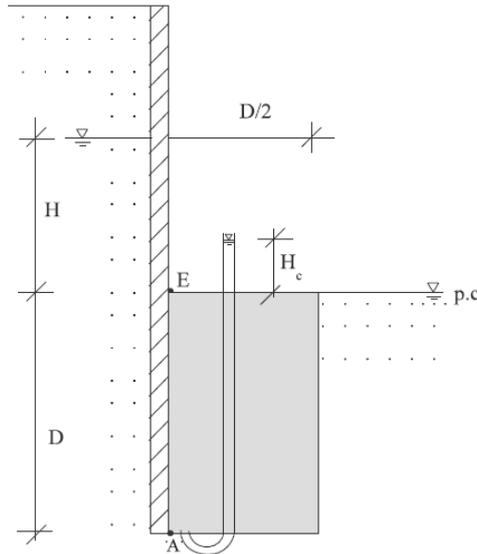
I fenomeni sono legati essenzialmente ai processi di filtrazione che si innescano verso la zona di fondo scavo a completamento degli scavi, che avvengono “a breve termine” per terreni a grana grossa, ovvero a “lungo termine” per terreni a grana fine, o comunque, in quest’ultimo caso, alla sovrappressione di tipo idrostatico che agisce a piede del cuneo di terreno potenzialmente instabile immediatamente a ridosso dell’opera.

- Forza instabilizzante (forze di filtrazione dovute alla componente idrodinamica della pressione interstiziale):

$$S_w = \gamma_w \cdot H_c \cdot D/2$$

- Forza stabilizzante (peso immerso del cuneo di terreno):

$$W' = \gamma' \cdot D \cdot D/2$$



In favore di sicurezza si adotterà  $H_c = H/2$ .

Pertanto si ha:

$$W' = \gamma_{G1} * (\gamma - \gamma_w) * D * D/2 = 0.9 * 11 * 8.11 * 8.11/2 = 325 \text{ kN}$$

$$S_w = \gamma_{G1} * \gamma_w * H/2 * D/2 = 1.1 * 10 * 5.89/2 * 8.11/2 = 131 \text{ kN}$$

Essendo le forze stabilizzanti maggiori di quelle instabilizzanti, la verifica a sollevamento del fondo scavo è soddisfatta.

In aggiunta al meccanismo di sollevamento, la normativa al § 6.2.3.2. prescrive di effettuare verifiche specifiche nei riguardi del rischio di “sifonamento”, che riguarda specificamente le condizioni di filtrazione che si innescano a valle degli scavi, per effetto dei quali, a seguito dell’incremento delle pressioni interstiziali nella zona di valle, si può determinare un annullamento delle tensioni verticali efficaci e quindi la completa perdita di resistenza del terreno che determina un trasporto delle particelle da parte dell’acqua in movimento, dando origine ad un fenomeno progressivo di erosione che conduce al collasso della struttura del terreno.

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

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

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

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

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

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	SIFONAMENTO (HYD)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,3
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

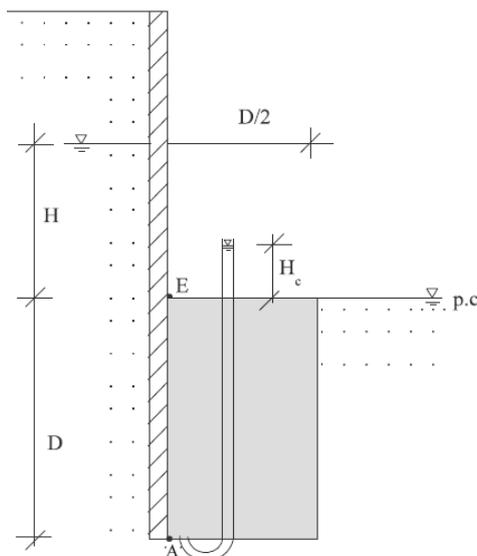
(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

- Forza instabilizzante (valore di progetto della pressione interstiziale):

$$u_{inst,d} = \gamma_{G1} \gamma_w \cdot (D + H_c)$$

- Forza stabilizzante (peso immerso del cuneo di terreno):

$$\sigma_{sstb,d} = \gamma_{G1} \gamma_{sat} \cdot D$$



In favore di sicurezza si adotterà  $H_c = H/2$ .

Pertanto si ha:

$$u_{inst,d} = \gamma_{G1} \gamma_w \cdot (D + H_c) = 1.3 \cdot 10 \cdot (8.11 + 5.89/2) = 143 \text{ kN}$$

$$\sigma_{sstb,d} = \gamma_{G1} \gamma_{sat} \cdot D = 0.9 \cdot 21 \cdot 8.11 = 153 \text{ kN}$$

Essendo le forze stabilizzanti maggiori di quelle instabilizzanti, la verifica risulta pertanto soddisfatta.



