

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## PROGETTO DEFINITIVO

### NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

#### OPERE D'ARTE PRINCIPALI

#### Sottovia viabilità sostitutiva dei PL - Linea Novara Domodossola

Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

-

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

N M 0 Y 0 0 D 1 1 C L S L 0 2 0 0 0 0 4 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A. Ingletti	Maggio 2021	M. Milovanovic	Maggio 2021	F. Perrone	Maggio 2021	D. Maranzano Maggio 2021
								

File: NM0Y00D11CLSL0200004A

n. Elab.:



**INDICE**

1	PREMESSA.....	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	13
5	MATERIALI UTILIZZATI .....	15
5.1	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA S275: PALANCOLA E TRAVI DI RIPARTIZIONE.....	15
5.2	ACCIAIO ARMONICO DI TIPO STABILIZZATO: TREFOLI.....	15
6	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	16
7	MODELLO DI CALCOLO .....	19
7.1	PARAMETRI DI SPINTA DEL TERRENO .....	20
7.2	PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ DEL TERRENO .....	21
8	APPROCCI DA NORMATIVA.....	22
9	PALANCOLA TIPO 1 .....	24
9.1	FASI DI CALCOLO.....	24
9.2	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI (INVILUPPO SLE).....	28
9.3	SOLLECITAZIONI (INVILUPPO SLU).....	29
9.4	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	30
9.5	VERIFICHE IDRAULICHE.....	31
9.6	VERIFICHE STRUTTURALI.....	33
9.7	VERIFICA TAPPO DI FONDO IN JET-GROUTING .....	35
10	PALANCOLA TIPO 2 .....	36
10.1	FASI DI CALCOLO.....	36
10.2	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI (INVILUPPO SLE).....	41
10.3	SOLLECITAZIONI (INVILUPPO SLU).....	42
10.4	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	43
10.5	VERIFICHE IDRAULICHE.....	45

10.6	VERIFICHE STRUTTURALI.....	46
10.7	VERIFICA TAPPO DI FONDO IN JET-GROUTING .....	48
11	PALANCOLA TIPO 3 .....	49
11.1	FASI DI CALCOLO.....	49
11.2	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI (INVILUPPO SLE).....	55
11.3	SOLLECITAZIONI (INVILUPPO SLU).....	56
11.4	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	57
11.5	VERIFICHE IDRAULICHE.....	59
11.6	VERIFICHE STRUTTURALI.....	60
11.7	VERIFICA TAPPO DI FONDO IN JET-GROUTING .....	62
12	PALANCOLA TIPO 4 .....	63
12.1	FASI DI CALCOLO.....	63
12.2	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI (INVILUPPO SLE).....	70
12.3	SOLLECITAZIONI (INVILUPPO SLU).....	71
12.4	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	72
12.5	VERIFICHE IDRAULICHE.....	74
12.6	VERIFICHE STRUTTURALI.....	75
12.7	VERIFICA TAPPO DI FONDO IN JET-GROUTING .....	78
13	CONCLUSIONI .....	79




## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla Progettazione definitiva del Nodo di Novara, 1^ Fase PRG di Novara Boschetto.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "OPERE D'ARTE PRINCIPALI".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il modello geotecnico del sottovia SL02 è sostanzialmente identico a quello del sottovia SL03 (Sottovia viabilità sostitutiva dei PL - Linea Novara Arona); inoltre, anche le caratteristiche geometriche delle palancole sono molto simili. Per questi motivi, la presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche delle palancole relative sia al Sottovia viabilità sostitutiva dei PL - Linea Novara Domodossola (opera SL02) che al Sottovia viabilità sostitutiva dei PL - Linea Novara Arona (SL03) previsti nell'ambito della Progettazione definitiva del Nodo di Novara, 1^ Fase PRG di Novara Boschetto.

Le opere provvisionali sono costituite da palancole tipo Larssen L607k tirantate. È possibile dividere l'opera in quattro tipologie, ovvero:

- Palanca tipo 1: palanca con un ordine di tiranti;
- Palanca tipo 2: palanca con due ordini di tiranti;
- Palanca tipo 3: palanca con tre ordini di tiranti;
- Palanca tipo 4: palanca con quattro ordini di tiranti;

Ai fini dei calcoli si individuano le seguenti sezioni di studio, con riferimento a quanto riportato al § 6.5.2.2 delle NTC 2018 le altezze di scavo sono incrementate nel calcolo:

Palanca tipo 1				
H <sub>scavo,max</sub> (m)	H <sub>scavo,calcolo</sub> (m)	Tipo palanca	Livelli tiranti	Travi di ripartizione
4.50	4.80	Larssen L607k	1° livello (-1 m da testa paratia)	2 HEB240

Palancola tipo 2				
H <sub>scavo,max</sub> (m)	H <sub>scavo,calcolo</sub> (m)	Tipo palancola	Livelli tiranti	Travi di ripartizione
7.45	7.80	Larssen L607k	1° livello (-1 m da testa paratia)	2 HEB240
			2° livello (-4 m da testa paratia)	2 HEB240

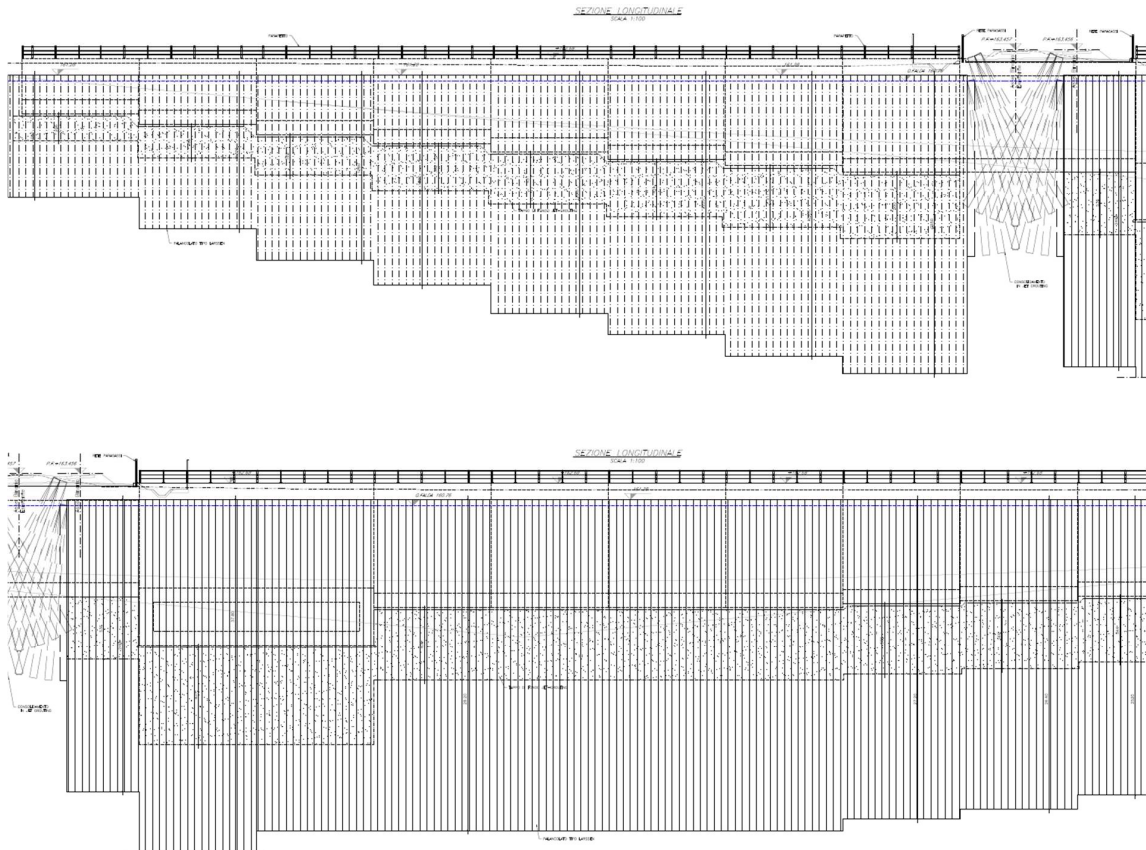
Palancola tipo 3				
H <sub>scavo,max</sub> (m)	H <sub>scavo,calcolo</sub> (m)	Tipo palancola	Livelli tiranti	Travi di ripartizione
9.35	9.70	Larssen L607k	1° livello (-1 m da testa paratia)	2 HEB240
			2° livello (-4 m da testa paratia)	2 HEB240
			3° livello (-7 m da testa paratia)	2 HEB240

Palancola tipo 4				
H <sub>scavo,max</sub> (m)	H <sub>scavo,calcolo</sub> (m)	Tipo palancola	Livelli tiranti	Travi di ripartizione
12.60	12.90	Larssen L607k	1° livello (-1 m da testa paratia)	2 HEB240
			2° livello (-4 m da testa paratia)	2 HEB240
			3° livello (-7 m da testa paratia)	2 HEB240
			4° livello (-10 m da testa paratia)	2 HEB240

Le caratteristiche dei tiranti sono riportate nella tabella sottostante.

Livello	$\alpha$ [°]	Interasse orizzontale [m]	Lunghezza libera [m]	Lunghezza fondazione [m]	Metodo iniezione	$\phi$ perforazione [cm]	n° trefoli 0.6"	Pretiro [kN]
1° livello	15	2.4	8	5	IRS	20	4	300
2° livello		2.4	7	9			6	400
3° livello		2.4	5	14			7	600
4° livello		1.2	4	15			7	600

Si riporta la sezione longitudinale delle strutture.



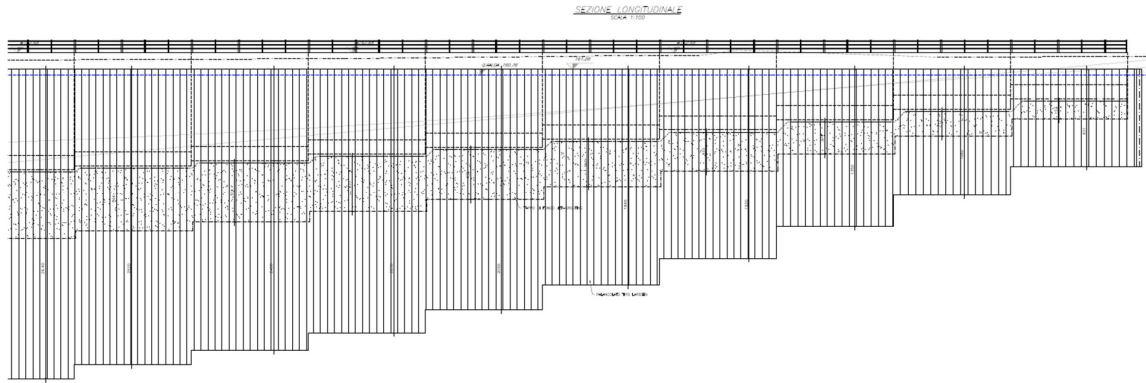
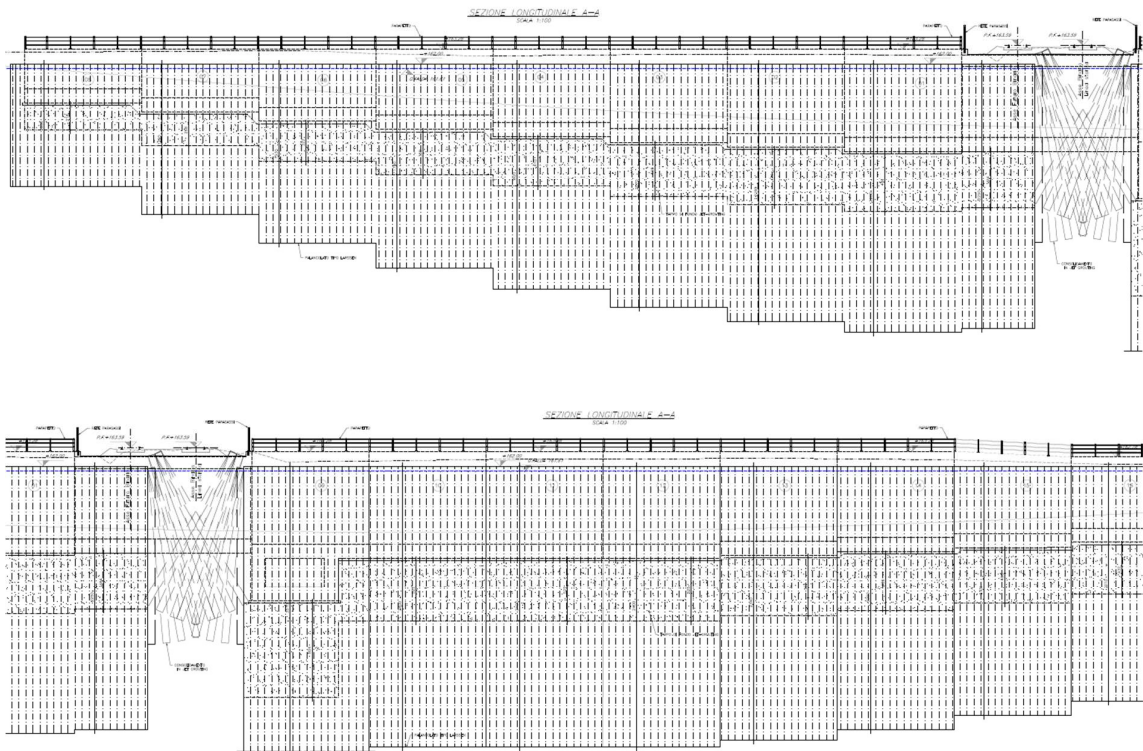


Figura 1 – Sezione longitudinale palancola SL02



SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA  
DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	SL0200 004	A	10 di 79

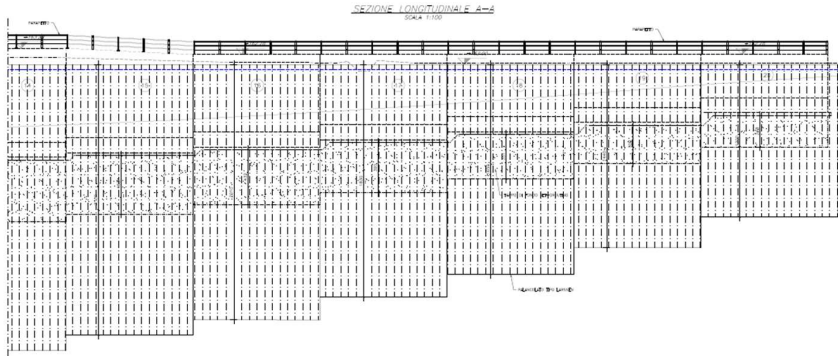




Figura 2 – Sezione longitudinale palancola SL03

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni “
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI EN 1992-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1<sup>A</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</p>					
<p>SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<p>COMMESSA NM0Y</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 11 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0200 004</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 12 di 79</p>

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni F.S. delle quali si è tenuto conto.

- RFI\_DTC\_INC\_PO\_SP\_IFS\_001\_A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario.
- RFI\_DTC\_INC\_PO\_SP\_IFS\_002\_A Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria.
- RFI\_DTC\_INC\_PO\_SP\_IFS\_005\_A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia.
- RFI\_DTC\_INC\_CS\_SP\_IFS\_001\_A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.
- RFI\_DTC\_INC\_CS\_LG\_IFS\_001\_A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra.



#### 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti elaborati di progetto definitivo:

sottovia viabilità sostitutiva dei PL - Linea Novara Domodossola																					
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	R	G	S	L	0	2	0	0	0	0	1	A	Relazione tecnica descrittiva
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	2	0	0	0	0	1	A	Relazione di calcolo del sottovia
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	2	0	0	0	0	2	A	Relazione di calcolo del sottovia a spinta
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	2	0	0	0	0	3	A	Relazione di calcolo muri ad U
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	L	Z	S	L	0	2	0	0	0	0	3	A	Planimetria generale dell'opera
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	P	9	S	L	0	2	0	0	0	0	1	A	Pianta scavi
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	X	S	L	0	2	0	0	0	0	1	A	Planimetria sezioni e dettagli monolite a spinta
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	2	0	0	0	0	1	A	Sezione longitudinale
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	2	0	0	0	0	2	A	Sezioni trasversali
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	2	0	0	0	0	3	A	Fasi costruttive
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	2	0	0	0	0	4	A	Opere Provvisoriali - pianta e sezione longitudinale tav.1/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	2	0	0	0	0	5	A	Opere Provvisoriali - pianta e sezione longitudinale tav.2/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	2	0	0	0	0	6	A	Opere Provvisoriali - pianta e sezione longitudinale tav.3/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	2	0	0	1	A	Carpenteria - Pianta tav 1/ 3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	2	0	0	2	A	Carpenteria - Pianta tav 2/ 3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	2	0	0	3	A	Carpenteria - Pianta tav 3/ 3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	2	0	0	4	A	Carpenteria - Sezioni tav 1/4
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	2	0	0	5	A	Carpenteria - Sezioni tav 2/4
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	2	0	0	6	A	Carpenteria - Sezioni tav 3/4
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	2	0	0	7	A	Carpenteria - Sezioni tav 4/4
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	2	0	0	8	A	Carpenteria - pianta e sezione monolite a spinta
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	6	0	0	1	A	Recinzione di protezione - pianta e particolari
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	2	0	X	0	0	1	A	Carpenteria - vasca sollevamento acque meteoriche pianta e sezioni
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	Z	S	L	0	2	0	2	0	0	1	A	Particolari costruttivi e finiture

SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA  
 DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	SL0200 004	A	14 di 79

Sottovia viabilità sostitutiva dei PL - Linea Novara Arona																					
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	R	G	S	L	0	3	0	0	0	0	1	A	Relazione tecnica descrittiva
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	3	0	0	0	0	1	A	Relazione di calcolo del sottovia
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	3	0	0	0	0	2	A	Relazione di calcolo del sottovia a spinta
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	C	L	S	L	0	3	0	0	0	0	3	A	Relazione di calcolo muri ad U
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	L	Z	S	L	0	3	0	0	0	0	3	A	Planimetria generale dell'opera
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	P	9	S	L	0	3	0	0	0	0	1	A	Pianta scavi
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	X	S	L	0	3	0	0	0	0	1	A	Planimetria sezioni e dettagli monolite a spinta
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	3	0	0	0	0	1	A	Sezione longitudinale
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	3	0	0	0	0	2	A	Sezioni trasversali
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	3	0	0	0	0	3	A	Fasi costruttive
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	3	0	0	0	0	4	A	Opere Provvisionali - pianta e sezione longitudinale tav.1/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	3	0	0	0	0	5	A	Opere Provvisionali - pianta e sezione longitudinale tav.2/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	A	S	L	0	3	0	0	0	0	6	A	Opere Provvisionali - pianta e sezione longitudinale tav.3/3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	2	0	0	1	A	Carpenteria - Pianta tav 1/ 3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	2	0	0	2	A	Carpenteria - Pianta tav 2/ 3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	2	0	0	3	A	Carpenteria - Pianta tav 3/ 3
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	2	0	0	4	A	Carpenteria - Sezioni tav 1/4
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	2	0	0	5	A	Carpenteria - Sezioni tav 2/4
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	2	0	0	6	A	Carpenteria - Sezioni tav 3/4
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	2	0	0	7	A	Carpenteria - Sezioni tav 4/4
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	2	0	0	8	A	Carpenteria - pianta e sezione monolite a spinta
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	6	0	0	1	A	Recinzione di protezione - pianta e particolari
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	B	S	L	0	3	0	X	0	0	1	A	Carpenteria - vasca sollevamento acque meteoriche pianta e sezioni
N	M	0	Y	0	0	D	1	1	B	Z	S	L	0	3	0	2	0	0	1	A	Particolari costruttivi e finiture

## 5 MATERIALI UTILIZZATI

### 5.1 Acciaio per carpenteria metallica S275: palancola e travi di ripartizione

$f_{yk}$  = 275 MPa tensione caratteristica di snervamento

$f_{yd}$  =  $f_{yk} / 1.05 = 261.9$  MPa tensione caratteristica di calcolo

$E_s$  = 210000 MPa modulo elastico

### 5.2 Acciaio armonico di tipo stabilizzato: trefoli

$f_{ptk}$  = 1860 MPa tensione caratteristica al carico massimo

$f_{p(1)k}$  = 1670 MPa tensione caratteristica all'1% di deformazione totale

$f_{yd}$  =  $f_{p(1)k} / 1.15 = 1452.1$  MPa tensione di calcolo

## 6 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Nel rispetto dell'elaborato contenente la definizione dei parametri geotecnici, la seguente tabella riepiloga la stratigrafia di calcolo adottata (valori caratteristici) con riferimento agli elaborati geotecnici (cfr. profilo geotecnico e relazione geotecnica).

Tipologia	Profondità da p.f. (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi$ (°)	$E'$ (MPa)	$N_{SPT}$ (-)
Unità A	0.0 – 2.7	18.5	0	28	7.0	-
Unità B	2.7 – 10.7	20.0	0	42	47.5	35.0
Unità C	10.7 – 24.8	18.5	0	35	30.0	22.5
Unità D	> 24.8	18.5	0	27	9.0	15.0

In accordo con quanto riportato negli elaborati grafici geologici e geotecnici, la falda è collocata alla profondità di 2.7 m da P.F.

Per la stima della tensione di aderenza dei tiranti ( $q_s$ ) è stato utilizzato il metodo di Bustamante e Doix. I tiranti saranno realizzati all'interno di terreni sabbiosi e ghiaiosi; in questo caso la tensione di aderenza è fornita dal seguente abaco (la retta da considerare è la SG1 ovvero quella relativa all'iniezione di tipo IRS), in cui il valore della pressione limite può essere correlato ai risultati delle prove penetrometriche tramite la seguente relazione:

$$p_{lim} = N_{SPT}/20 \text{ [MPa]}$$

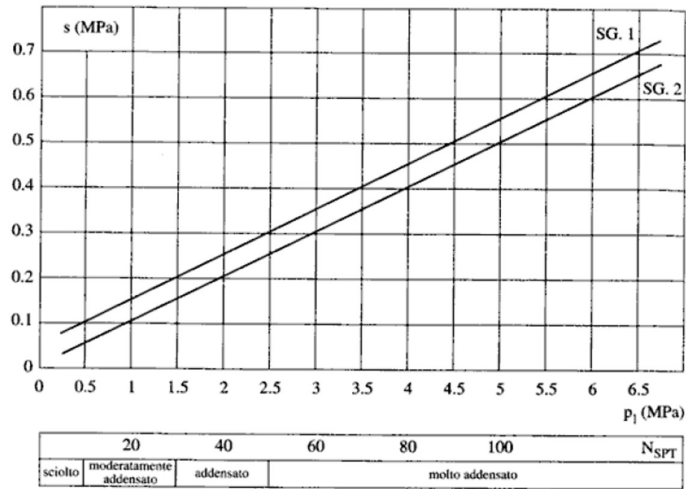


Fig. 13.16. Abaco per il calcolo di s per sabbie e ghiaie

Figura 3 – Abaco di Bustamante e Doix (caso di sabbie e ghiaie)

Tra il diametro della zona iniettata  $d_{in}$  e quello della perforazione  $d_{perf}$  esiste la seguente relazione:

$$d_{in} = \alpha d_{perf}$$

Il valore di  $\alpha$  può essere ricavato dalla seguente tabella:

TERRENO	Valori del coefficiente $\alpha$ ( $V_s = L_s \cdot \pi \cdot d_s^2 / 4$ )			
	Valori di $\alpha$		Quantità minima di miscela consigliata	
	IRS	IGU	IRS	IGU
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	1,5 $V_s$	1,5 $V_s$
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	1,5 $V_s$	1,5 $V_s$
sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 $V_s$	1,5 $V_s$
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 $V_s$	1,5 $V_s$
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 $V_s$	1,5 $V_s$
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 $V_s$	1,5 $V_s$
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	(1,5 - 2) $V_s$	1,5 $V_s$
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	2 $V_s$	1,5 $V_s$
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	(2,5 - 3) $V_s$	(1,5 - 2) $V_s$
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2) $V_s$ per strati compatti	
Calcarì mamosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6) $V_s$ o più per strati fratturati	
Calcarì alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2		
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1 - 1,5) $V_s$ per strati poco fratturati; 2 $V_s$ o più per strati fratturati	


In definitiva, per la resistenza dei tiranti si adottano i seguenti parametri:

Unità B:

- $\alpha = 1.6$
- $q_s = 230 \text{ kPa}$

Unità C:

- $\alpha = 1.4$
- $q_s = 170 \text{ kPa}$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

## 7 MODELLO DI CALCOLO

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

Allo scopo si impiega il programma di calcolo "PARATIEPLUS" della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

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 vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".

Con tale metodo, si può quindi seguire analiticamente la successione delle fasi di costruzione, di carico e di contrasto, consentendo di fornire informazioni attendibili sull'entità delle deformazioni e sugli effetti che esse inducono sul diagramma delle pressioni esercitate dal terreno sulla paratia.

I parametri che caratterizzano il modello dunque possono essere distinti in due classi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno che compaiono nella definizione della rigidità delle molle.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

## 7.1 Parametri di spinta del terreno

I parametri di spinta sono:

pressione a riposo:  $P'o = K_o \cdot \sigma'v$

con:  $K_o =$  coefficiente di spinta a riposo.

$\sigma'v =$  tensione verticale efficace;

pressione attiva:  $P'a = K_a \cdot \sigma'v - c' \cdot K_{ac}$ .

con:  $K_a =$  coefficiente di spinta attiva, funzione di  $\varphi'$  e  $\delta a$ ;

$K_{ac} = 2 \cdot (K_a)^{0.5}$ ;

$\delta a =$  angolo di attrito terreno-paratia;

pressione passiva:  $P'p = K_p \cdot \sigma'v + c' \cdot K_{pc}$ .

con:  $K_p =$  coefficiente di spinta passiva, funzione di  $\varphi'$  e  $\delta p$ ;

$K_{pc} = 2 \cdot (K_p)^{0.5}$ ;

$\delta p =$  attrito terreno-paratia;

Il coefficiente di spinta a riposo è stato calcolato con la relazione di Mayne & Kulhavy:

$$k_{0,NC} = (1 - \sin \varphi')$$

Mentre i coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati con la relazione di Lancellotta (2002) considerando un valore dell'angolo di attrito parete-terreno pari a 2/3 di  $\varphi'$ :



$$k_{a,p} = \left[ \frac{\cos \delta}{1 \mp \sin \varphi'} \left( \cos \delta \pm \sqrt{\sin^2 \varphi' - \sin^2 \delta} \right) \right] e^{\pm 2\theta_{p,a}}$$

$$\theta_{p,a} = \arcsen \left( \frac{\sin \delta}{\sin \varphi'} \right) \pm \delta$$

## 7.2 Parametri di deformabilità del terreno

Per la definizione del modulo di Young si utilizza il modello elasto-plastico inserendo il valore di E manualmente. Il programma provvede automaticamente a calcolare le costanti di sottofondo per ogni fase di scavo come:

$$K_{monte} = \frac{E_m \cdot \Delta}{B_m} \quad e \quad K_{valle} = \frac{E_v \cdot \Delta}{B_v}$$

Dove  $\Delta$  è il valore fornito dalla schematizzazione agli elementi finiti e  $B_m$  e  $B_v$  sono rispettivamente le estensioni laterali del cuneo di spinta attiva e passiva del terreno alla quota del baricentro del cuneo stesso, per ogni fase di scavo:


$$B_m = \frac{2}{3} \cdot A \cdot \tan \left( 45^\circ - \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$B_v = \frac{2}{3} \cdot (A - H) \cdot \tan \left( 45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

con  $A = \min(2H_{scavo}; H_{paratia})$

Il valore del modulo in fase incrudente si assume pari a due volte il modulo di primo carico:

$$E_{ur} = 2 \cdot E_{vc}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

## 8 APPROCCI DA NORMATIVA


Le analisi di verifica della paratia sono state effettuate secondo le NTC 2018 tenendo conto di possibili SLU di tipo geotecnico, idraulico e strutturale. Nello specifico sono state effettuate le verifiche dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - collasso per raggiungimento della resistenza del terreno con rotazione attorno ad un punto della paratia stessa;
  - verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti.
- SLU di tipo idraulico (UPL)
  - verifica a sollevamento
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza strutturale della palanca
  - verifica dell'armatura dei tiranti;
  - verifica delle travi di ripartizione.

Le verifiche per il dimensionamento strutturale sono state effettuate con la Combinazione 1 (A1+M1+R1) che prevede coefficienti unitari sui parametri del terreno e sulle resistenze globali del sistema, mentre vengono amplificate le azioni permanenti e variabili con i coefficienti del gruppo A1.

Le verifiche relative al dimensionamento geotecnico sono state effettuate con la combinazione 2 dell'approccio 1 (A2+M2+R1) che prevede l'amplificazione delle azioni variabili e permanenti e la riduzione dei parametri di resistenza a taglio, mentre risultano unitari i coefficienti  $\gamma_R$  sulla resistenza globale del terreno.

Le verifiche idrauliche sono state effettuate utilizzando i coefficienti per le azioni riportati nella Tab.6.2.III delle NTC2018.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

In condizioni di esercizio sono stati valutati gli spostamenti dell'opera per valutare la compatibilità con la funzionalità della stessa e con la sicurezza e funzionalità di eventuali preesistenze.

		Coefficiente	EQU <sup>1</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00	1,00	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{ced}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

Figura 4 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
		$\gamma_M$		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	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	$\gamma$	$\gamma_f$	1,0	1,0


Figura 5 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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 G2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{gi}$

Figura 6 – Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche idrauliche

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A	FOGLIO 24 di 79

## 9 PALANCOLA TIPO 1

Le analisi sono state eseguite nelle sole condizioni statiche, trattandosi di opere a carattere provvisorio.

### 9.1 Fasi di calcolo

L'analisi si compone complessivamente di 5 fasi di calcolo:

- 1) Ricostruzione dello stato tensionale
- 2) Attivazione palancole, carichi accidentali ( $q=10$  kPa)
- 3) Scavo 1.5 m
- 4) Inserimento 1° livello di tiranti
- 5) Scavo di 4.8 m (sovrascavo di calcolo)