## **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Muro di sinistra

Sezione : palanca

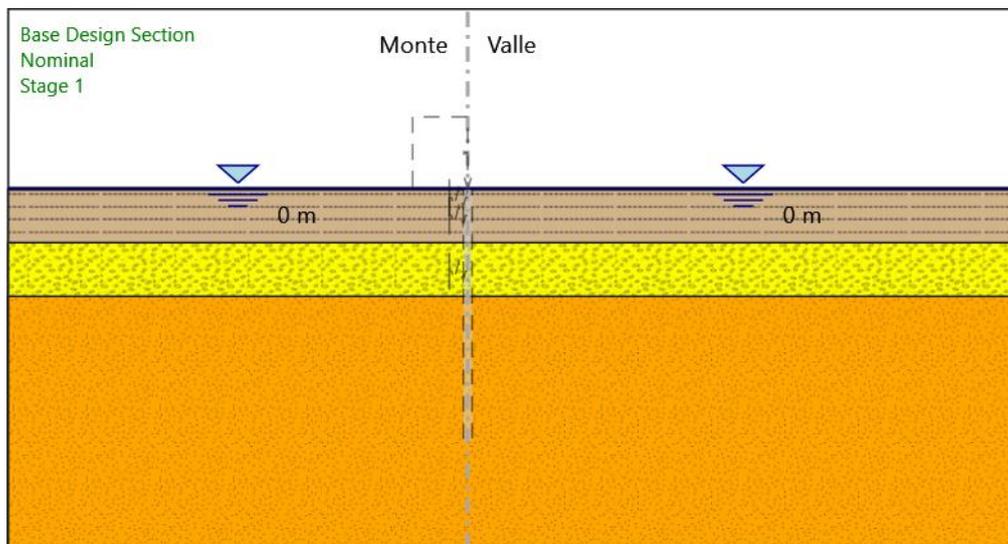
Area equivalente : 0.0291 m

Inerzia equivalente : 0.0011 m<sup>4</sup>/m

Profilo palanca : AZ 46

## 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

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : 0 m

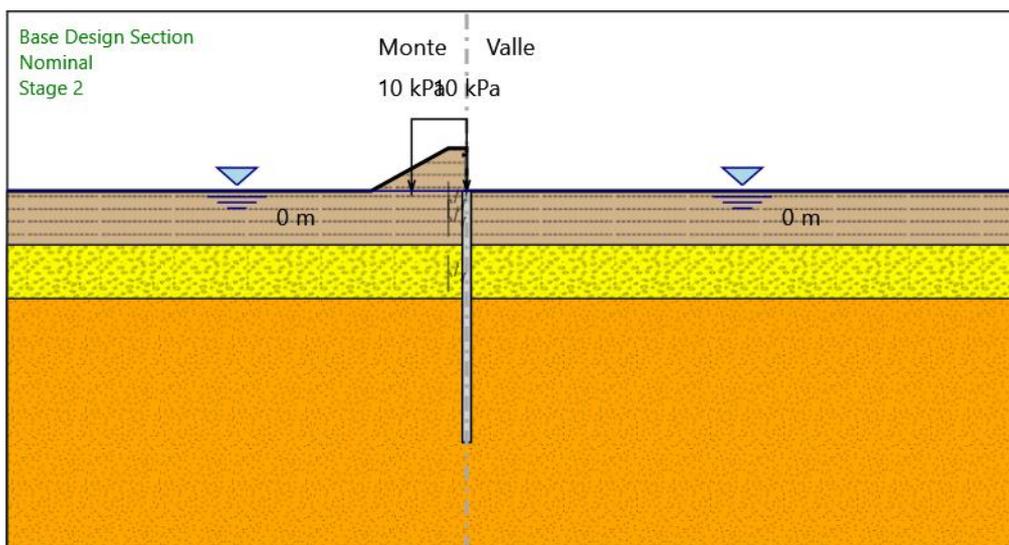


**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**  
**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**  
**Viadotto NW02**

Relazione di calcolo opera provvisionale 2 di 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3U</b>	40	D 09 CL	NW 02 00 007	A	33 di 71

## Stage 2



### Stage 2

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;0)

(-5.2;0)

(-1;2.38)

(-0.001;2.38)

(0;0)

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : 0 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

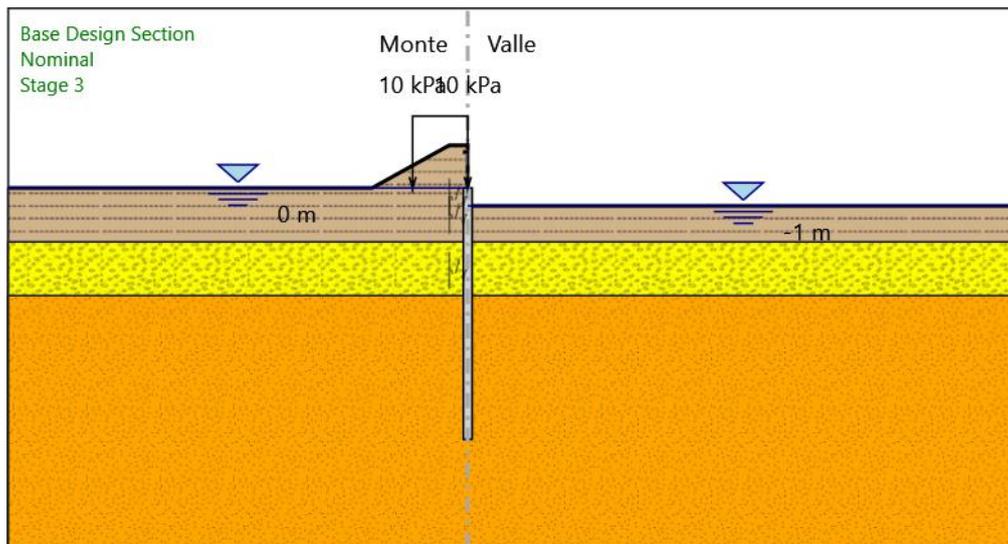
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : palancola

### Stage 3



### Stage 3

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;0)

(-5.2;0)

(-1;2.38)

(-0.001;2.38)

(0;0)

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : -1 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

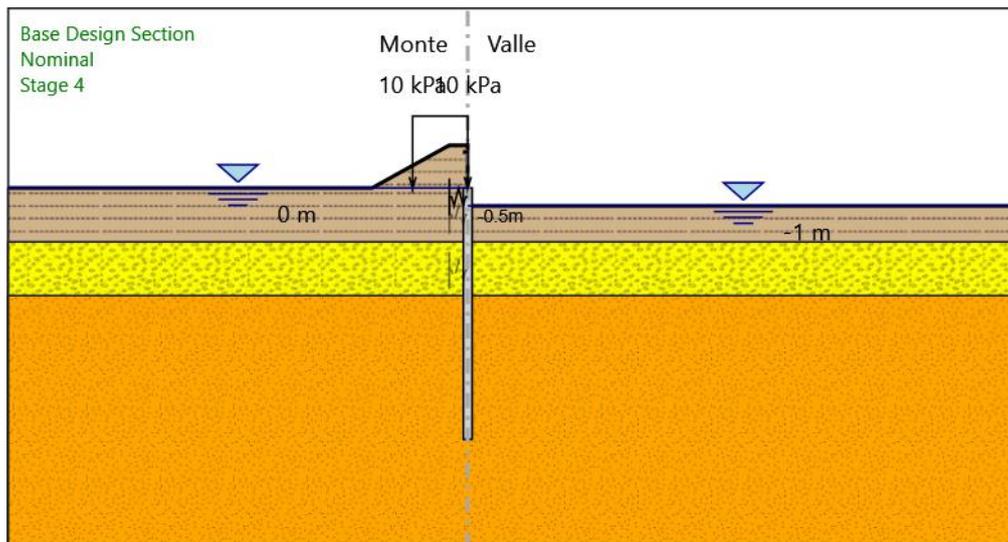
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : palancola