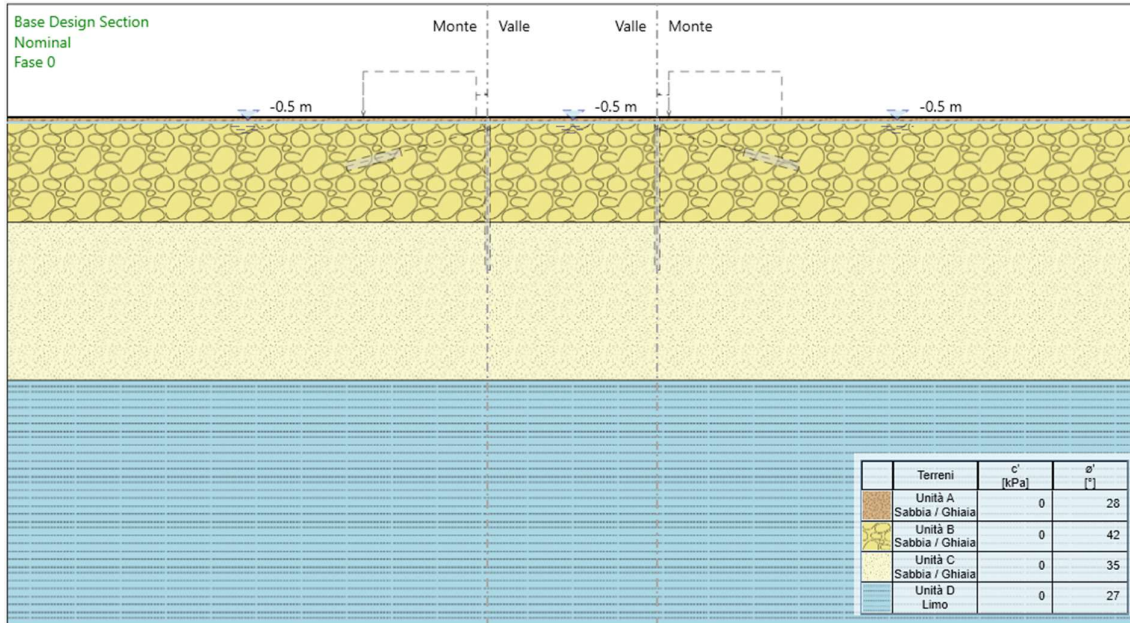


Figura 7 – Fase 1

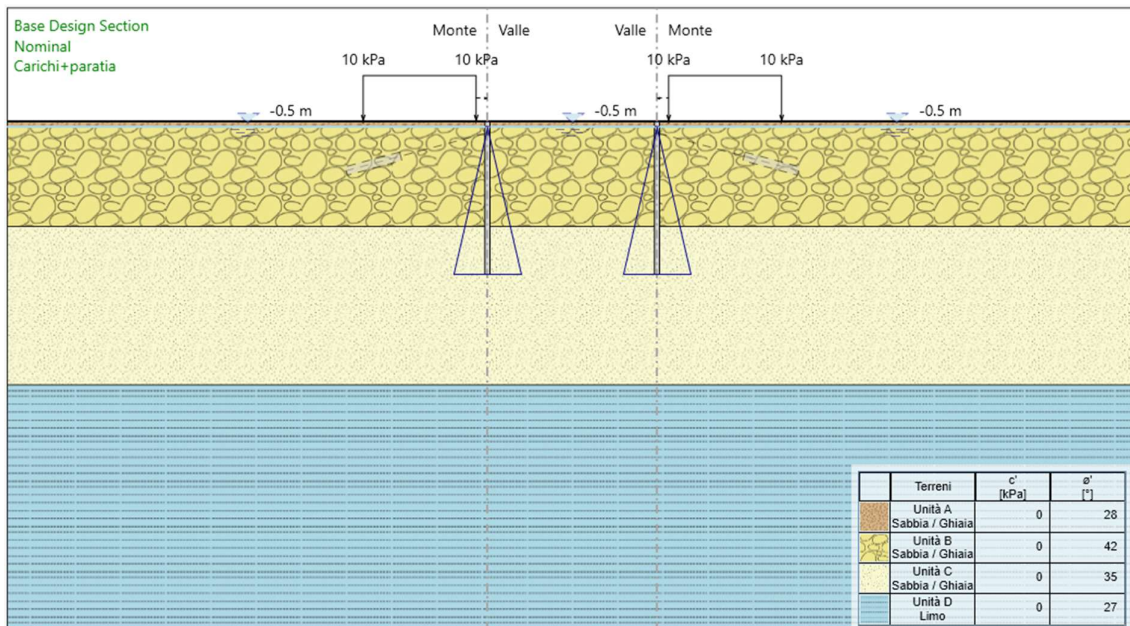


Figura 8 – Fase 2



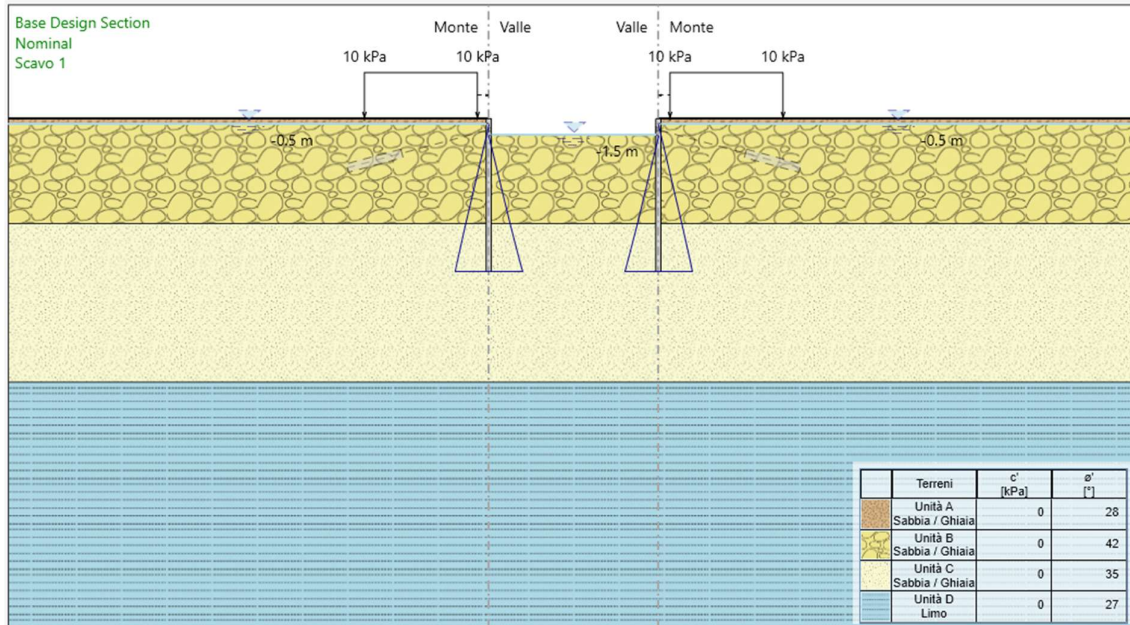


Figura 9 – Fase 3

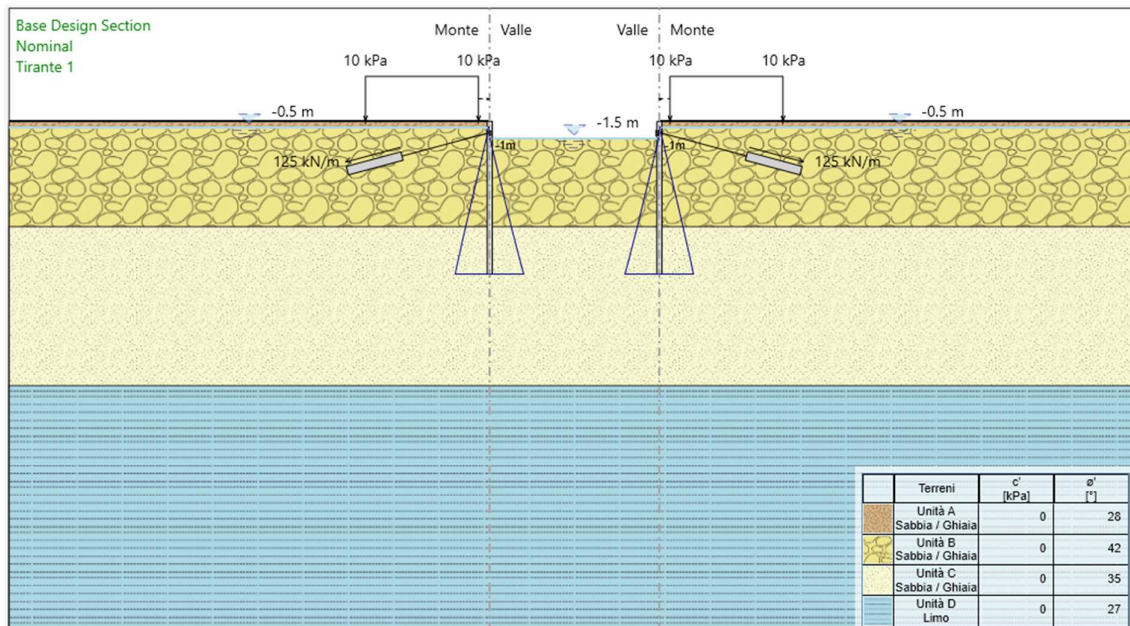


Figura 10 – Fase 4

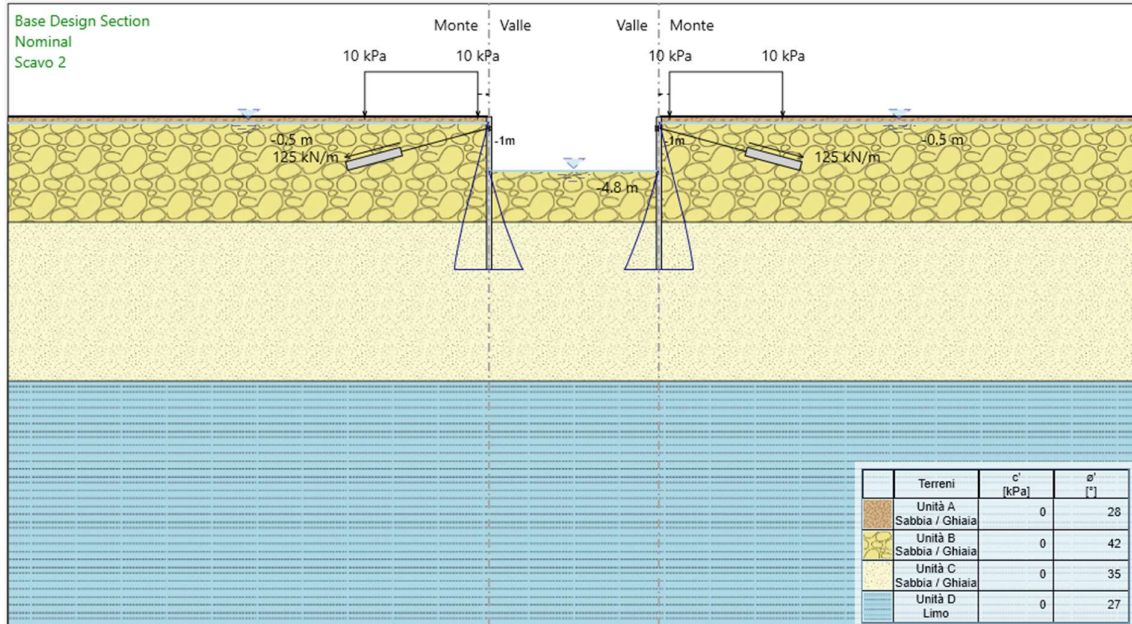


Figura 11 – Fase 5

## 9.2 Spostamenti orizzontali (Inviluppo SLE)

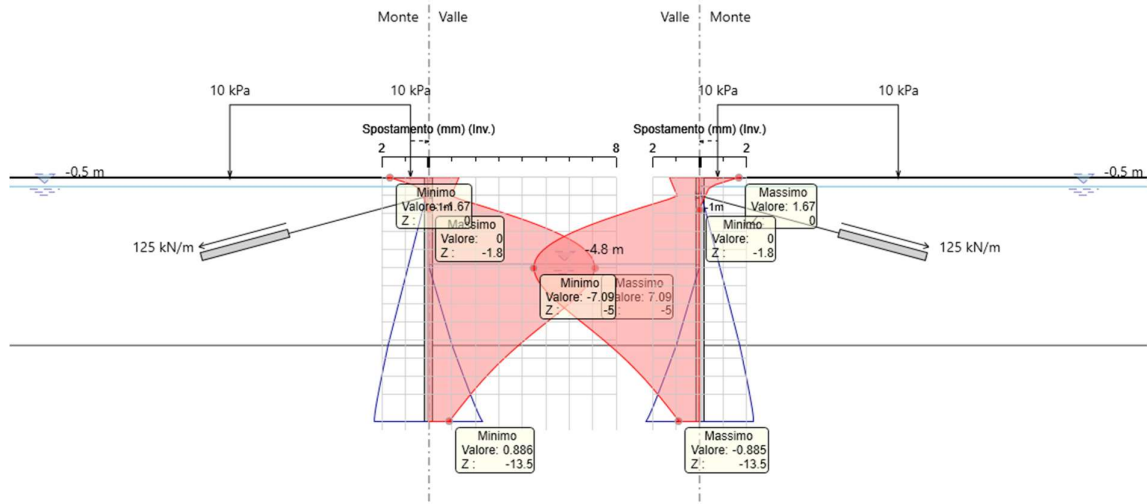


Figura 12 – Inviluppo spostamenti orizzontali SLE

Il massimo spostamento orizzontale SLE è pari a 7.09 mm e si ottiene alla profondità di 5 m dalla testa della paratia.



### 9.3 Sollecitazioni (Involuppo SLU)

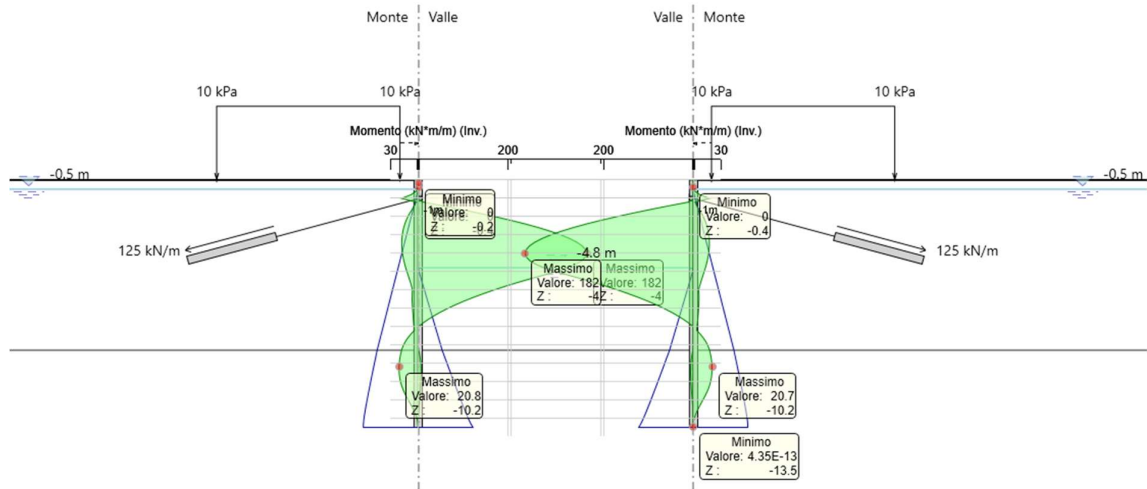


Figura 13 – Involuppo momento flettente SLU

Il massimo momento flettente SLU è pari a 182 kNm/m e si ottiene alla profondità di 4 m dalla testa della paratia.

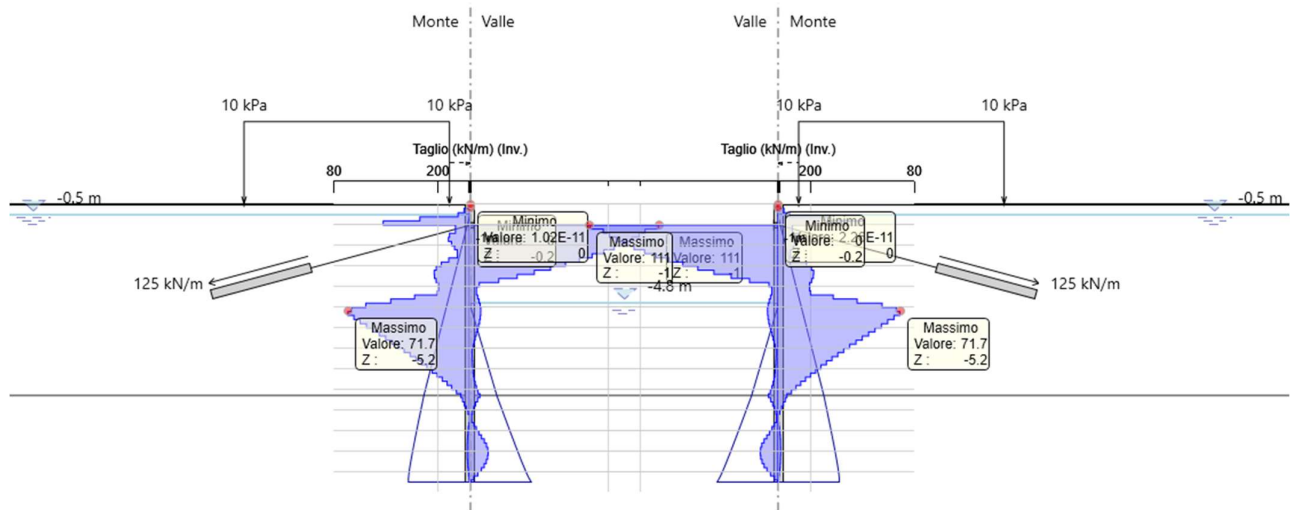


Figura 14 – Involuppo taglio SLU

Il massimo taglio SLU è pari a 111 kN/m e si ottiene alla profondità di 1 m dalla testa della paratia.

#### 9.4 Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono effettuate seguendo l'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R1).

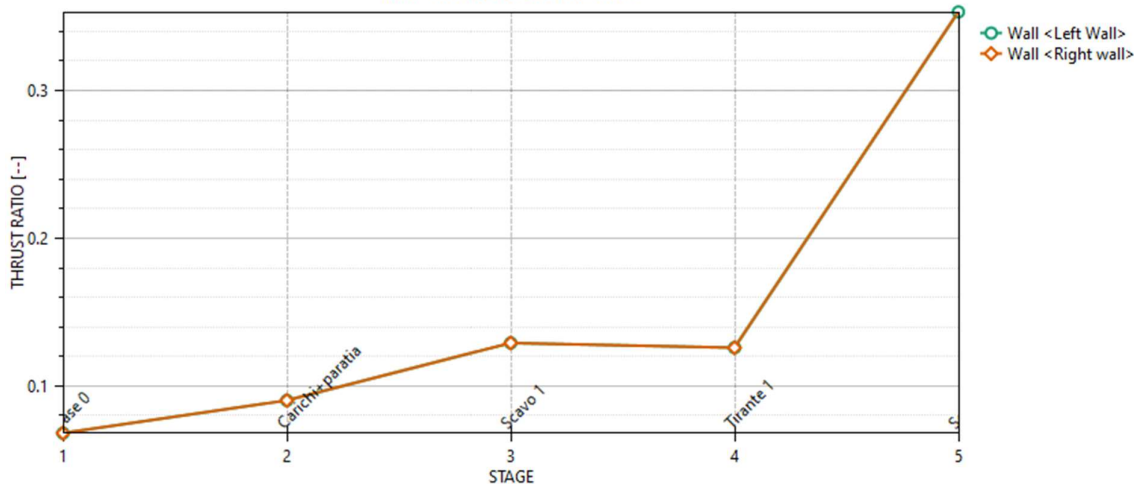
Per valutare la capacità geotecnica della struttura il programma fornisce per via diretta il raggiungimento di un risultato di convergenza nel modello. Quando tale situazione si presenta è possibile ritenere soddisfatta automaticamente la condizione di equilibrio attorno a un punto di rotazione.

Un modo indiretto per valutare la capacità geotecnica della struttura, consiste nel valutare la percentuale di mobilitazione della spinta passiva relativa al tratto infisso di paratia. L'entità di tale rapporto permette di valutare il livello di sfruttamento geotecnico della struttura rispetto le condizioni

limite. Naturalmente tale rapporto deve essere minore o uguale all'unità, affinché non sia violato il criterio di resistenza della struttura.

### Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

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



Per la sezione di riferimento il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari a 0.353.

## 9.5 Verifiche idrauliche

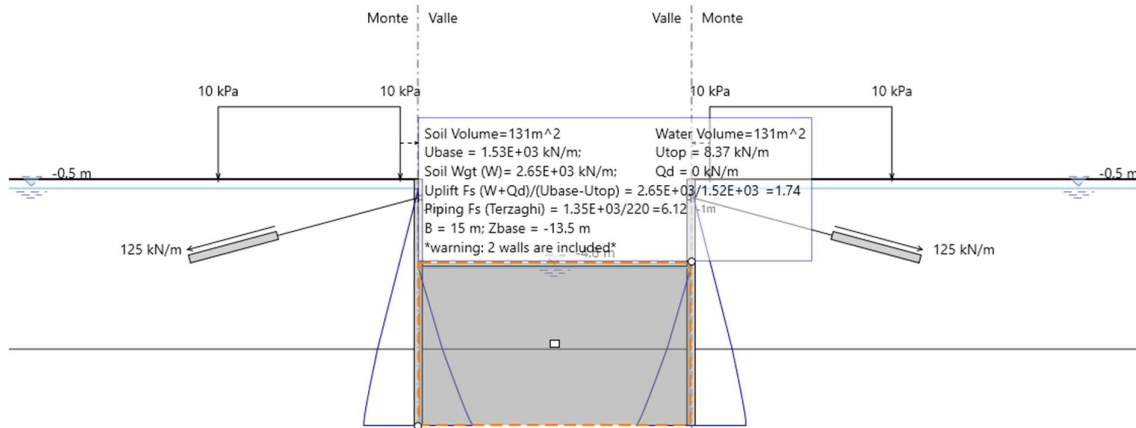


Figura 15 – Verifica a sollevamento

Come evidenziato dall'immagine, il coefficiente di sicurezza a sollevamento è pari a

$$FS_{\text{UPLIFT}} = (W + Q_d) / (U_{\text{base}} - U_{\text{top}}) = 1.74 > FS_{\text{min}} = 1.1/0.9 = 1.22$$

quindi la verifica idraulica risulta soddisfatta.



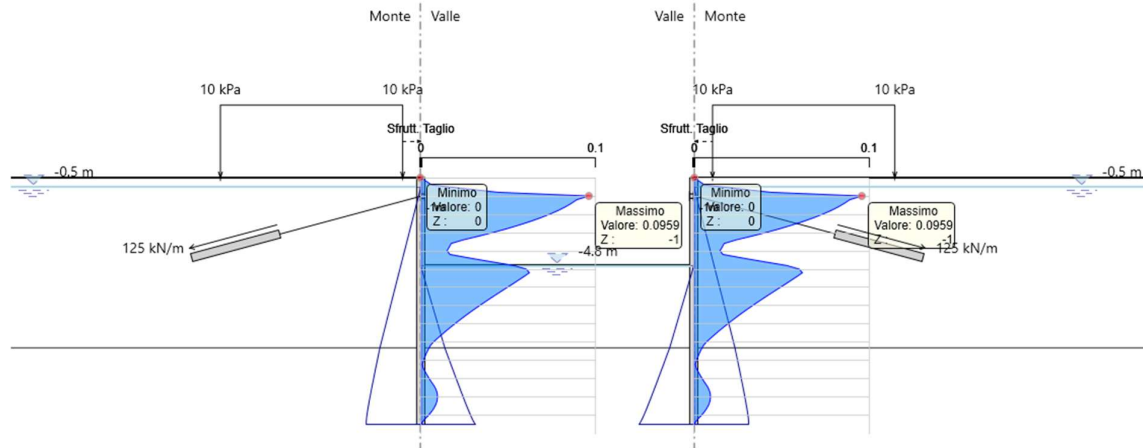


Figura 17 – Diagramma di sfruttamento a taglio (SLU)

Il massimo sfruttamento a taglio della paratia è pari a 0.096.

### Tiranti

Nella tabella sottostante si riporta l'involuppo delle verifiche strutturali e geotecniche dei tiranti.


Involuppo Verifiche tiranti

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Design Assumption
Tirante 1 sx	Scavo 2	417	657	807	0.635	0.516	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 1 dx	Scavo 2	417	657	807	0.635	0.516	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

### Travi di ripartizione

Le travi di ripartizione sono costituite da 2 HEB240.

Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito(kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 1	169	0	0.262	0.271	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 1	169	0	0.262	0.271	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 2	174	0	0.27	0.279	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 2	174	0	0.27	0.279	0

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A


### 9.7 Verifica tappo di fondo in jet-grouting

Sul fondo dello scavo è previsto un tappo costituito da jet-grouting. L'altezza delle colonne sarà pari a:

Dislivello falda	$\Delta h =$	3.98 [m]
Peso specifico jet-grouting	$\gamma_{jt} =$	16 [kN/m <sup>3</sup> ]
Coefficiente di sicurezza minimo	$F_{smin} =$	1.222 [-]
Altezza colonne jet-grouting	$a =$	<b>3.04</b> [m]

in cui è stato considerato come minimo coefficiente di sicurezza il rapporto tra i coefficienti parziali delle azioni (coefficiente "sfavorevole" per la sottospinta della falda e coefficiente "favorevole" per il peso del jet-grouting), ovvero:

$$FS_{min} = 1.1 / 0.9 = 1.222$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

## 10 PALANCOLA TIPO 2

Le analisi sono state eseguite nelle sole condizioni statiche, trattandosi di opere a carattere provvisoriale.