## Stage 4



### Stage 4

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;0)

(-5.2;0)

(-1;2.38)

(-0.001;2.38)

(0;0)

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : -1 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : palanca

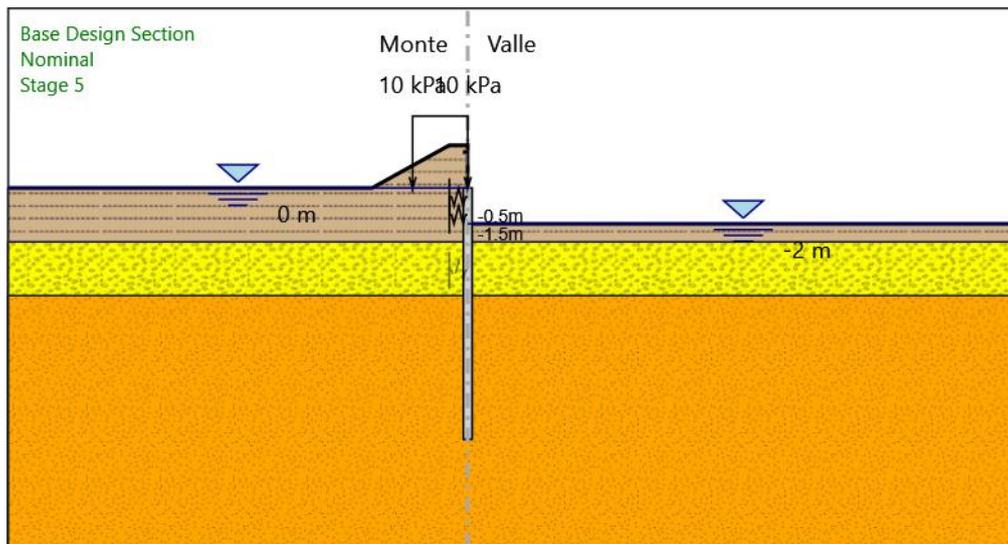
Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

## Stage 5



### Stage 5

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;0)

(-5.2;0)

(-1;2.38)

(-0.001;2.38)

(0;0)

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : -2 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : palanca

Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

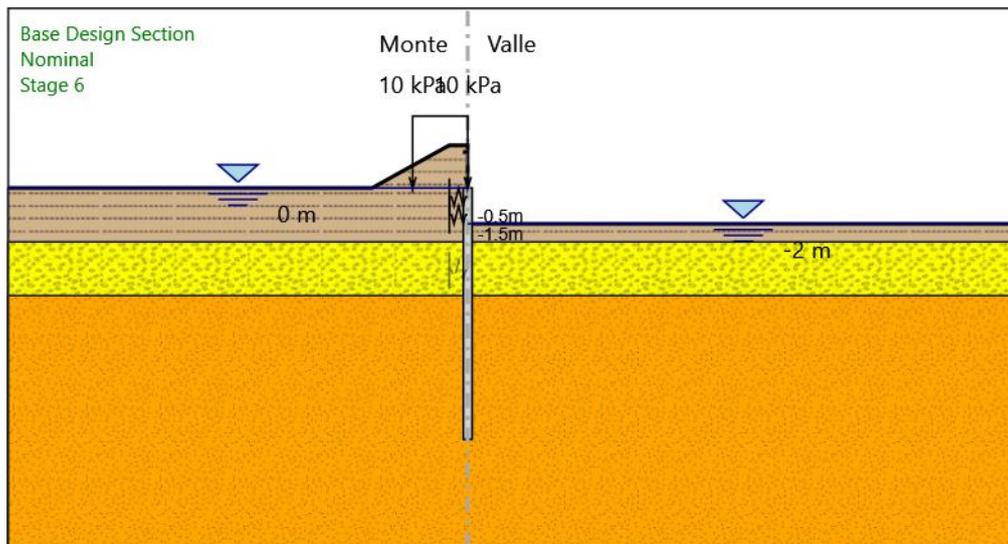
Vincolo elastico : Spring\_New

X : 0 m

Z : -1.5 m

Angolo : 0 °

## Stage 6



### Stage 6

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;0)

(-5.2;0)

(-1;2.38)

(-0.001;2.38)

(0;0)

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : -2 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : palanca

Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

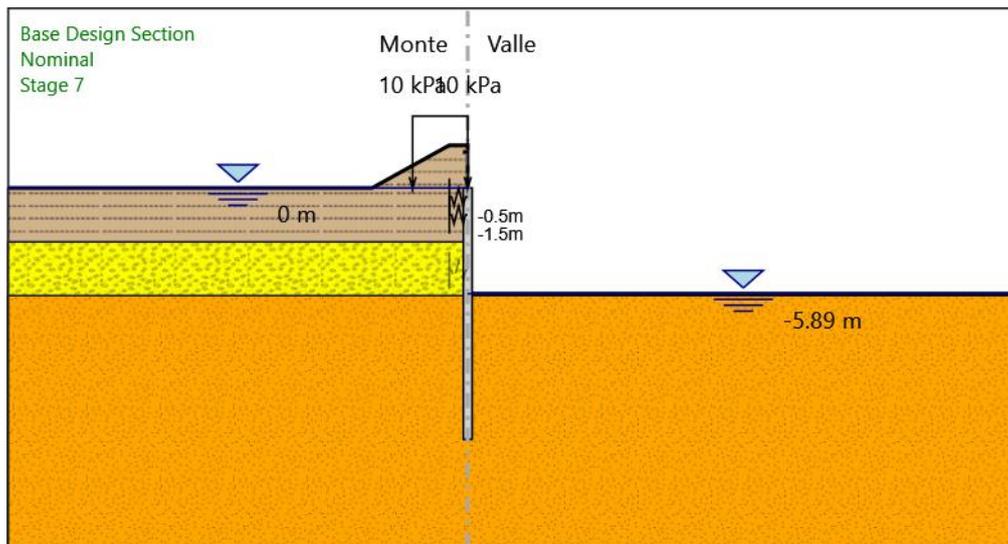
Vincolo elastico : Spring\_New

X : 0 m

Z : -1.5 m

Angolo : 0 °

## Stage 7



## Stage 7

### Scavo

#### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.89 m

#### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;0)

(-5.2;0)

(-1;2.38)

(-0.001;2.38)

(0;0)

#### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.89 m

### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : -5.89 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : palanca

Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

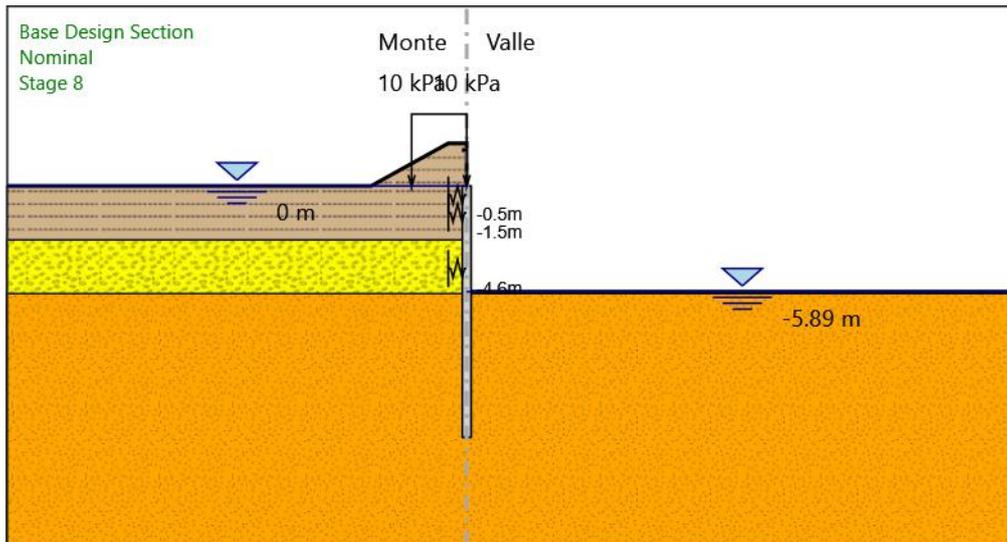
Vincolo elastico : Spring\_New

X : 0 m

Z : -1.5 m

Angolo : 0 °

## Stage 8



### Stage 8

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.89 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;0)

(-5.2;0)

(-1;2.38)

(-0.001;2.38)

(0;0)

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.89 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : -5.89 m

### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : palanca

Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Vincolo elastico : Spring\_New

X : 0 m

Z : -1.5 m

Angolo : 0 °

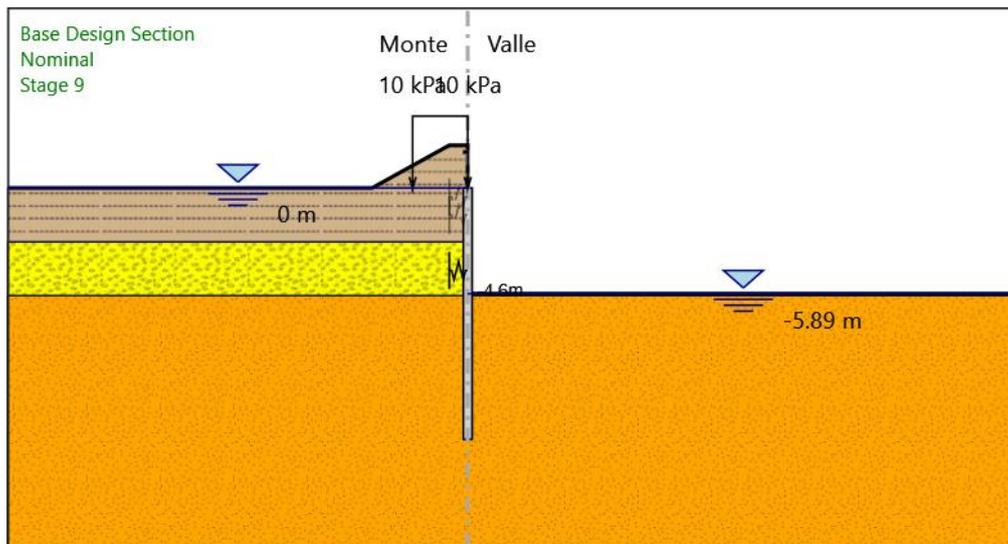
Vincolo elastico : Spring\_New\_New

X : 0 m

Z : -4.6 m

Angolo : 0 °

## Stage 9



### Stage 9

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.89 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-25;0)

(-5.2;0)

(-1;2.38)

(-0.001;2.38)

(0;0)

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.89 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : 0 m

Falda di destra : -5.89 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : palanca