### 10.1 Fasi di calcolo

L'analisi si compone complessivamente di 7 fasi di calcolo:

- 1) Ricostruzione dello stato tensionale
- 2) Attivazione palancole, carichi accidentali ( $q=10$  kPa)
- 3) Scavo 1.5 m
- 4) Inserimento 1° livello di tiranti
- 5) Scavo di 4.5 m
- 6) Inserimento 2° livello di tiranti
- 7) Scavo di 7.8 m (sovrascavo di calcolo)



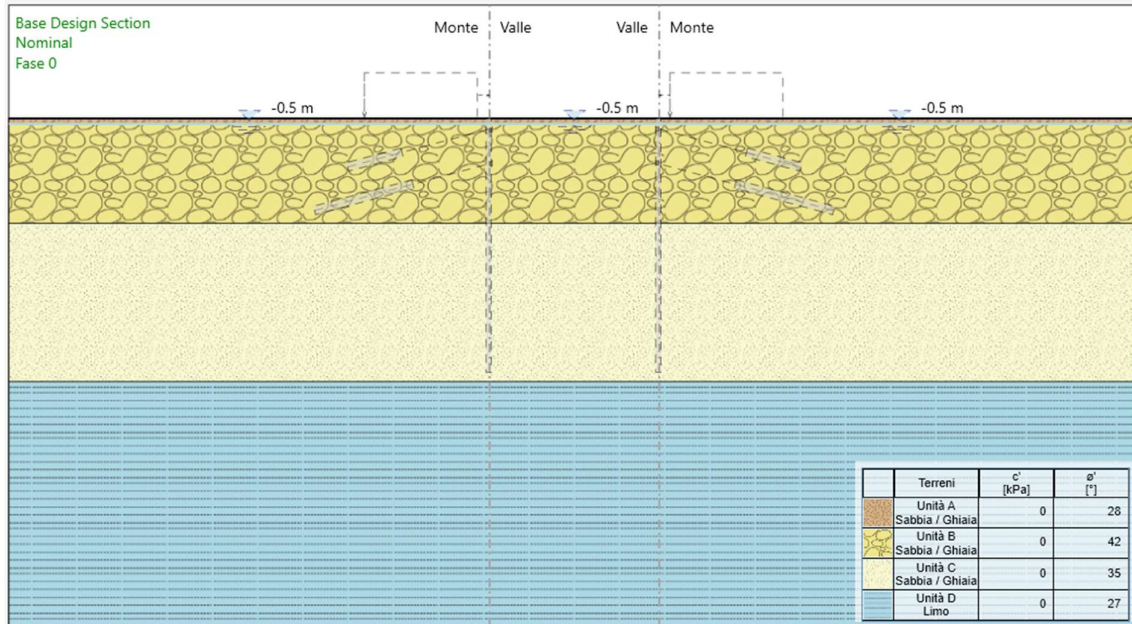


Figura 18 – Fase 1

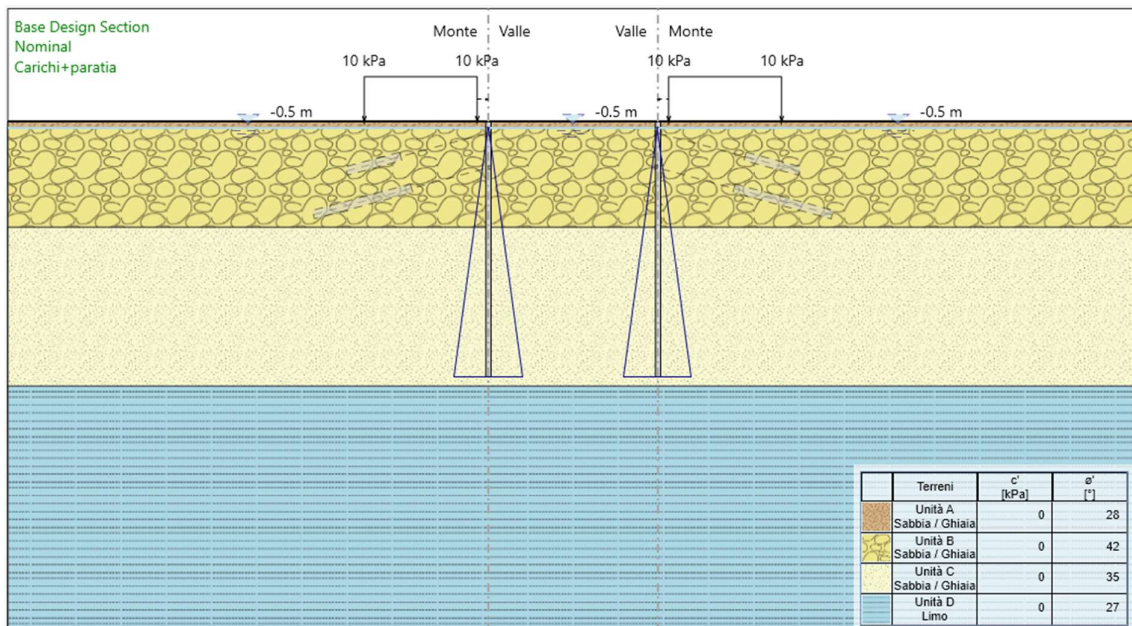


Figura 19 – Fase 2

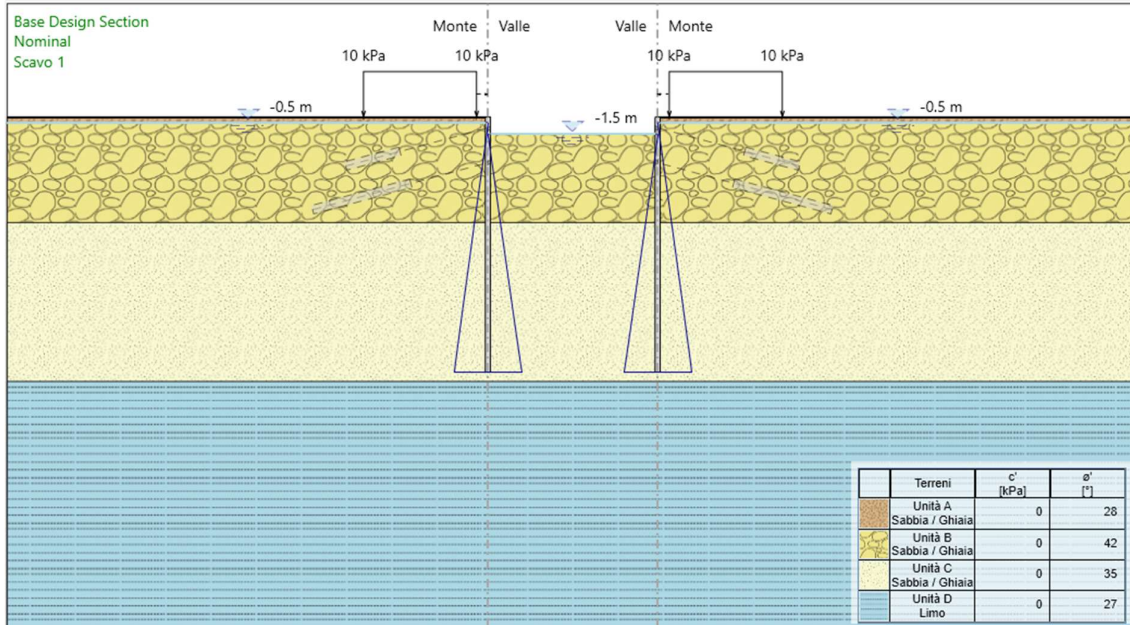


Figura 20 – Fase 3

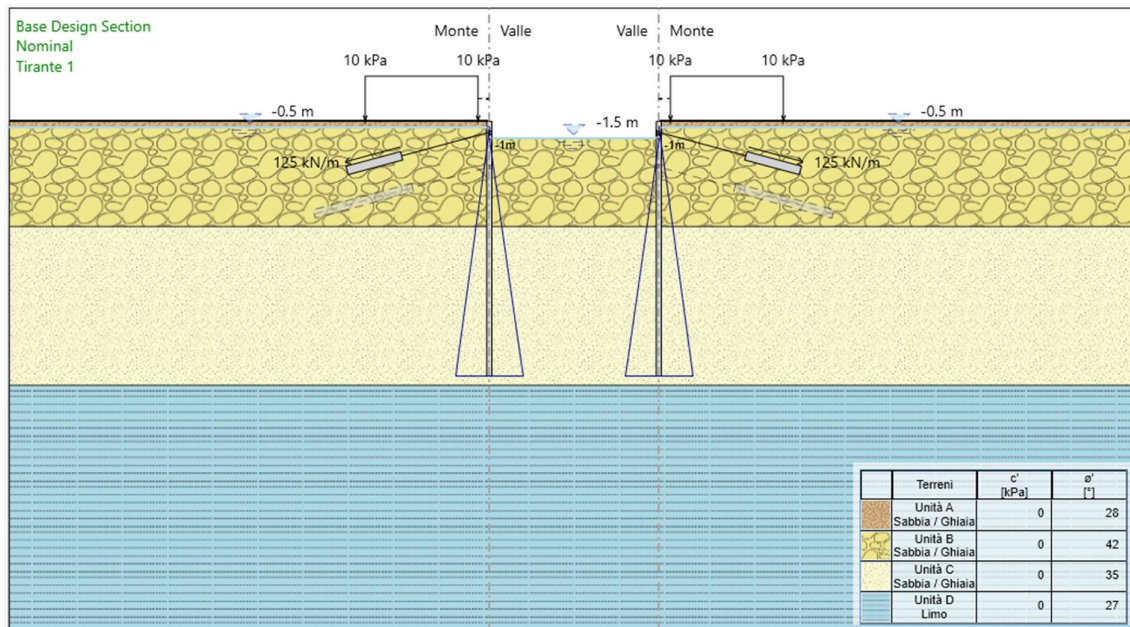


Figura 21 – Fase 4



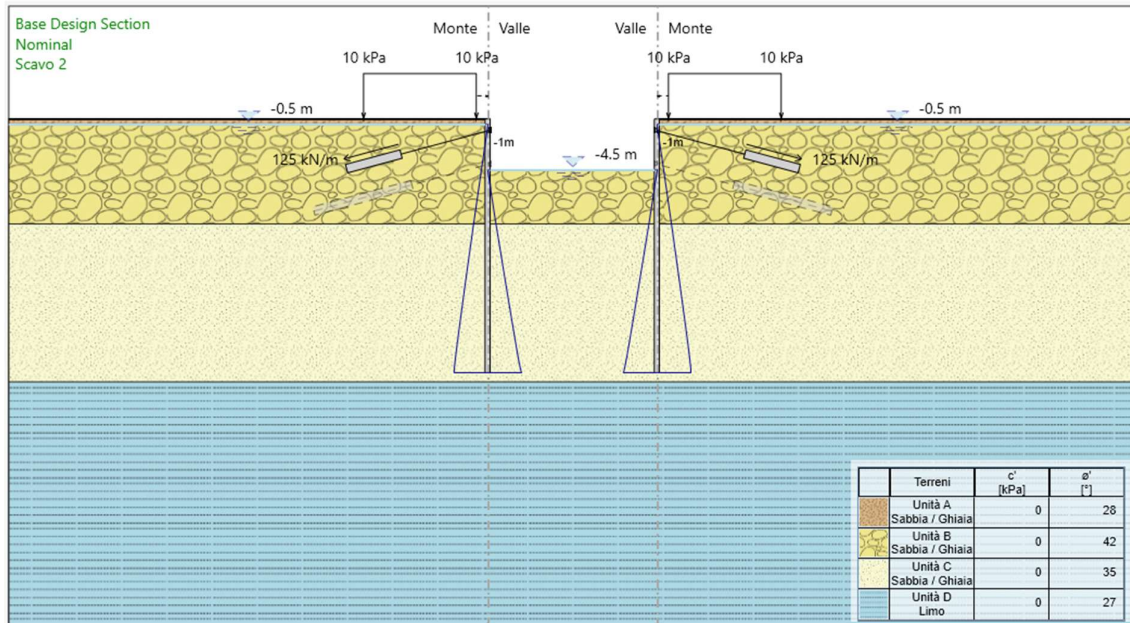


Figura 22 – Fase 5

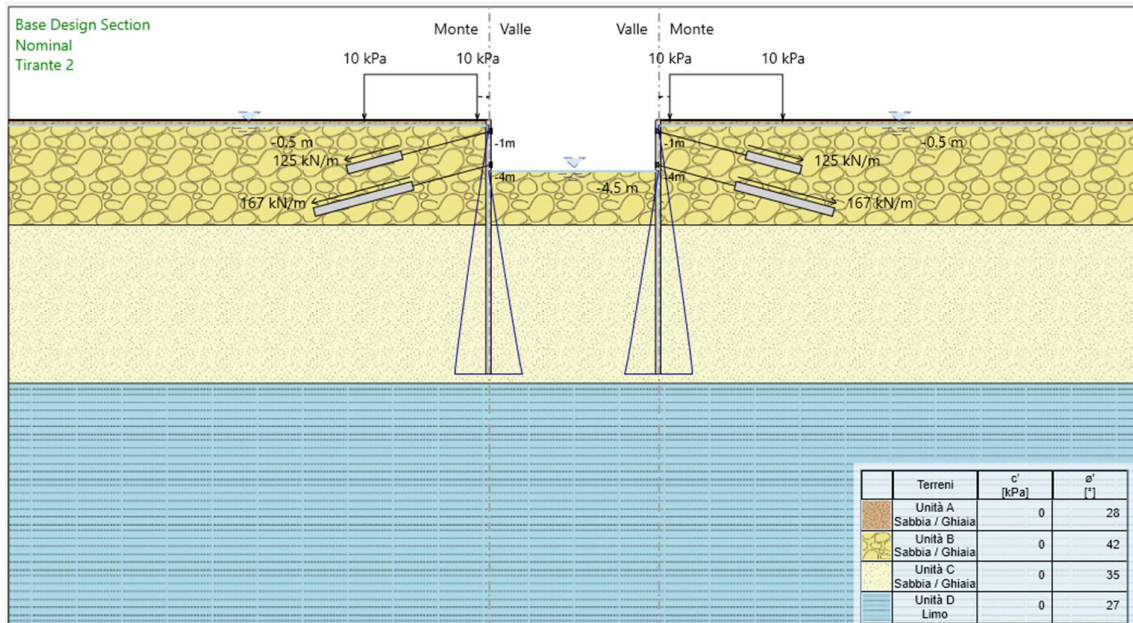


Figura 23 – Fase 6

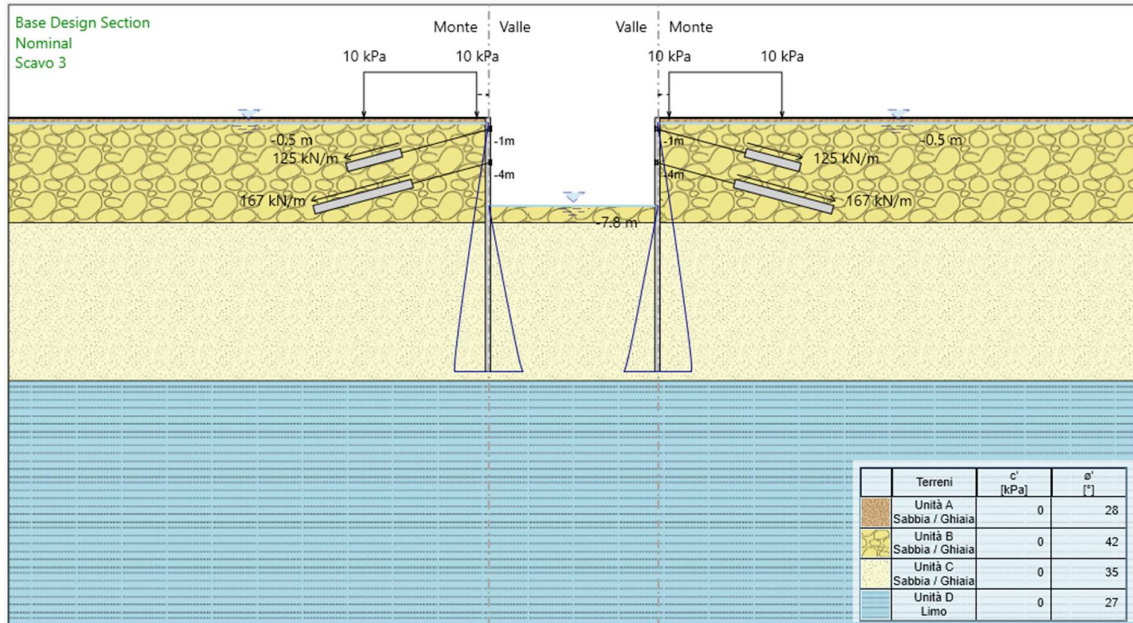


Figura 24 – Fase 7

## 10.2 Spostamenti orizzontali (Inviluppo SLE)

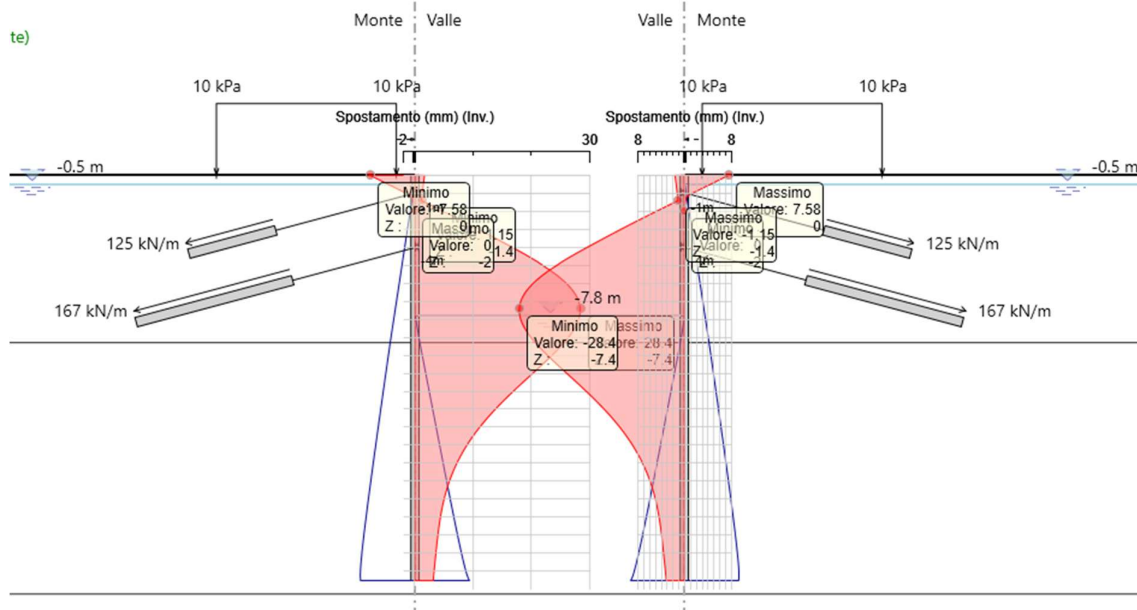


Figura 25 – Inviluppo spostamenti orizzontali SLE

Il massimo spostamento orizzontale SLE è pari a 28.4 mm e si ottiene alla profondità di 7.4 m dalla testa della paratia.

### 10.3 Sollecitazioni (Inviluppo SLU)

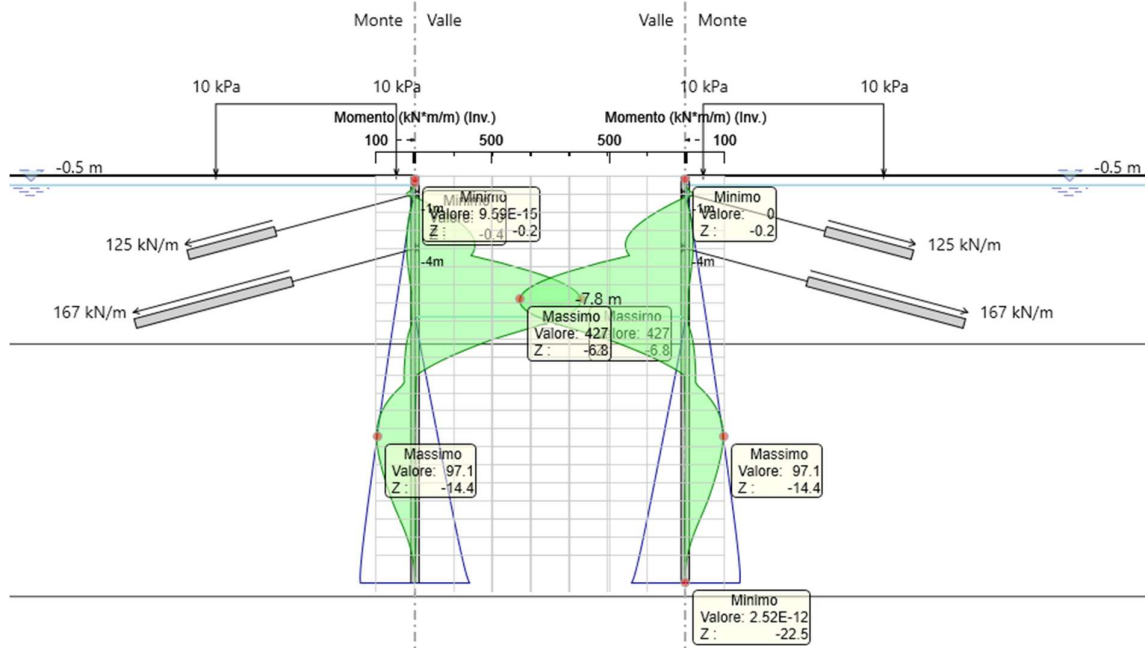


Figura 26 – Inviluppo momento flettente SLU

Il massimo momento flettente SLU è pari a 427 kNm/m e si ottiene alla profondità di 6.8 m dalla testa della paratia.