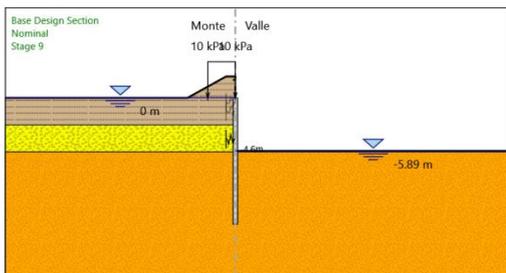
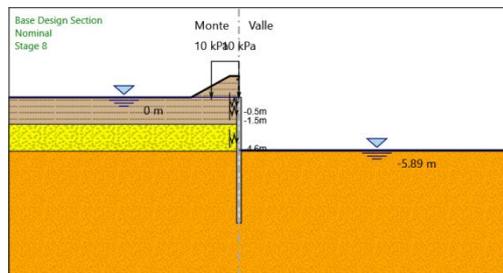
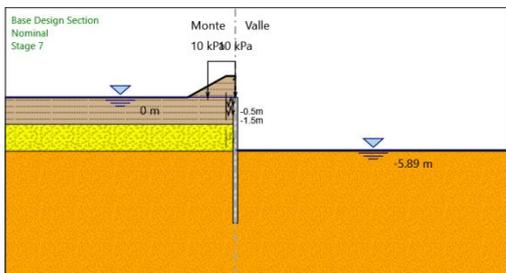
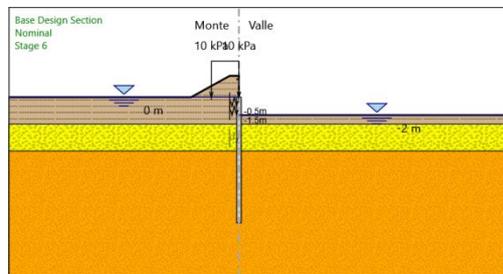
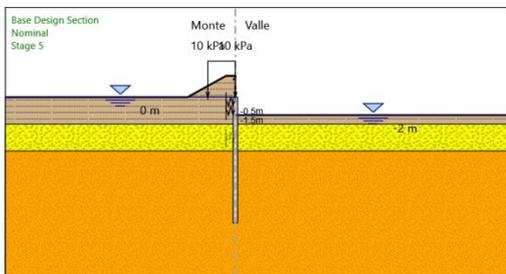
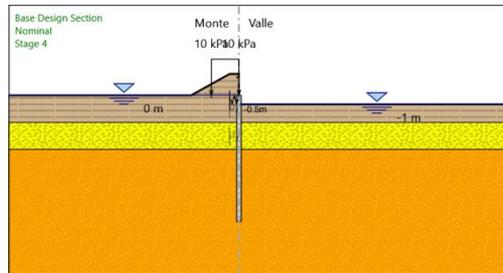
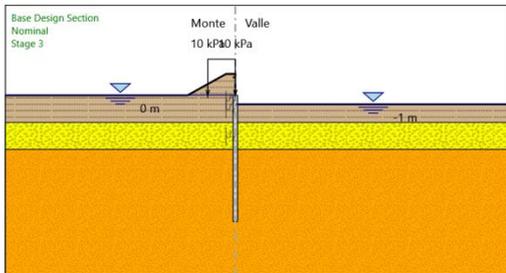
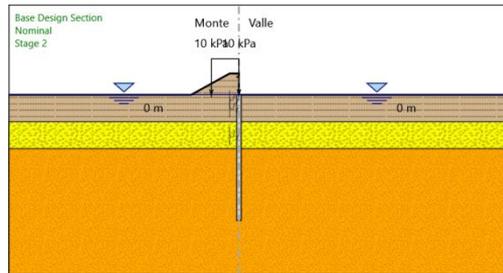
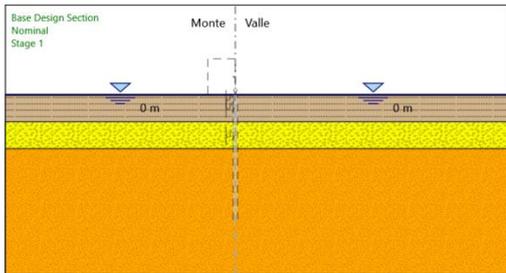
Vincolo elastico : Spring\_New\_New

X : 0 m

Z : -4.6 m

Angolo : 0 °

## 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)	Pressio ni Acqua Lato (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_UPL_G DStab)	Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_UPL_ GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_Q DStab)	Carichi Permane nti Stabilizza nti (F_HYD_G GStab)	Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_HYD_Q DStab)	
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Freque nte/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	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
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

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

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

### Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento Muro: LEFT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
0	0	2.797
-0.1	0	3.004
-0.2	0	3.211
-0.3	0	3.418
-0.4	0	3.625
-0.5	0	3.832
-0.6	0	4.039
-0.7	0	4.245
-0.8	0	4.452
-0.9	0	4.657
-1	0	4.863
-1.1	0	5.067
-1.2	0	5.27
-1.3	0	5.472
-1.4	0	5.673
-1.5	0	5.872
-1.6	0	6.07
-1.7	0	6.265
-1.8	0	6.458
-1.9	0	6.648
-2	0	6.834
-2.1	0	7.017
-2.2	0	7.196
-2.3	0	7.369
-2.4	0	7.538
-2.5	0	7.701
-2.6	0	7.859
-2.7	0	8.01
-2.8	0	8.154
-2.9	0	8.292
-3	0	8.423
-3.1	0	8.546
-3.2	0	8.661
-3.3	0	8.767
-3.4	0	8.866
-3.5	0	8.955
-3.6	0	9.036
-3.7	0	9.108
-3.8	0	9.17
-3.9	0	9.223
-4	0	9.266
-4.1	0	9.3
-4.2	0	9.324
-4.3	0	9.338
-4.4	0	9.342
-4.5	0	9.336
-4.6	0	9.321
-4.7	0	9.295
-4.8	0	9.26
-4.9	0	9.216
-5	0	9.161
-5.1	0	9.098
-5.2	0	9.026