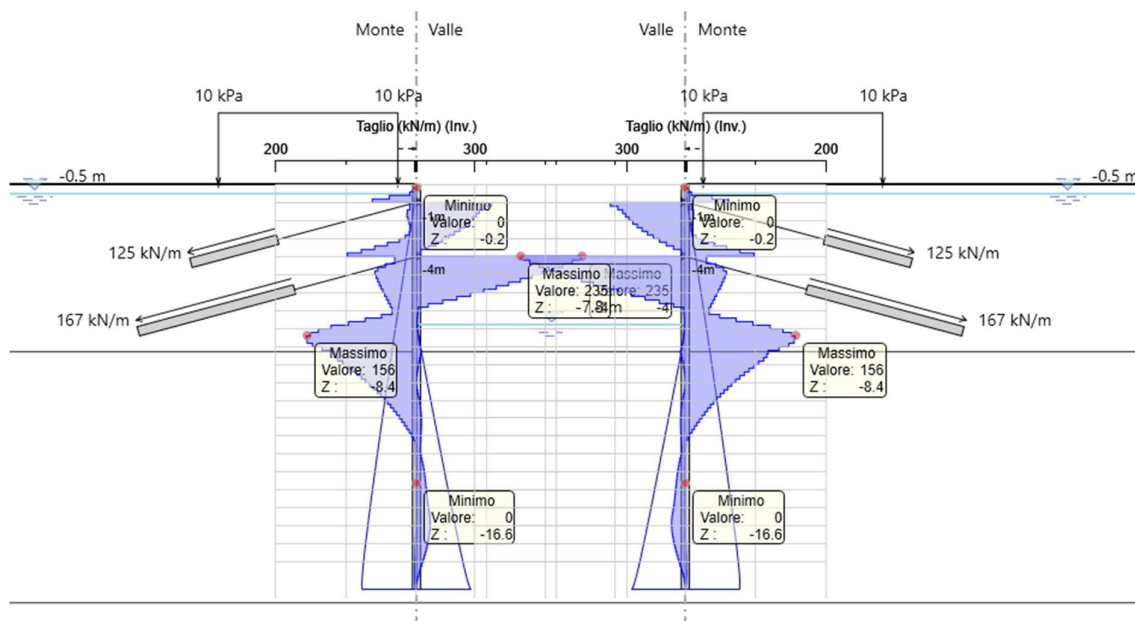


Figura 27 – Involuppo taglio SLU

Il massimo taglio SLU è pari a 235 kN/m e si ottiene alla profondità di 4 m dalla testa della paratia.

#### 10.4 Verifiche geotecniche

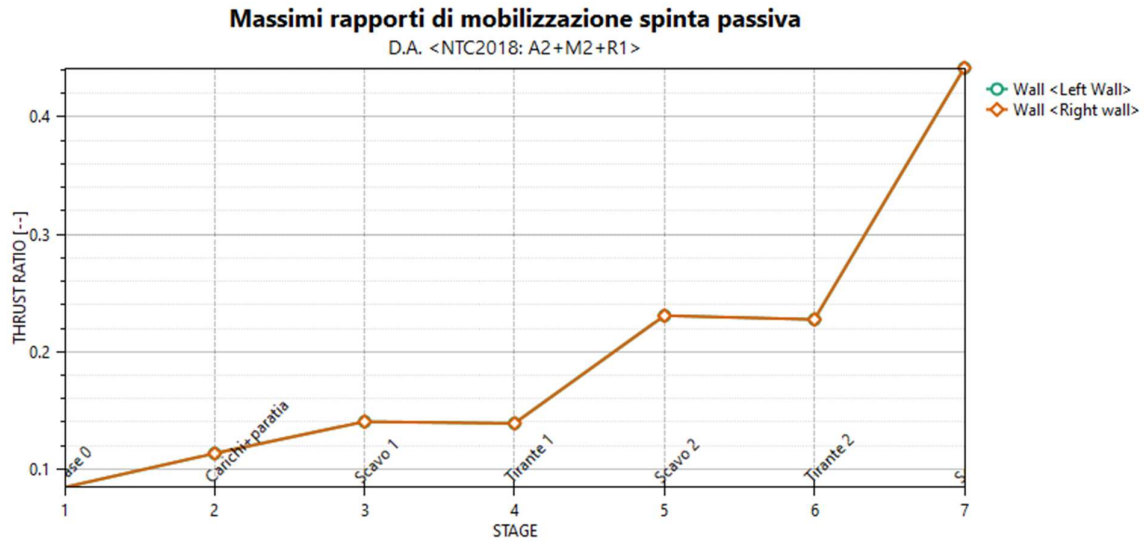
Le verifiche geotecniche sono effettuate seguendo l'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R1).

Per valutare la capacità geotecnica della struttura il programma fornisce per via diretta il raggiungimento di un risultato di convergenza nel modello. Quando tale situazione si presenta è possibile ritenere soddisfatta automaticamente la condizione di equilibrio attorno a un punto di rotazione.

Un modo indiretto per valutare la capacità geotecnica della struttura, consiste nel valutare la percentuale di mobilitazione della spinta passiva relativa al tratto infisso di paratia. L'entità di tale rapporto permette di valutare il livello di sfruttamento geotecnico della struttura rispetto le condizioni



limite. Naturalmente tale rapporto deve essere minore o uguale all'unità, affinché non sia violato il criterio di resistenza della struttura.



Per la sezione di riferimento il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari a 0.442.



## 10.5 Verifiche idrauliche

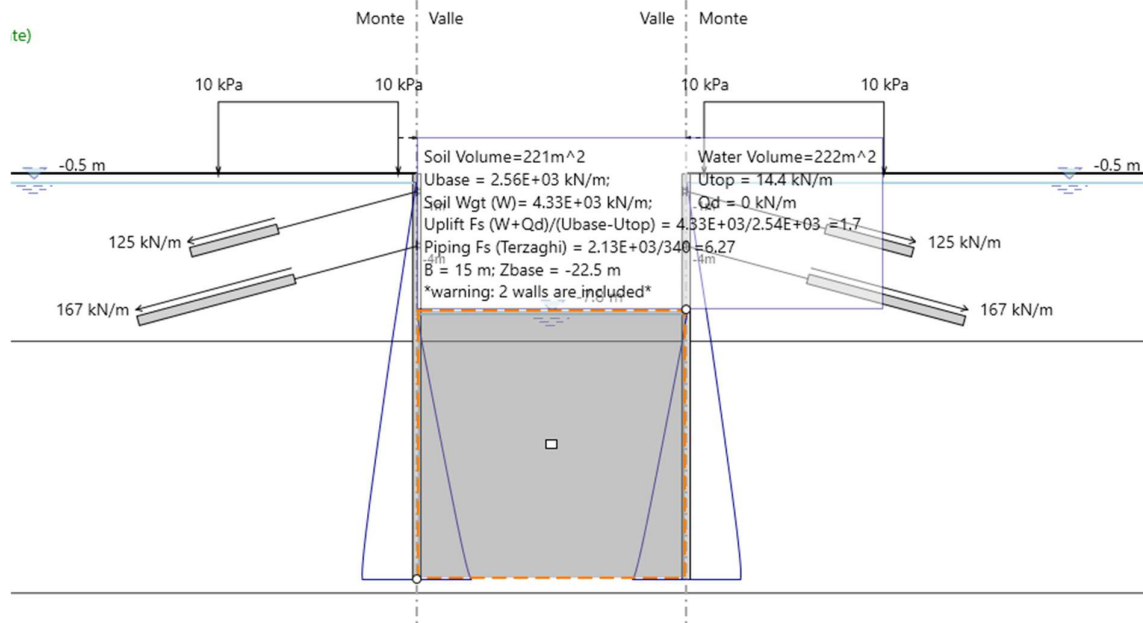


Figura 28 – Verifica a sollevamento

Come evidenziato dall'immagine, il coefficiente di sicurezza a sollevamento è pari a

$$FS_{\text{UPLIFT}} = (W + Q_d) / (U_{\text{base}} - U_{\text{top}}) = 1.70 > FS_{\text{min}} = 1.1/0.9 = 1.22$$

quindi la verifica idraulica risulta soddisfatta.

## 10.6 Verifiche strutturali

### Palancola

La palancola ha un profilo tipo Larssen L607k avente le seguenti caratteristiche:

- Area, A                                    244 cm<sup>2</sup>/m
- Momento d'inerzia, J                 70'030 cm<sup>4</sup>/m
- Modulo di resistenza, W            3'220 cm<sup>3</sup>/m

Nelle seguenti immagini sono riportati gli involuipi SLU dello sfruttamento della sezione.

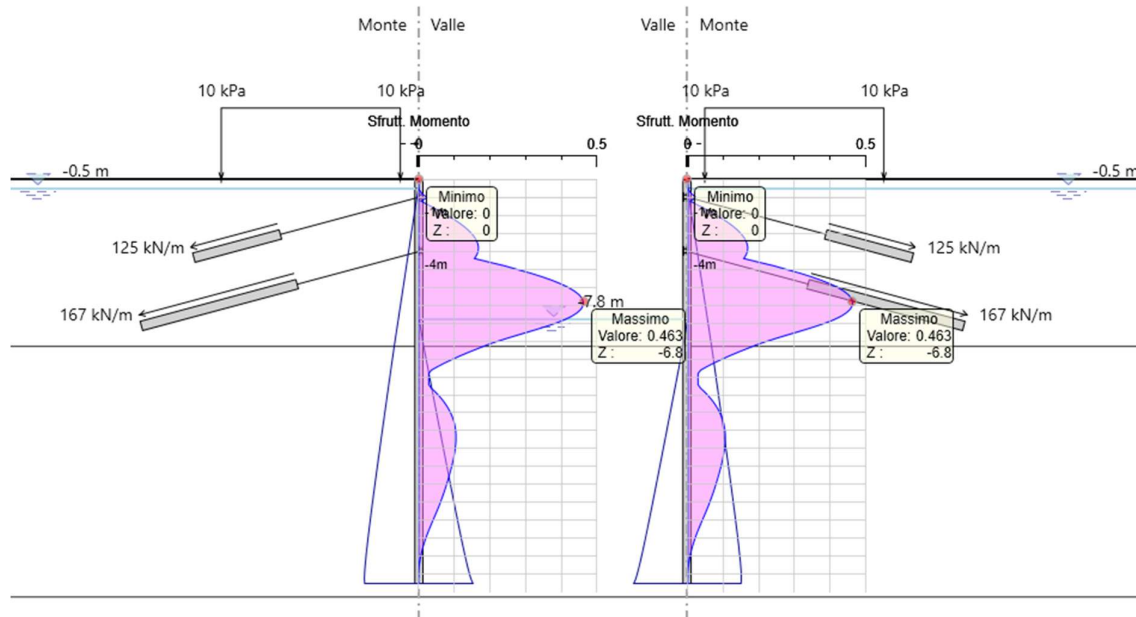


Figura 29 – Diagramma di sfruttamento a momento flettente (SLU)

Il massimo sfruttamento a flessione della paratia è pari a 0.463.

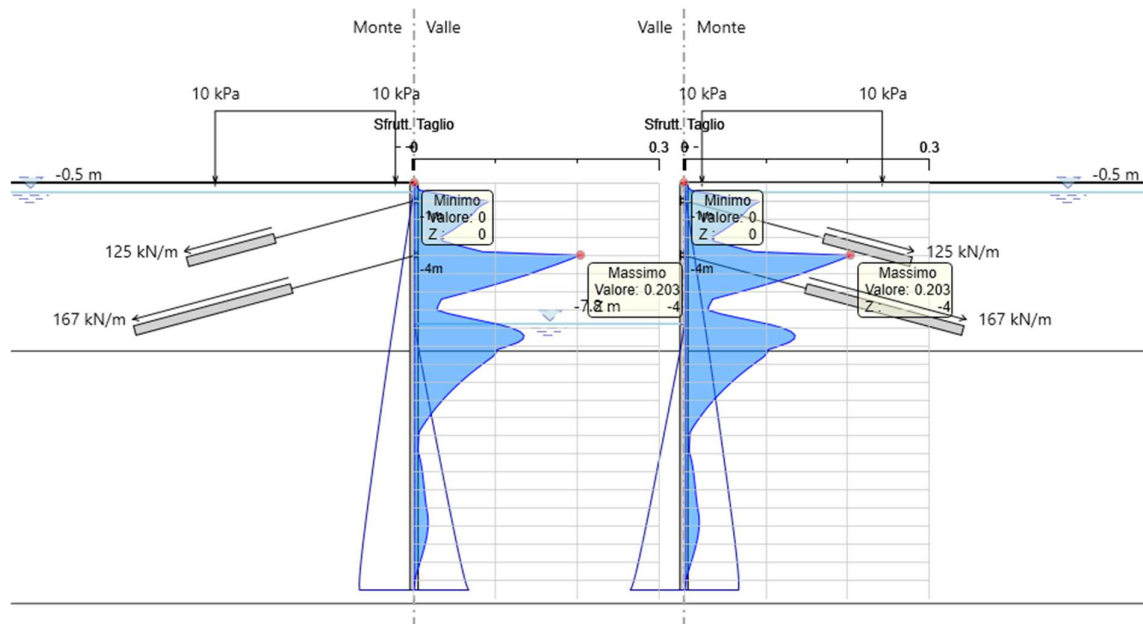


Figura 30 – Diagramma di sfruttamento a taglio (SLU)

Il massimo sfruttamento a taglio della paratia è pari a 0.203.

### Tiranti

Nella tabella sottostante si riporta l'involuppo delle verifiche strutturali e geotecniche dei tiranti.

Involuppo Verifiche tiranti

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Design Assumption
Tirante 1 sx	Scavo 2	412	657	807	0.628	0.511	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 1 dx	Scavo 2	412	657	807	0.628	0.511	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 2 sx	Scavo 3	709	1.18E+03	1.21E+03	0.6	0.586	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 2 dx	Scavo 3	709	1.18E+03	1.21E+03	0.6	0.586	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

### Travi di ripartizione

Le travi di ripartizione sono costituite da 2 HEB240.

Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito(kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 1	169	0	0.262	0.271	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 1	169	0	0.262	0.271	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 2	172	0	0.267	0.276	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 2	172	0	0.267	0.276	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	171	0	0.265	0.274	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	171	0	0.265	0.274	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	225	0	0.35	0.361	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	225	0	0.35	0.361	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	165	0	0.256	0.264	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	165	0	0.256	0.264	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	296	0	0.459	0.474	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	296	0	0.459	0.474	0


## 10.7 Verifica tappo di fondo in jet-grouting

Sul fondo dello scavo è previsto un tappo costituito da jet-grouting. L'altezza delle colonne sarà pari a:

Dislivello falda	$\Delta h =$	6.95 [m]
Peso specifico jet-grouting	$\gamma_{jt} =$	16 [kN/m <sup>3</sup> ]
Coefficiente di sicurezza minimo	$F_{smin} =$	1.222 [-]
Altezza colonne jet-grouting	$a =$	5.31 [m]

in cui è stato considerato come minimo coefficiente di sicurezza il rapporto tra i coefficienti parziali delle azioni (coefficiente "sfavorevole" per la sottospinta della falda e coefficiente "favorevole" per il peso del jet-grouting), ovvero:

$$F_{Smin} = 1.1 / 0.9 = 1.222$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

## 11 PALANCOLA TIPO 3

Le analisi sono state eseguite nelle sole condizioni statiche, trattandosi di opere a carattere provvisoriale.

### 11.1 Fasi di calcolo

L'analisi si compone complessivamente di 9 fasi di calcolo:

- 1) Ricostruzione dello stato tensionale
- 2) Attivazione palancole, carichi accidentali ( $q=10$  kPa)
- 3) Scavo 1.5 m
- 4) Inserimento 1° livello di tiranti
- 5) Scavo di 4.5 m
- 6) Inserimento 2° livello di tiranti
- 7) Scavo di 7.5 m
- 8) Inserimento 3° livello di tiranti
- 9) Scavo di 9.7 m (sovrascavo di calcolo)