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento Muro: LEFT

Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-5.3	0	8.944
-5.4	0	8.854
-5.5	0	8.756
-5.6	0	8.65
-5.7	0	8.536
-5.8	0	8.415
-5.9	0	8.287
-6	0	8.152
-6.1	0	8.012
-6.2	0	7.866
-6.3	0	7.716
-6.4	0	7.561
-6.5	0	7.402
-6.6	0	7.24
-6.7	0	7.076
-6.8	0	6.908
-6.9	0	6.739
-7	0	6.568
-7.1	0	6.396
-7.2	0	6.223
-7.3	0	6.05
-7.4	0	5.876
-7.5	0	5.703
-7.6	0	5.531
-7.7	0	5.359
-7.8	0	5.188
-7.9	0	5.019
-8	0	4.852
-8.1	0	4.686
-8.2	0	4.522
-8.3	0	4.36
-8.4	0	4.201
-8.5	0	4.044
-8.6	0	3.89
-8.7	0	3.739
-8.8	0	3.591
-8.9	0	3.445
-9	0	3.303
-9.1	0	3.164
-9.2	0	3.029
-9.3	0	2.896
-9.4	0	2.767
-9.5	0	2.642
-9.6	0	2.52
-9.7	0	2.401
-9.8	0	2.286
-9.9	0	2.175
-10	0	2.067
-10.1	0	1.963
-10.2	0	1.862
-10.3	0	1.765
-10.4	0	1.671
-10.5	0	1.581
-10.6	0	1.494
-10.7	0	1.41
-10.8	0	1.33
-10.9	0	1.253
-11	0	1.179
-11.1	0	1.108
-11.2	0	1.04
-11.3	0	0.976

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento Muro: LEFT

Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-11.4	0	0.914
-11.5	0	0.855
-11.6	0	0.798
-11.7	0	0.744
-11.8	0	0.693
-11.9	0	0.643
-12	0	0.596
-12.1	0	0.551
-12.2	0	0.508
-12.3	0	0.467
-12.4	0	0.427
-12.5	0	0.389
-12.6	0	0.352
-12.7	0	0.316
-12.8	0	0.282
-12.9	0	0.248
-13	0	0.215
-13.1	0	0.183
-13.2	0	0.151
-13.3	0	0.12
-13.4	0	0.089
-13.5	0	0.065
-13.6	0	0.065
-13.7	-0.003	0.064
-13.8	-0.033	0.064
-13.9	-0.063	0.063
-14	-0.093	0.063

## Tabella Involuppi Momento WallElement

Design Assumption: Nominal	Involuppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.1	0.022	0
-0.2	0.051	0
-0.3	0.116	0.04
-0.4	0.21	0.118
-0.5	0.343	0.219
-0.6	0.452	5.127
-0.7	0.724	10.512
-0.8	1.086	15.808
-0.9	1.551	21.004
-1	2.133	26.088
-1.1	2.759	31.046
-1.2	3.586	35.866
-1.3	4.564	40.536
-1.4	5.705	45.042
-1.5	7.022	49.373
-1.6	8.527	63.16
-1.7	10.232	76.747
-1.8	12.15	90.12
-1.9	14.295	103.267
-2	16.677	116.177
-2.1	19.31	128.835
-2.2	22.207	141.23
-2.3	25.379	153.35
-2.4	28.84	165.181
-2.5	32.602	176.711
-2.6	36.677	187.927
-2.7	41.078	198.818
-2.8	45.818	209.37
-2.9	50.908	219.57
-3	56.363	229.408
-3.1	62.194	238.869
-3.2	68.661	247.693
-3.3	75.778	255.868
-3.4	83.56	263.377
-3.5	92.021	270.208
-3.6	101.174	276.347
-3.7	111.034	281.778
-3.8	121.616	286.488
-3.9	132.933	290.463
-4	145	294.048
-4.1	157.83	298.032
-4.2	171.44	301.364
-4.3	185.842	304.032
-4.4	201.051	306.024
-4.5	217.082	307.329
-4.6	233.949	307.936
-4.7	212.628	307.834
-4.8	192.216	307.01
-4.9	172.783	305.453
-5	154.393	303.152
-5.1	137.1	300.095
-5.2	120.931	296.27
-5.3	105.912	291.667
-5.4	92.071	286.273
-5.5	79.429	280.076

Design Assumption: Nominal Involuppi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-5.6	68.011	273.066
-5.7	57.836	265.229
-5.8	48.925	256.556
-5.9	41.297	247.032
-6	34.969	236.652
-6.1	29.941	225.444
-6.2	25.721	214.075
-6.3	22.265	202.57
-6.4	19.532	190.951
-6.5	20.863	179.246
-6.6	21.989	167.478
-6.7	22.913	155.673
-6.8	23.638	143.854
-6.9	24.167	132.047
-7	24.503	120.276
-7.1	24.646	108.567
-7.2	24.6	96.943
-7.3	24.364	85.429
-7.4	23.946	74.05
-7.5	23.372	62.83
-7.6	25.345	51.794
-7.7	33.454	44.215
-7.8	41.034	39.246
-7.9	48.105	33.946
-8	54.683	28.367
-8.1	60.789	22.558
-8.2	66.438	16.573
-8.3	71.649	10.46
-8.4	76.438	4.269
-8.5	80.822	0
-8.6	84.815	0
-8.7	88.432	0
-8.8	91.689	0
-8.9	94.599	0
-9	97.175	0
-9.1	99.43	0
-9.2	101.377	0
-9.3	103.026	0
-9.4	104.389	0
-9.5	105.476	0
-9.6	106.297	0
-9.7	106.861	0
-9.8	107.178	0
-9.9	107.254	0.015
-10	107.098	0.091
-10.1	106.717	0.163
-10.2	106.116	0.22
-10.3	105.302	0.265
-10.4	104.281	0.298
-10.5	103.056	0.321
-10.6	101.633	0.335
-10.7	100.014	0.342
-10.8	98.203	0.341
-10.9	96.203	0.335
-11	94.016	0.34
-11.1	91.644	0.405
-11.2	89.088	0.469
-11.3	86.489	0.517
-11.4	83.806	0.549
-11.5	80.957	0.569
-11.6	77.954	0.579