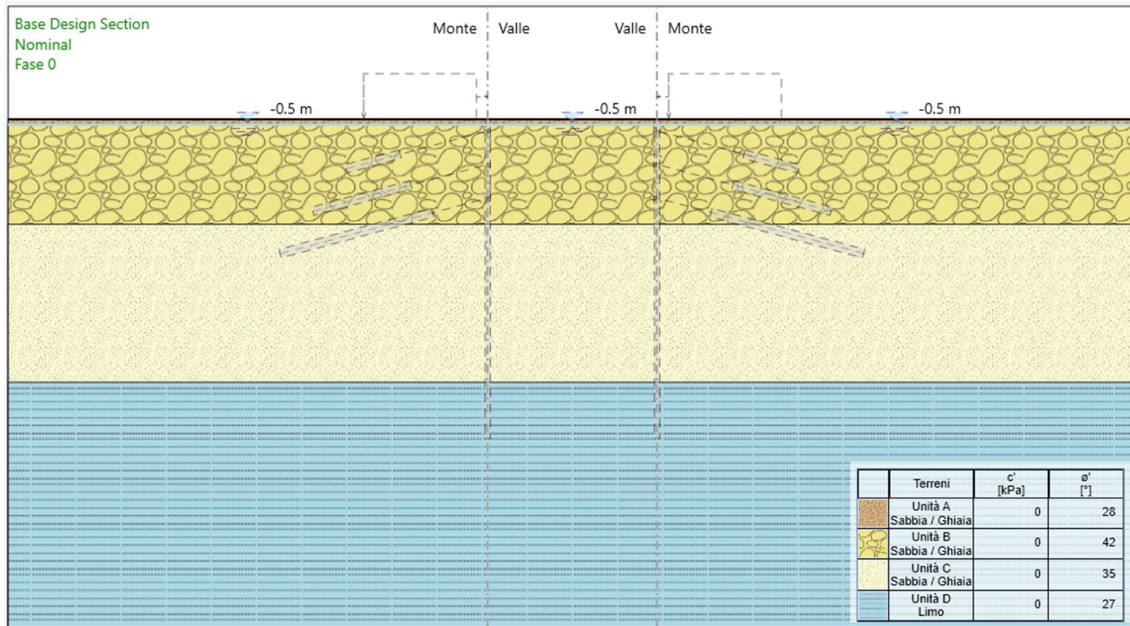


Figura 31 – Fase 1

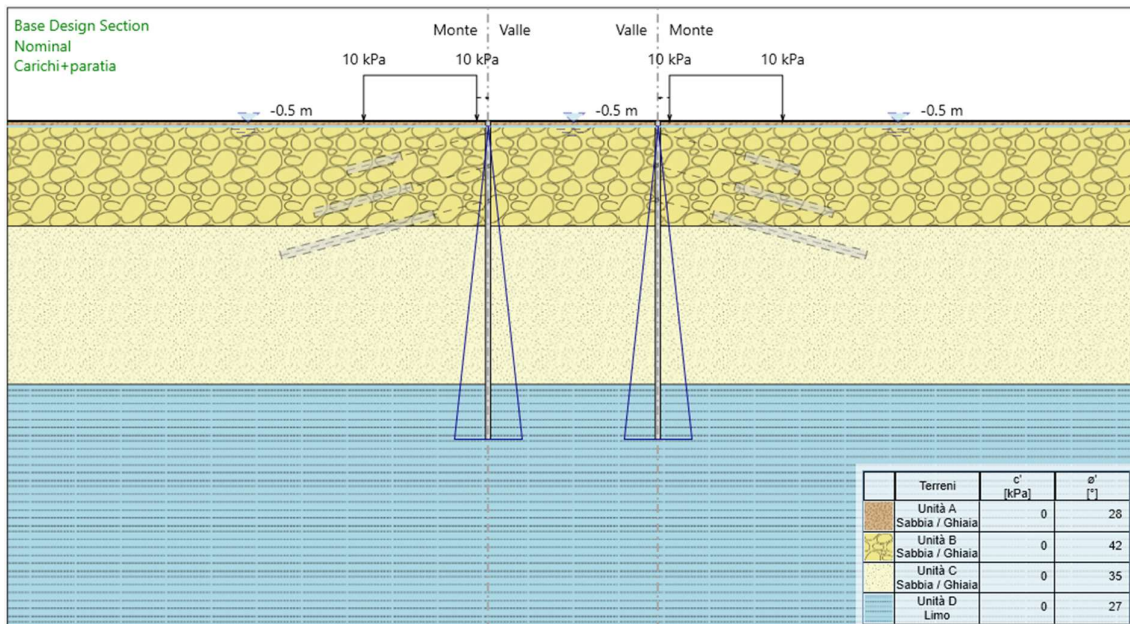


Figura 32 – Fase 2



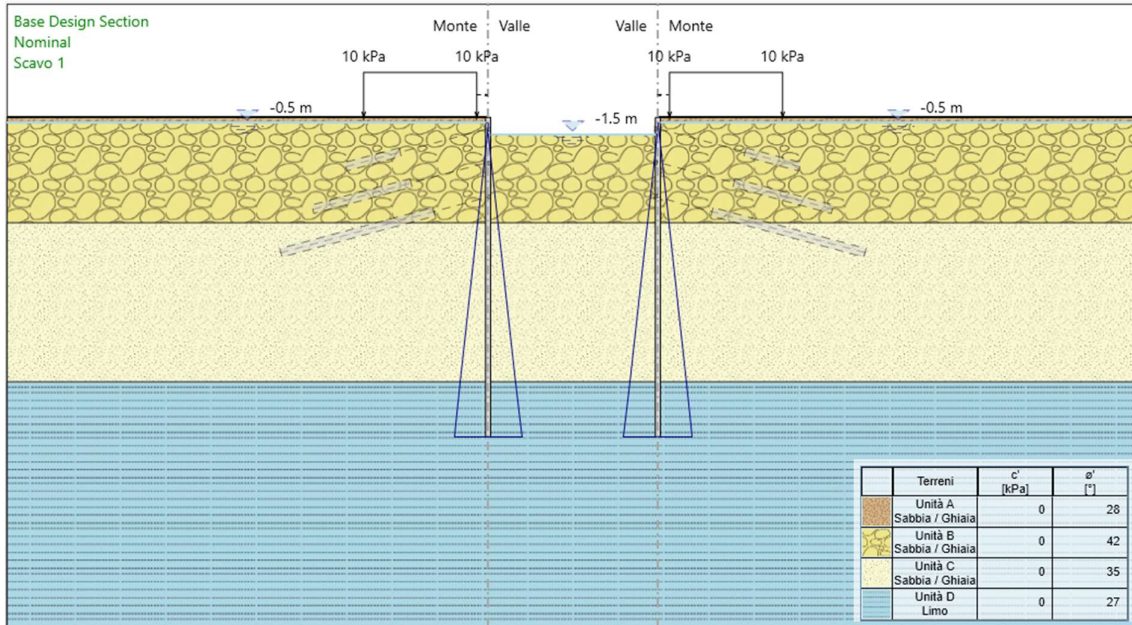


Figura 33 – Fase 3

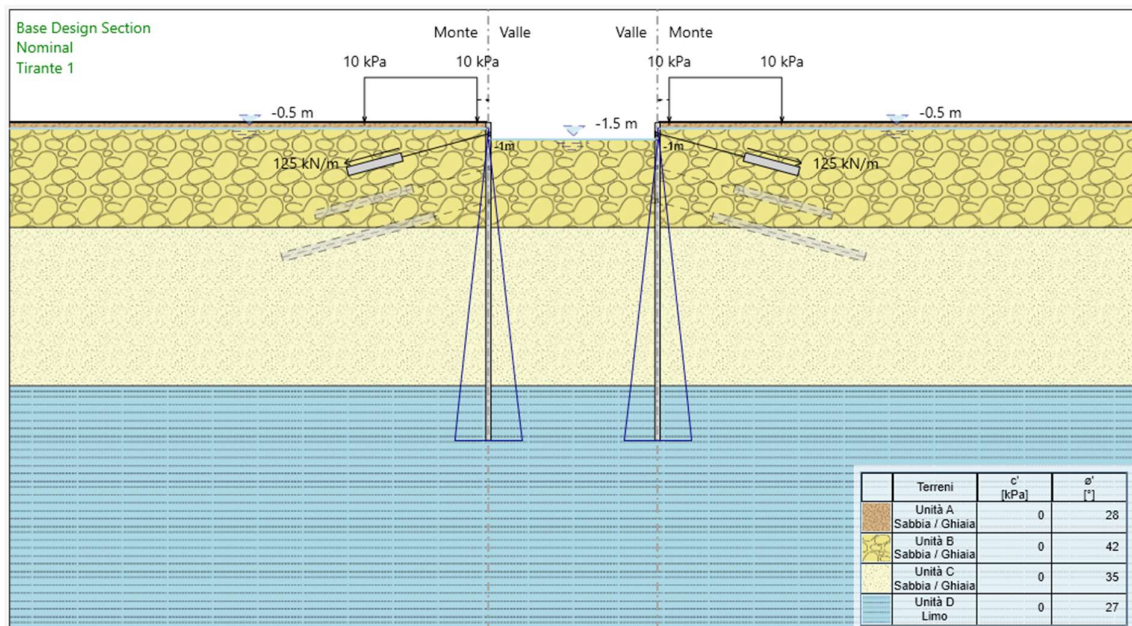


Figura 34 – Fase 4

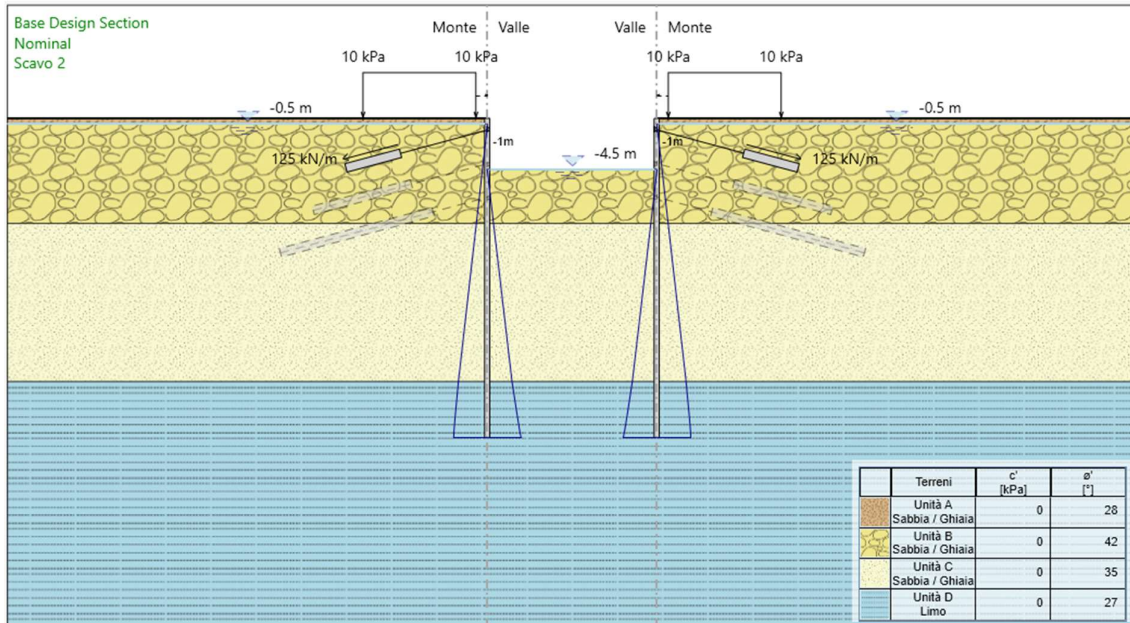


Figura 35 – Fase 5

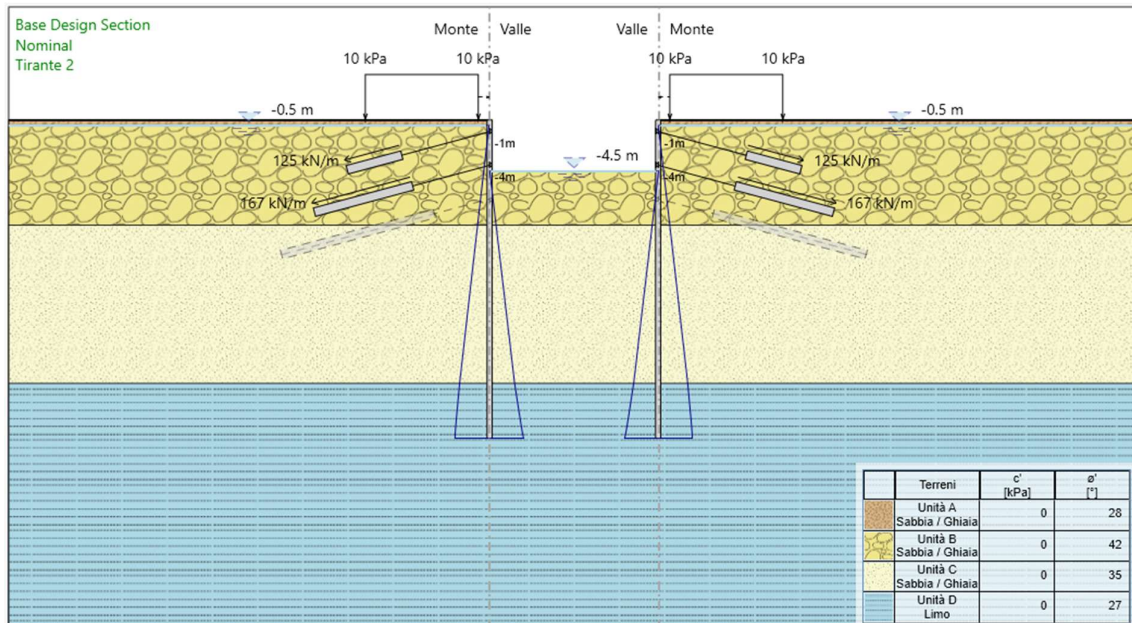


Figura 36 – Fase 6



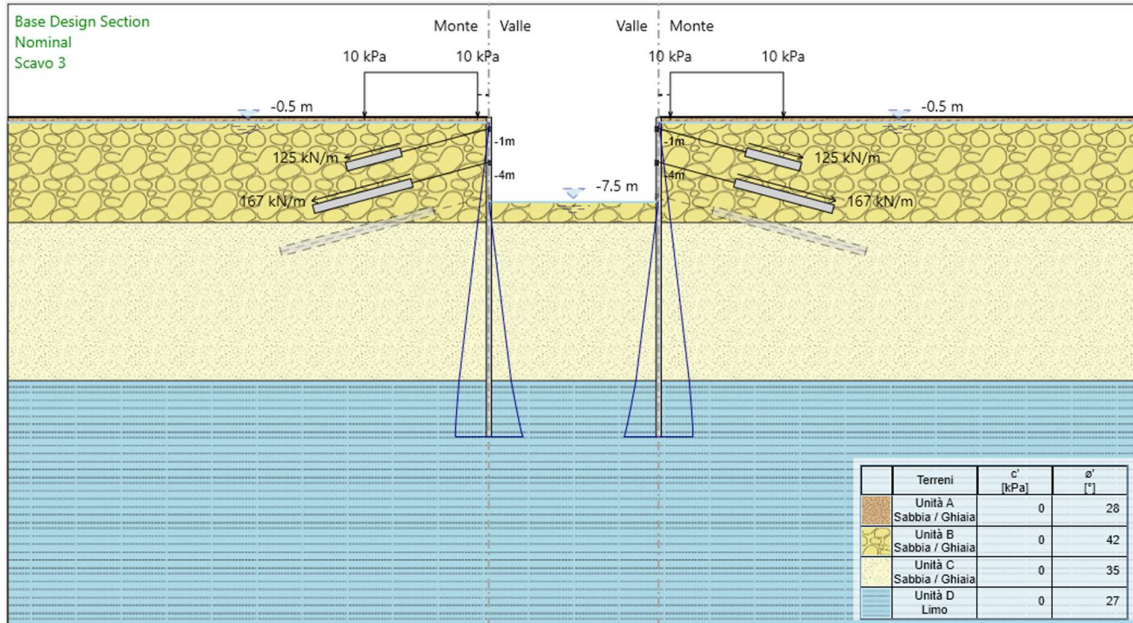


Figura 37 – Fase 7

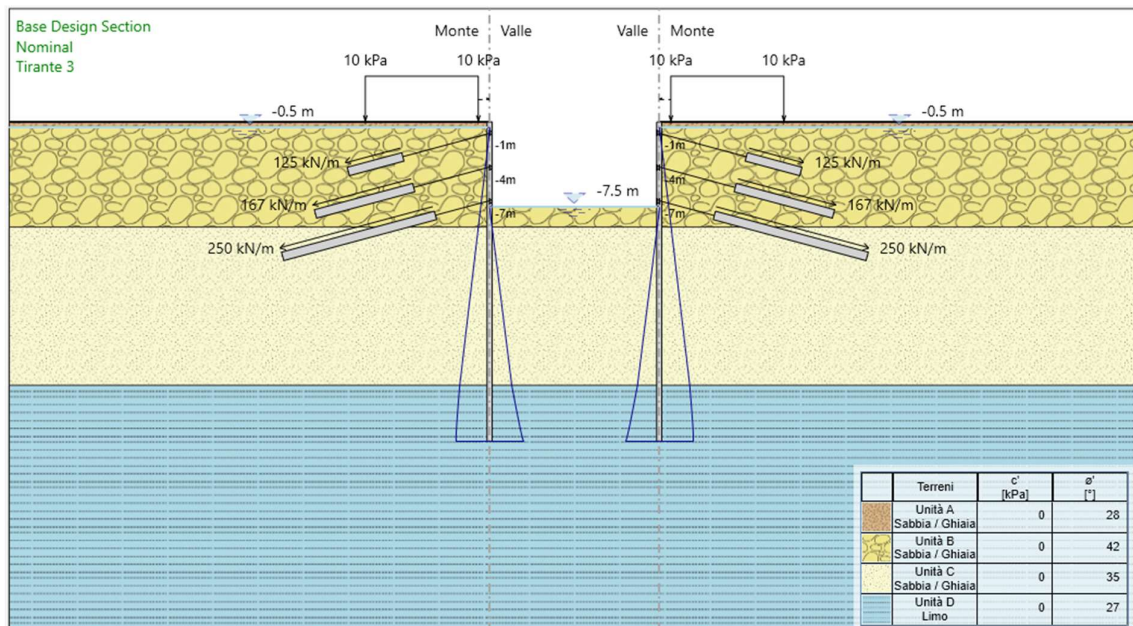


Figura 38 – Fase 8

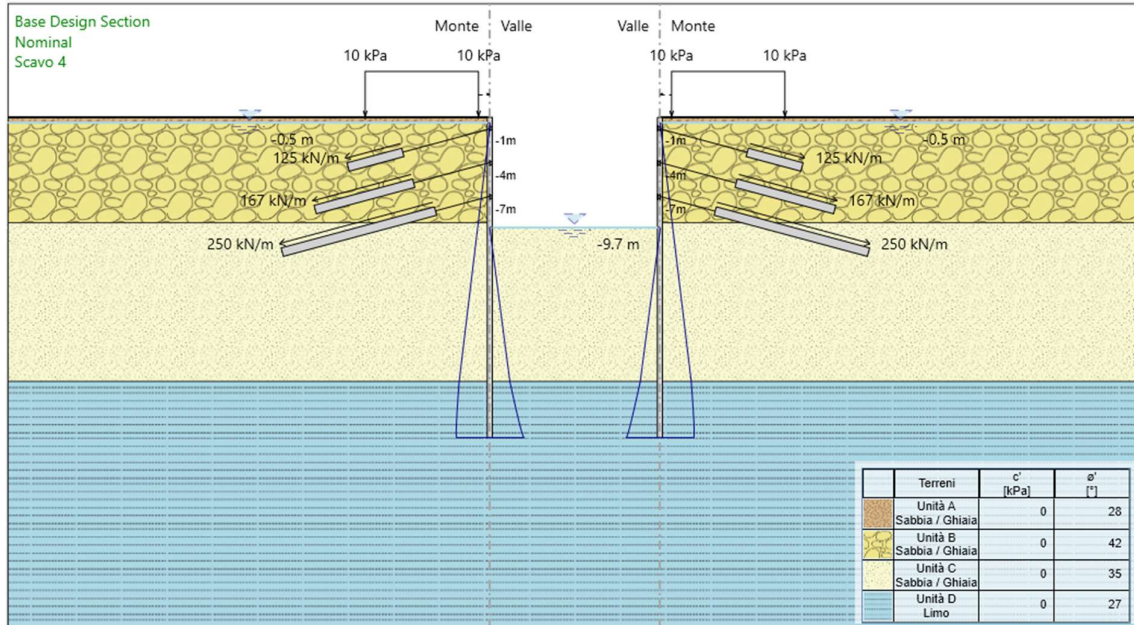


Figura 39 – Fase 9

## 11.2 Spostamenti orizzontali (Inviluppo SLE)

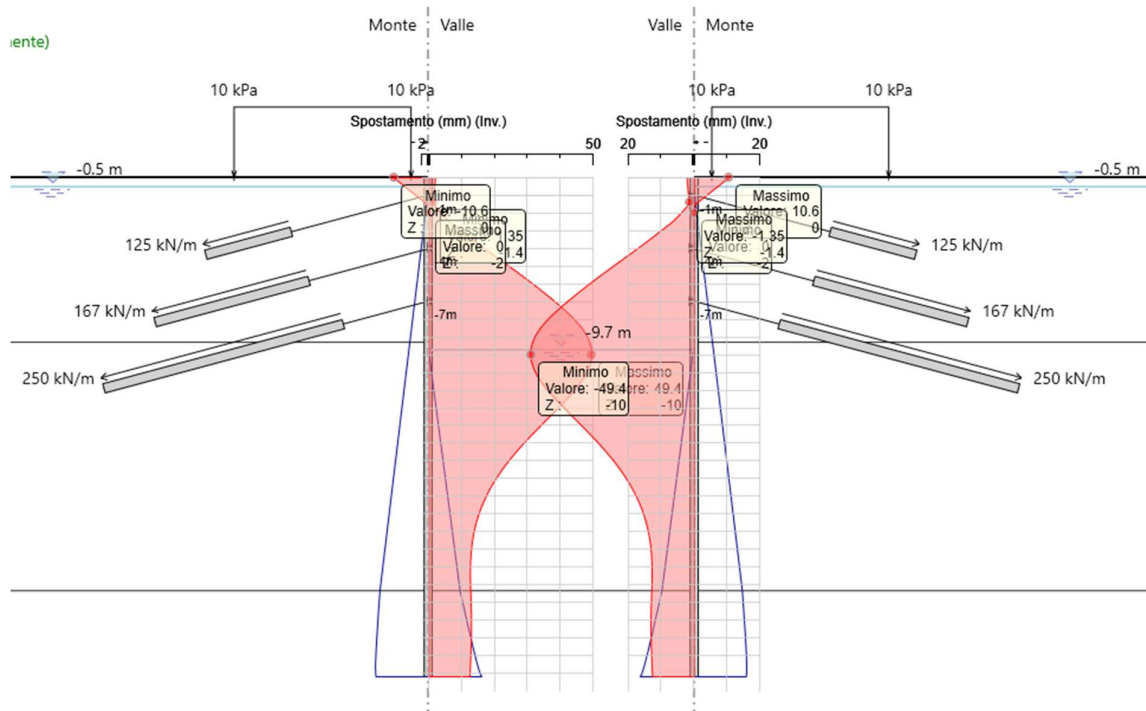


Figura 40 – Inviluppo spostamenti orizzontali SLE

Il massimo spostamento orizzontale SLE è pari a 49.4 mm e si ottiene alla profondità di 10.0 m dalla testa della paratia.

### 11.3 Sollecitazioni (Inviluppo SLU)

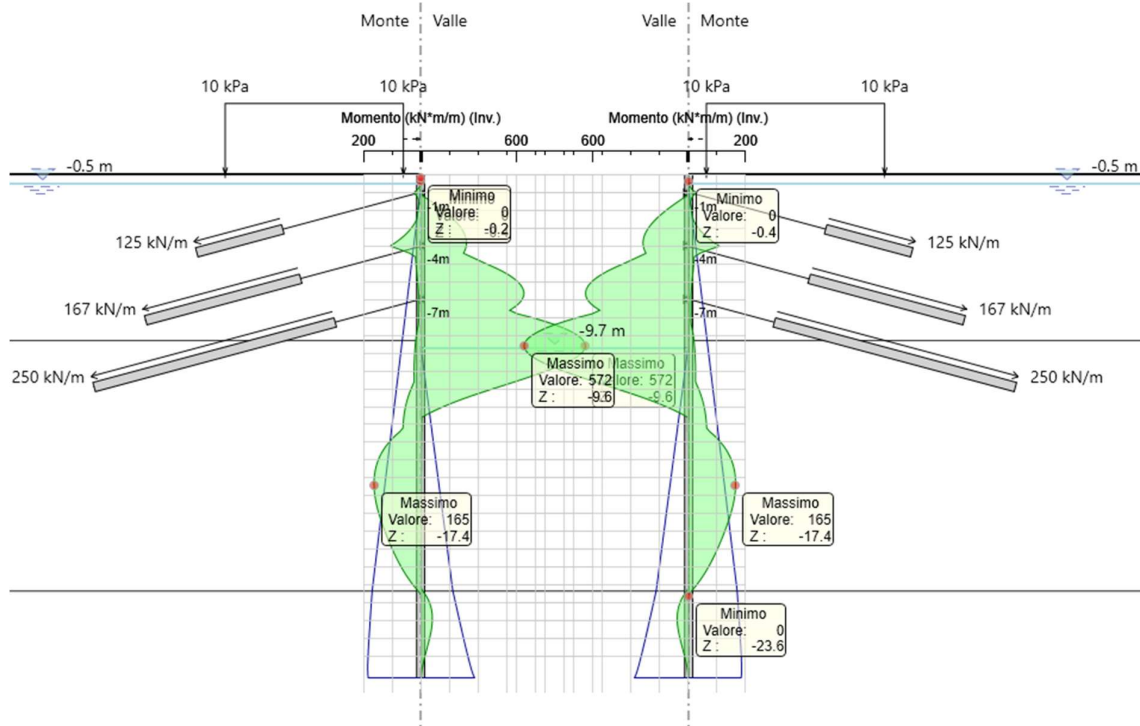


Figura 41 – Inviluppo momento flettente SLU

Il massimo momento flettente SLU è pari a 572 kNm/m e si ottiene alla profondità di 9.6 m dalla testa della paratia.

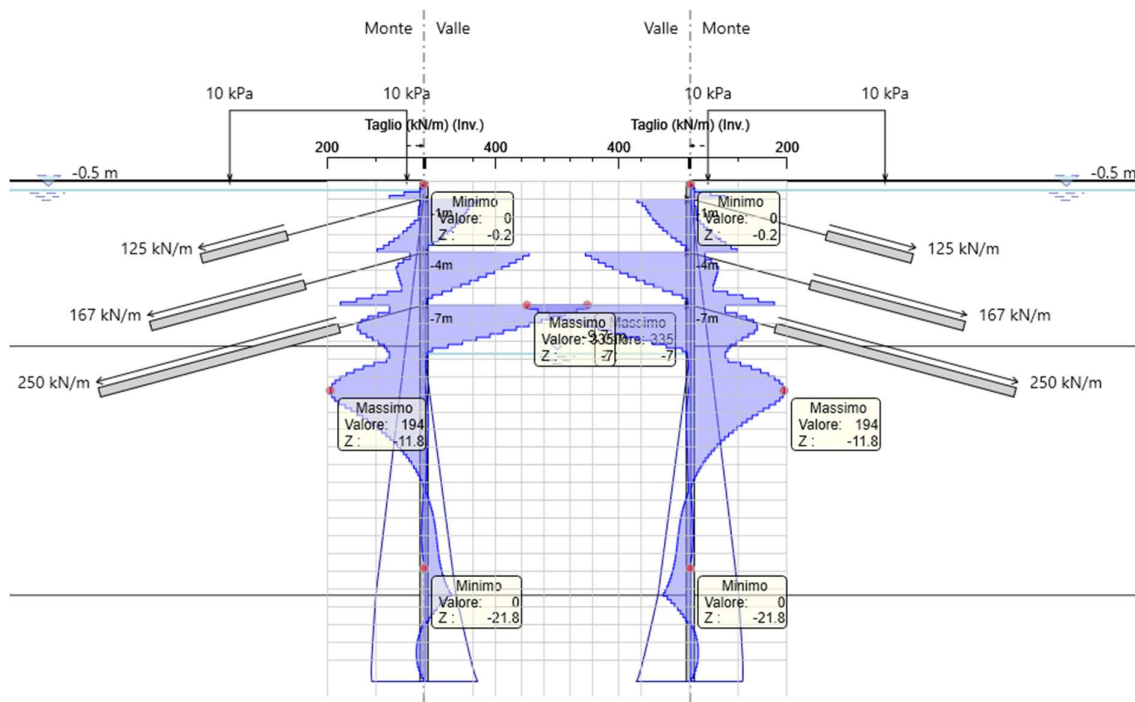


Figura 42 – Involuppo taglio SLU

Il massimo taglio SLU è pari a 335 kN/m e si ottiene alla profondità di 7 m dalla testa della paratia.

#### 11.4 Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono effettuate seguendo l'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R1).

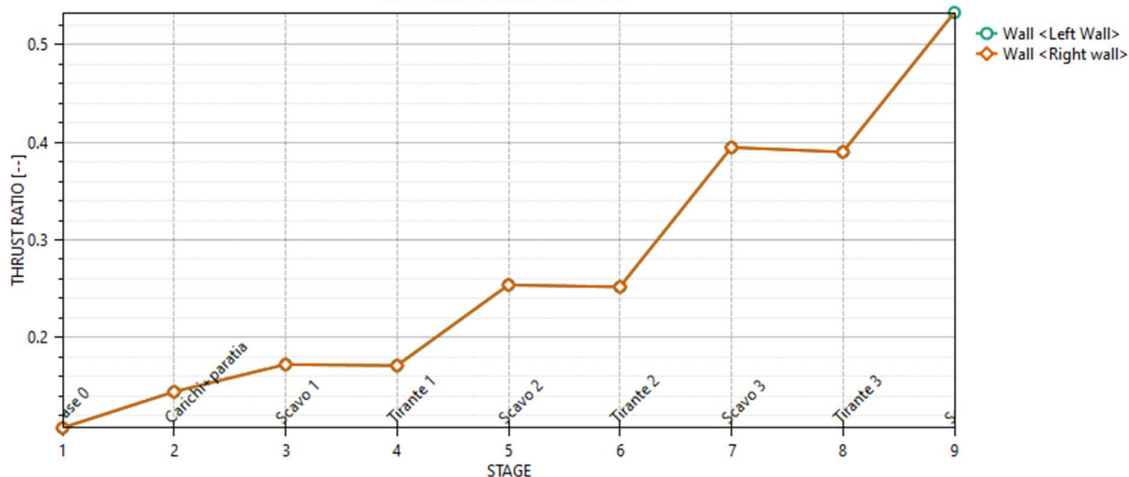
Per valutare la capacità geotecnica della struttura il programma fornisce per via diretta il raggiungimento di un risultato di convergenza nel modello. Quando tale situazione si presenta è possibile ritenere soddisfatta automaticamente la condizione di equilibrio attorno a un punto di rotazione.



Un modo indiretto per valutare la capacità geotecnica della struttura, consiste nel valutare la percentuale di mobilitazione della spinta passiva relativa al tratto infisso di paratia. L'entità di tale rapporto permette di valutare il livello di sfruttamento geotecnico della struttura rispetto le condizioni limite. Naturalmente tale rapporto deve essere minore o uguale all'unità, affinché non sia violato il criterio di resistenza della struttura.

### Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

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



Per la sezione di riferimento il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari a 0.533.

## 11.5 Verifiche idrauliche

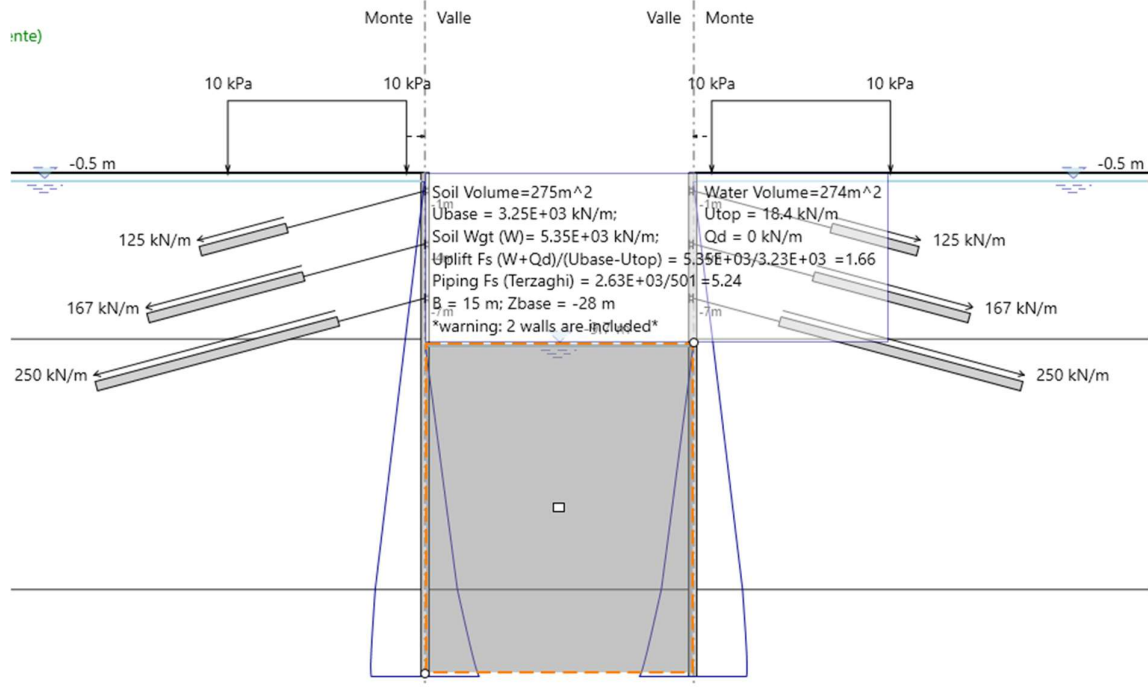


Figura 43 – Verifica a sollevamento

Come evidenziato dall'immagine, il coefficiente di sicurezza a sollevamento è pari a

$$FS_{\text{UPLIFT}} = (W + Q_d) / (U_{\text{base}} - U_{\text{top}}) = 1.66 > FS_{\text{min}} = 1.1/0.9 = 1.22$$

quindi la verifica idraulica risulta soddisfatta.

## 11.6 Verifiche strutturali

### Palanca

La palanca ha un profilo tipo Larssen L607k avente le seguenti caratteristiche:

- Area, A                                    244 cm<sup>2</sup>/m
- Momento d'inerzia, J                70'030 cm<sup>4</sup>/m
- Modulo di resistenza, W            3'220 cm<sup>3</sup>/m

Nelle seguenti immagini sono riportati gli involuipi SLU dello sfruttamento della sezione.

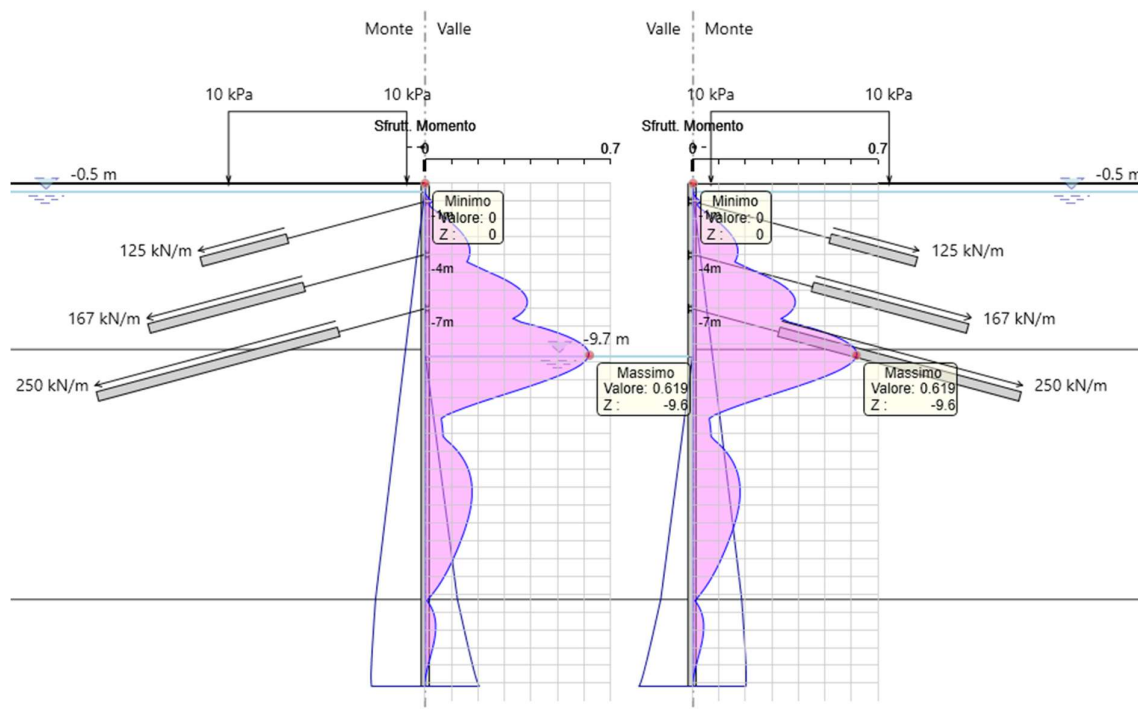


Figura 44 – Diagramma di sfruttamento a momento flettente (SLU)

Il massimo sfruttamento a flessione della paratia è pari a 0.619.



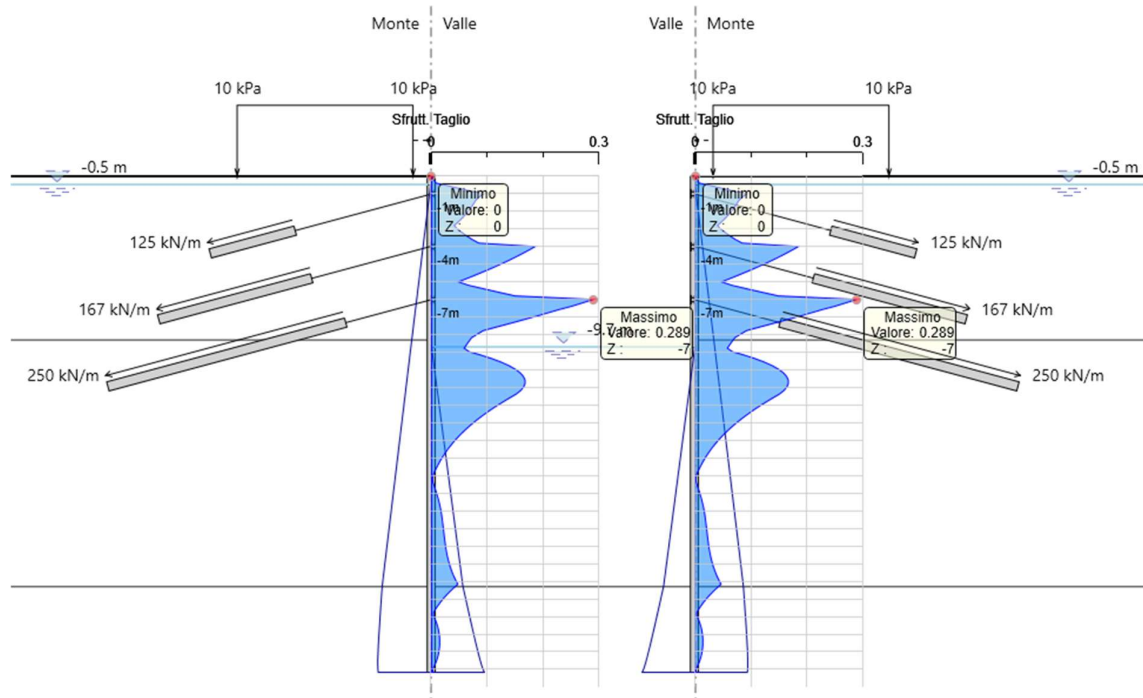


Figura 45 – Diagramma di sfruttamento a taglio (SLU)

Il massimo sfruttamento a taglio della paratia è pari a 0.289.

### Tiranti

Nella tabella sottostante si riporta l'inviluppo delle verifiche strutturali e geotecniche dei tiranti.

Inviluppo Verifiche tiranti

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Design Assumption
Tirante 1 sx	Scavo 2	412	657	807	0.627	0.51	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 1 dx	Scavo 2	412	657	807	0.627	0.51	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 2 sx	Scavo 4	711	1.18E+03	1.21E+03	0.602	0.587	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 2 dx	Scavo 4	711	1.18E+03	1.21E+03	0.602	0.587	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 3 sx	Scavo 4	1.04E+03	1.37E+03	1.41E+03	0.762	0.739	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 3 dx	Scavo 4	1.04E+03	1.37E+03	1.41E+03	0.762	0.739	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

### Travi di ripartizione

Le travi di ripartizione sono costituite da 2 HEB240.

Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 1	169	0	0.262	0.271	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 1	169	0	0.262	0.271	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 2	172	0	0.267	0.275	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 2	172	0	0.267	0.275	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	170	0	0.265	0.274	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	170	0	0.265	0.274	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	225	0	0.35	0.361	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	225	0	0.35	0.361	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	164	0	0.255	0.264	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	164	0	0.255	0.264	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	279	0	0.433	0.447	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	279	0	0.433	0.447	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	166	0	0.259	0.267	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	166	0	0.259	0.267	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	272	0	0.423	0.437	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	272	0	0.423	0.437	0
Default Waler	Tirante 3 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	338	0	0.525	0.542	0
Default Waler	Tirante 3 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	338	0	0.525	0.542	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	154	0	0.239	0.247	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	154	0	0.239	0.247	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	296	0	0.461	0.476	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	296	0	0.461	0.476	0
Default Waler	Tirante 3 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	435	0	0.676	0.698	0
Default Waler	Tirante 3 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	435	0	0.676	0.698	0


## 11.7 Verifica tappo di fondo in jet-grouting

Sul fondo dello scavo è previsto un tappo costituito da jet-grouting. L'altezza delle colonne sarà pari a:

Dislivello falda	$\Delta h =$	8.85 [m]
Peso specifico jet-grouting	$\gamma_{jt} =$	16 [kN/m <sup>3</sup> ]
Coefficiente di sicurezza minimo	$F_{smin} =$	1.222 [-]
Altezza colonne jet-grouting	$a =$	6.76 [m]

in cui è stato considerato come minimo coefficiente di sicurezza il rapporto tra i coefficienti parziali delle azioni (coefficiente "sfavorevole" per la sottospinta della falda e coefficiente "favorevole" per il peso del jet-grouting), ovvero:

$$F_{smin} = 1.1 / 0.9 = 1.222$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

## 12 PALANCOLA TIPO 4

Le analisi sono state eseguite nelle sole condizioni statiche, trattandosi di opere a carattere provvisoriale.