Design Assumption: Nominal Involuppi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-11.7	74.806	0.579
-11.8	71.524	0.571
-11.9	68.117	0.556
-12	64.593	0.536
-12.1	60.963	0.51
-12.2	57.234	0.481
-12.3	53.415	0.449
-12.4	49.512	0.415
-12.5	45.534	0.379
-12.6	41.488	0.342
-12.7	37.38	0.305
-12.8	33.218	0.268
-12.9	29.015	0.232
-13	24.85	0.197
-13.1	20.802	0.164
-13.2	16.948	0.133
-13.3	13.362	0.104
-13.4	10.101	0.078
-13.5	7.214	0.056
-13.6	4.746	0.036
-13.7	2.745	0.021
-13.8	1.256	0.01
-13.9	0.325	0.002
-14	0	0

## Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.223	0
-0.1	0.387	0.142
-0.2	0.648	0.479
-0.3	0.967	0.779
-0.4	1.469	1.012
-0.5	1.939	54.596
-0.6	2.714	54.596
-0.7	3.619	53.844
-0.8	4.653	52.966
-0.9	5.816	51.963
-1	6.896	50.834
-1.1	8.276	49.58
-1.2	9.78	48.201
-1.3	11.411	46.696
-1.4	13.166	45.066
-1.5	15.047	137.87
-1.6	17.053	137.87
-1.7	19.185	135.864
-1.8	21.442	133.732
-1.9	23.824	131.475
-2	26.332	129.093
-2.1	28.965	126.585
-2.2	31.724	123.952
-2.3	34.608	121.193
-2.4	37.617	118.309
-2.5	40.752	115.3
-2.6	44.012	112.445
-2.7	47.398	109.937
-2.8	50.909	107.333
-2.9	54.545	104.632
-3	58.307	101.835
-3.1	64.67	98.941
-3.2	71.174	93.532
-3.3	77.82	88.012
-3.4	84.606	82.382
-3.5	91.534	76.641
-3.6	98.604	70.789
-3.7	105.816	64.825
-3.8	113.17	58.749
-3.9	120.668	52.56
-4	128.308	46.259
-4.1	136.093	39.845
-4.2	144.02	33.318
-4.3	152.092	26.677
-4.4	160.308	19.922
-4.5	168.669	13.054
-4.6	168.669	213.207
-4.7	32.908	213.207
-4.8	41.703	204.121
-4.9	50.645	195.711
-5	59.731	187.251
-5.1	68.964	178.544
-5.2	78.343	169.604
-5.3	87.868	160.445
-5.4	97.54	151.081
-5.5	107.359	141.522

Design Assumption: Nominal Involuppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-5.6	117.326	131.781
-5.7	127.441	121.867
-5.8	137.704	111.792
-5.9	148.045	101.563
-6	157.821	91.203
-6.1	157.821	80.842
-6.2	155.673	69.99
-6.3	153.094	59.396
-6.4	150.084	49.102
-6.5	146.642	39.144
-6.6	142.771	29.552
-6.7	138.468	20.356
-6.8	133.736	11.581
-6.9	128.574	3.993
-7	122.983	4.603
-7.1	117.096	5.084
-7.2	116.24	5.45
-7.3	115.138	5.712
-7.4	113.791	5.883
-7.5	112.198	7.045
-7.6	110.359	8.115
-7.7	108.276	8.974
-7.8	105.948	9.643
-7.9	103.375	10.139
-8	100.558	10.483
-8.1	97.496	10.69
-8.2	94.19	10.778
-8.3	90.641	10.778
-8.4	86.847	10.761
-8.5	82.811	10.653
-8.6	78.53	10.468
-8.7	74.006	10.218
-8.8	69.24	9.913
-8.9	64.23	9.565
-9	58.977	9.181
-9.1	53.482	8.768
-9.2	49.15	8.324
-9.3	45.668	7.857
-9.4	42.164	7.374
-9.5	38.646	6.883
-9.6	35.121	6.389
-9.7	31.599	6.024
-9.8	28.086	5.743
-9.9	24.589	5.452
-10	21.115	5.148
-10.1	17.67	6.008
-10.2	14.282	8.139
-10.3	11.001	10.218
-10.4	7.792	12.249
-10.5	4.733	14.238
-10.6	1.819	16.19
-10.7	0.015	18.109
-10.8	0.062	20.002
-10.9	0.109	21.872
-11	0.147	23.725
-11.1	0.175	25.566
-11.2	0.197	27.399
-11.3	0.21	29.228
-11.4	0.217	31.058
-11.5	0.218	32.892
-11.6	0.218	34.736

Design Assumption: Nominal Involuppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-11.7	0.213	36.592
-11.8	0.216	38.464
-11.9	0.225	40.232
-12	0.253	41.667
-12.1	0.291	42.787
-12.2	0.321	43.497
-12.3	0.344	43.783
-12.4	0.359	43.783
-12.5	0.368	43.662
-12.6	0.371	43.152
-12.7	0.371	42.266
-12.8	0.368	42.028
-12.9	0.361	42.028
-13	0.348	41.643
-13.1	0.332	40.48
-13.2	0.311	38.547
-13.3	0.286	35.853
-13.4	0.258	32.611
-13.5	0.227	28.876
-13.6	0.192	24.677
-13.7	0.155	20.014
-13.8	0.114	14.889
-13.9	0.071	9.303
-14	0.024	3.255

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 1 Left Wall	LEFT			13.26
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 7 Left Wall	RIGHT			56.8

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 7 Left Wall		LEFT	LEFT	13380.12
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 1 Left Wall		RIGHT	RIGHT	22886.23

## Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Cela Forza kN/m
Spring	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 8	56.69
Spring_New	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 8	96.44
Spring_New_New	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 9	390.38

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Cela Momento kN*m/m
Spring	NTC2018: A2+M2+R1	Stage 9	0
Spring_New	NTC2018: A2+M2+R1	Stage 9	0
Spring_New_New	NTC2018: A2+M2+R1	Stage 9	0

## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NONE



## 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
-0.1	0
-0.2	0
-0.3	0
-0.4	0
-0.5	0
-0.6	0.004
-0.7	0.009
-0.8	0.013
-0.9	0.017
-1	0.022
-1.1	0.026
-1.2	0.03
-1.3	0.034
-1.4	0.037
-1.5	0.041
-1.6	0.052
-1.7	0.064
-1.8	0.075
-1.9	0.086
-2	0.097
-2.1	0.107
-2.2	0.117
-2.3	0.127
-2.4	0.137
-2.5	0.147
-2.6	0.156
-2.7	0.165
-2.8	0.174
-2.9	0.182
-3	0.191
-3.1	0.198
-3.2	0.206
-3.3	0.213
-3.4	0.219
-3.5	0.225
-3.6	0.23
-3.7	0.234
-3.8	0.238
-3.9	0.241
-4	0.244
-4.1	0.248
-4.2	0.25
-4.3	0.253
-4.4	0.254
-4.5	0.255
-4.6	0.256
-4.7	0.256
-4.8	0.255
-4.9	0.254
-5	0.252
-5.1	0.249
-5.2	0.246
-5.3	0.242

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
-5.4	0.238
-5.5	0.233
-5.6	0.227
-5.7	0.22
-5.8	0.213
-5.9	0.205
-6	0.197
-6.1	0.187
-6.2	0.178
-6.3	0.168
-6.4	0.159
-6.5	0.149
-6.6	0.139
-6.7	0.129
-6.8	0.12
-6.9	0.11
-7	0.1
-7.1	0.09
-7.2	0.081
-7.3	0.071
-7.4	0.062
-7.5	0.052
-7.6	0.043
-7.7	0.037
-7.8	0.034
-7.9	0.04
-8	0.045
-8.1	0.051
-8.2	0.055
-8.3	0.06
-8.4	0.064
-8.5	0.067
-8.6	0.07
-8.7	0.073
-8.8	0.076
-8.9	0.079
-9	0.081
-9.1	0.083
-9.2	0.084
-9.3	0.086
-9.4	0.087
-9.5	0.088
-9.6	0.088
-9.7	0.089
-9.8	0.089
-9.9	0.089
-10	0.089
-10.1	0.089
-10.2	0.088
-10.3	0.088
-10.4	0.087
-10.5	0.086
-10.6	0.084
-10.7	0.083
-10.8	0.082
-10.9	0.08
-11	0.078
-11.1	0.076
-11.2	0.074
-11.3	0.072
-11.4	0.07

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

**LEFT**

Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
-11.5	0.067
-11.6	0.065
-11.7	0.062
-11.8	0.059
-11.9	0.057
-12	0.054
-12.1	0.051
-12.2	0.048
-12.3	0.044
-12.4	0.041
-12.5	0.038
-12.6	0.034
-12.7	0.031
-12.8	0.028
-12.9	0.024
-13	0.021
-13.1	0.017
-13.2	0.014
-13.3	0.011
-13.4	0.008
-13.5	0.006
-13.6	0.004
-13.7	0.002
-13.8	0.001
-13.9	0
-14	0

## 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	
-0.1	0	
-0.2	0	
-0.3	0.001	
-0.4	0.001	
-0.5	0.032	
-0.6	0.032	
-0.7	0.031	
-0.8	0.031	
-0.9	0.03	
-1	0.029	
-1.1	0.029	
-1.2	0.028	
-1.3	0.027	
-1.4	0.026	
-1.5	0.082	
-1.6	0.08	
-1.7	0.079	
-1.8	0.078	
-1.9	0.076	
-2	0.075	
-2.1	0.073	
-2.2	0.072	
-2.3	0.07	
-2.4	0.068	
-2.5	0.067	
-2.6	0.065	
-2.7	0.064	
-2.8	0.062	
-2.9	0.06	
-3	0.059	
-3.1	0.055	
-3.2	0.052	
-3.3	0.049	
-3.4	0.05	
-3.5	0.054	
-3.6	0.058	
-3.7	0.063	
-3.8	0.067	
-3.9	0.071	
-4	0.076	
-4.1	0.081	
-4.2	0.085	
-4.3	0.09	
-4.4	0.095	
-4.5	0.1	
-4.6	0.126	
-4.7	0.121	
-4.8	0.116	
-4.9	0.111	
-5	0.106	
-5.1	0.1	
-5.2	0.095	
-5.3	0.089	
-5.4	0.084	
-5.5	0.078	
-5.6	0.072	

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
-5.7	0.075
-5.8	0.081
-5.9	0.088
-6	0.093
-6.1	0.092
-6.2	0.091
-6.3	0.089
-6.4	0.087
-6.5	0.084
-6.6	0.082
-6.7	0.079
-6.8	0.076
-6.9	0.073
-7	0.069
-7.1	0.069
-7.2	0.068
-7.3	0.067
-7.4	0.066
-7.5	0.065
-7.6	0.064
-7.7	0.063
-7.8	0.061
-7.9	0.06
-8	0.058
-8.1	0.056
-8.2	0.054
-8.3	0.051
-8.4	0.049
-8.5	0.046
-8.6	0.044
-8.7	0.041
-8.8	0.038
-8.9	0.035
-9	0.032
-9.1	0.029
-9.2	0.027
-9.3	0.025
-9.4	0.023
-9.5	0.021
-9.6	0.019
-9.7	0.017
-9.8	0.015
-9.9	0.012
-10	0.01
-10.1	0.008
-10.2	0.007
-10.3	0.006
-10.4	0.007
-10.5	0.008
-10.6	0.01
-10.7	0.011
-10.8	0.012
-10.9	0.013
-11	0.014
-11.1	0.015
-11.2	0.016
-11.3	0.017
-11.4	0.018
-11.5	0.019
-11.6	0.021
-11.7	0.022

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

**LEFT**

Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
-11.8	0.023
-11.9	0.024
-12	0.025
-12.1	0.025
-12.2	0.026
-12.3	0.026
-12.4	0.026
-12.5	0.026
-12.6	0.025
-12.7	0.025
-12.8	0.025
-12.9	0.025
-13	0.024
-13.1	0.023
-13.2	0.021
-13.3	0.019
-13.4	0.017
-13.5	0.015
-13.6	0.012
-13.7	0.009
-13.8	0.006
-13.9	0.002
-14	0.002