### 12.1 Fasi di calcolo

L'analisi si compone complessivamente di 11 fasi di calcolo:

- 1) Ricostruzione dello stato tensionale
- 2) Attivazione palancole, carichi accidentali ( $q=10$  kPa)
- 3) Scavo 1.5 m
- 4) Inserimento 1° livello di tiranti
- 5) Scavo di 4.5 m
- 6) Inserimento 2° livello di tiranti
- 7) Scavo di 7.5 m
- 8) Inserimento 3° livello di tiranti
- 9) Scavo di 10.5 m
- 10) Inserimento 4° livello di tiranti
- 11) Scavo di 12.9 m (sovrascavo di calcolo)

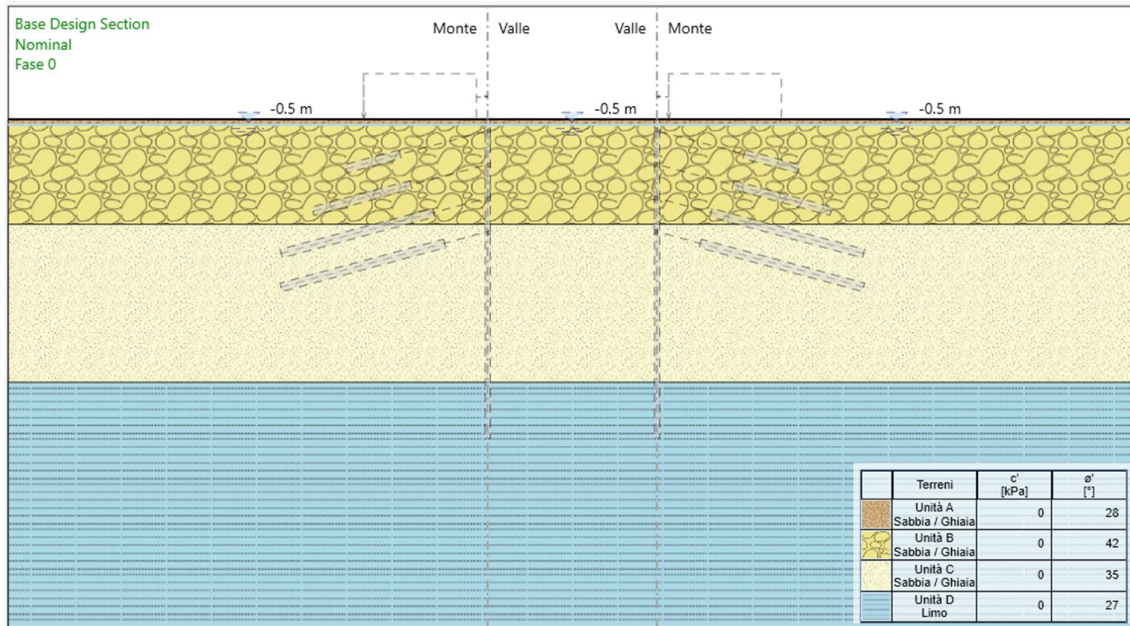


Figura 46 – Fase 1

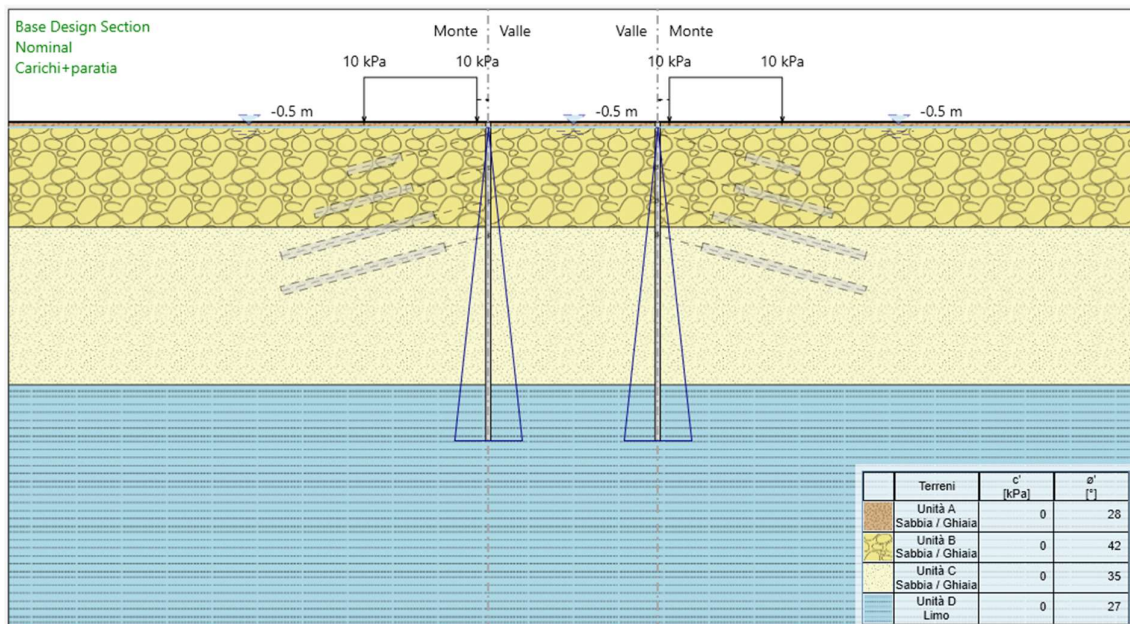


Figura 47 – Fase 2



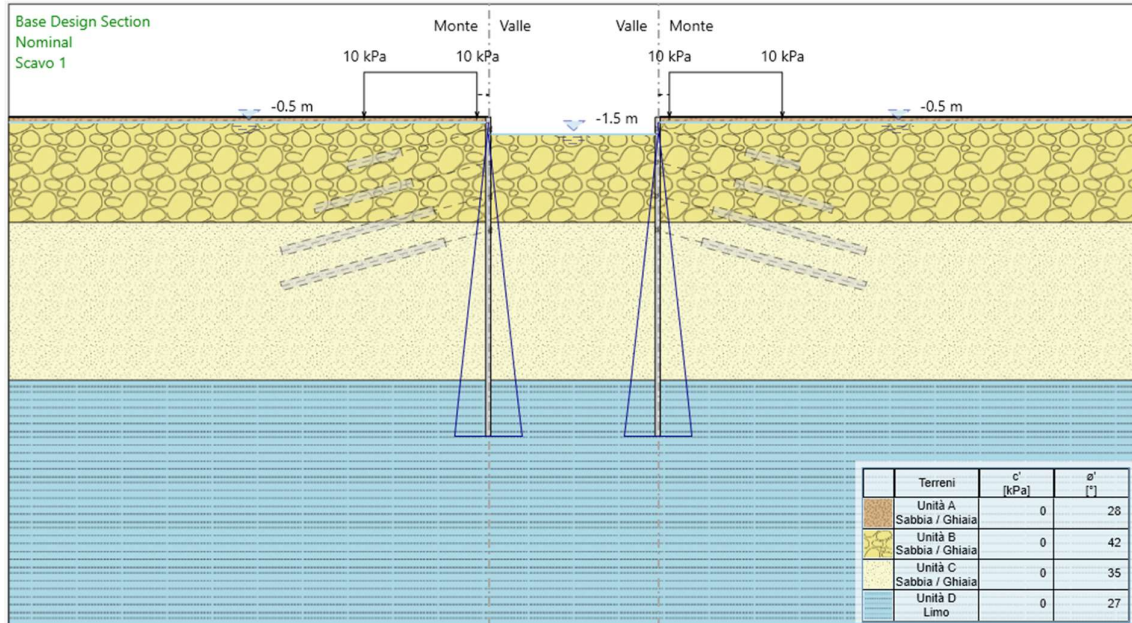


Figura 48 – Fase 3

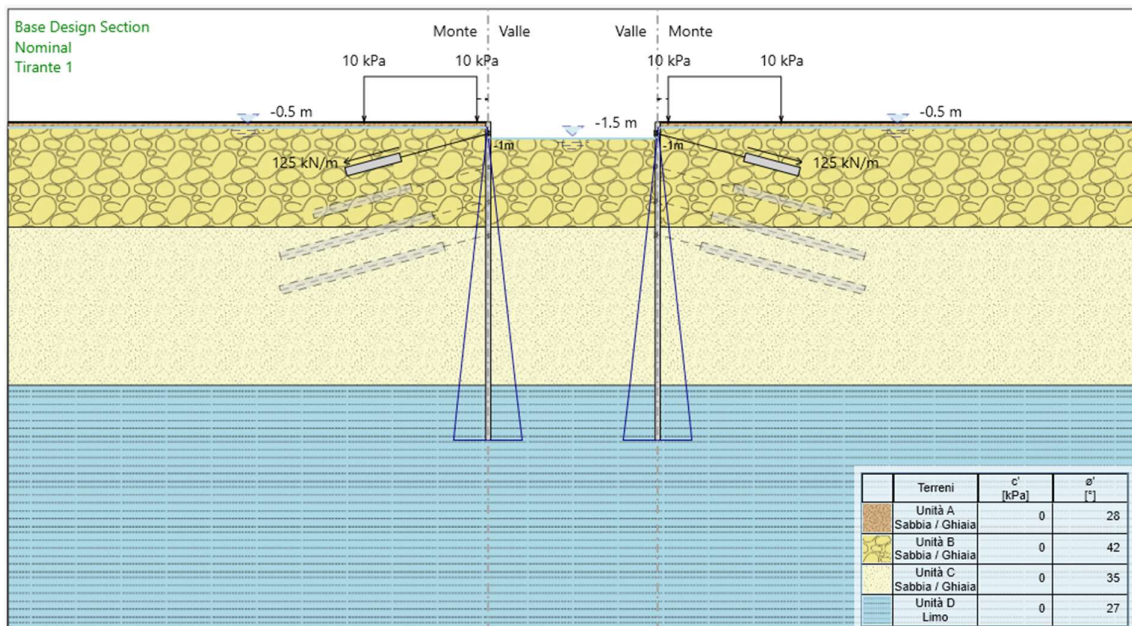


Figura 49 – Fase 4

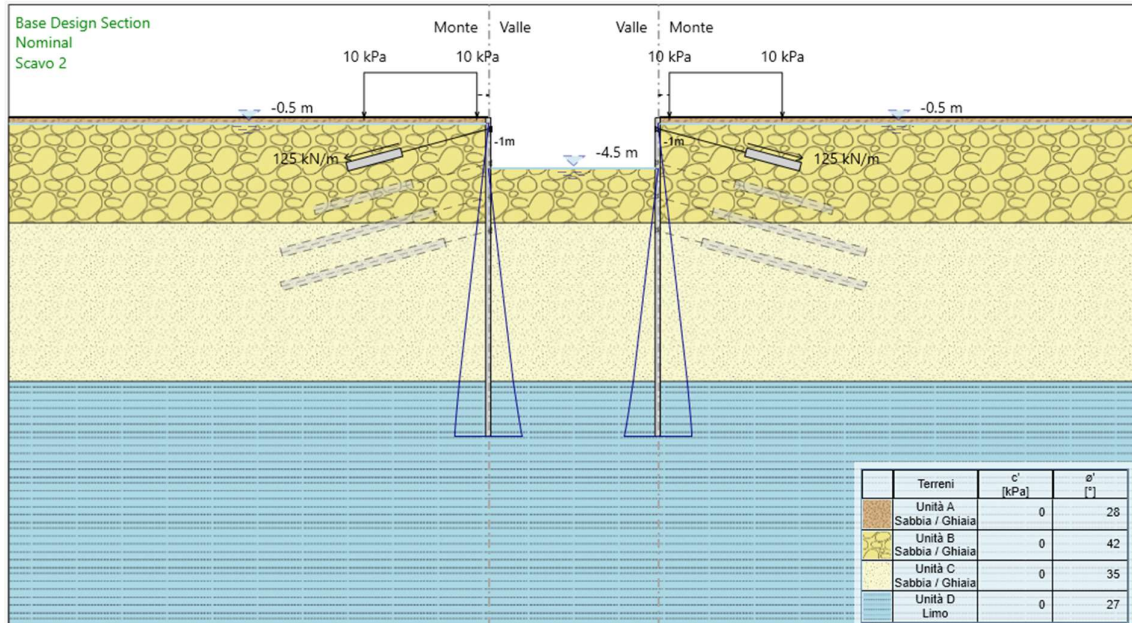


Figura 50 – Fase 5

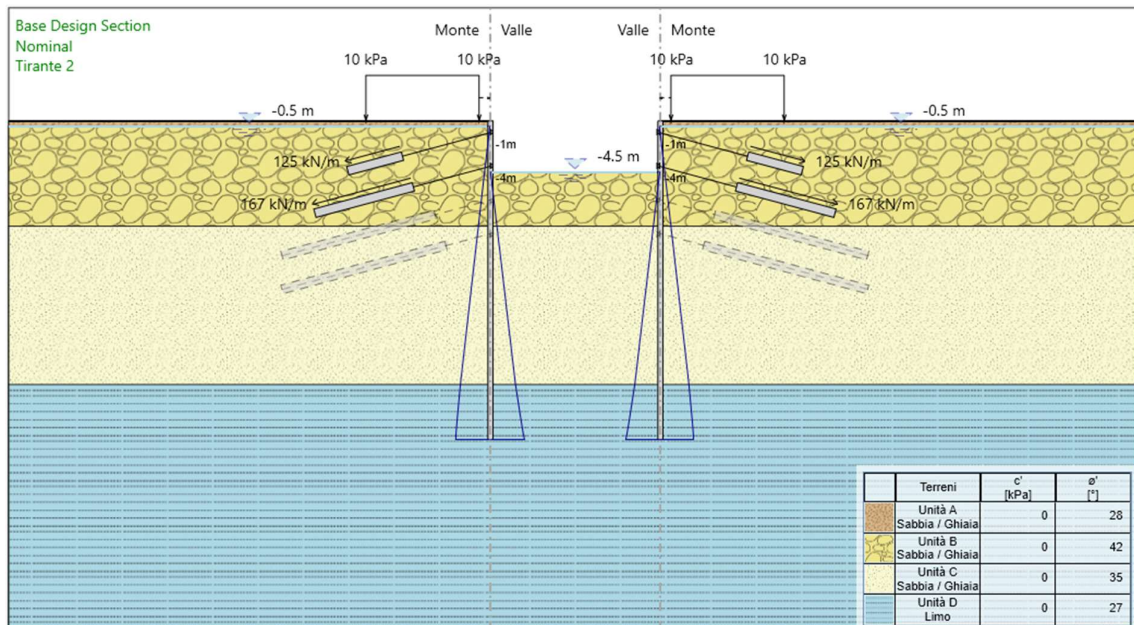


Figura 51 – Fase 6



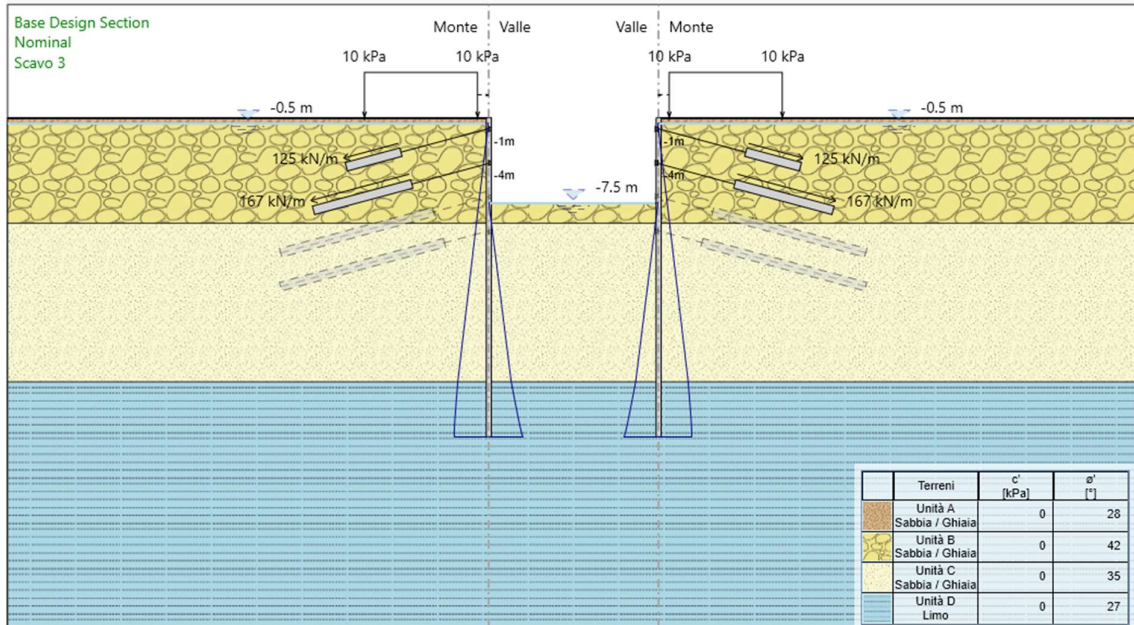


Figura 52 – Fase 7

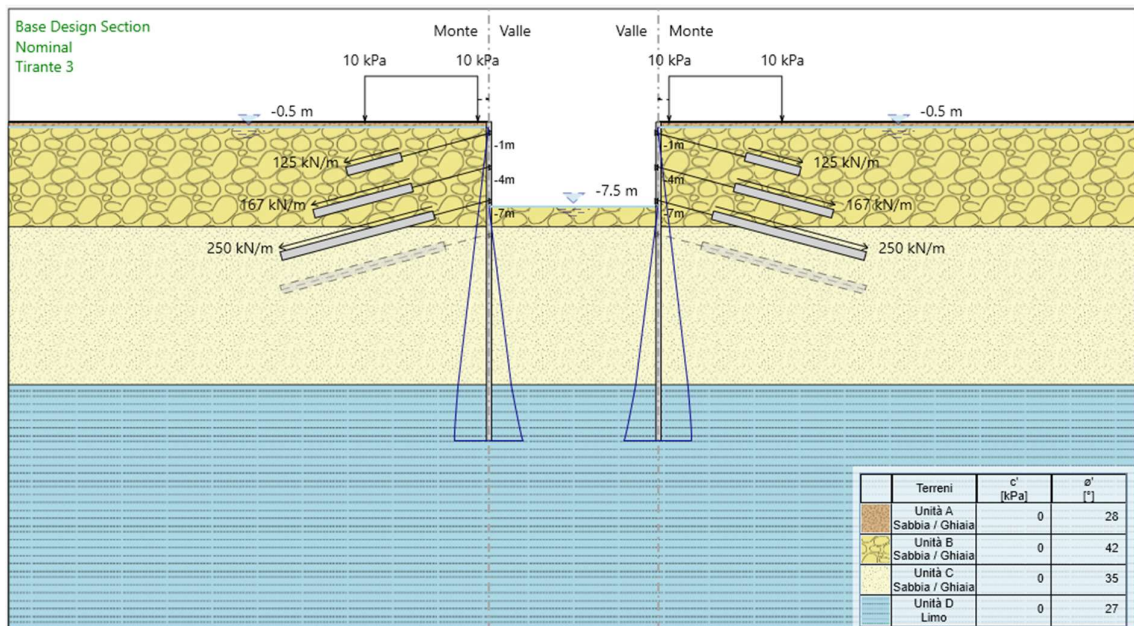


Figura 53 – Fase 8

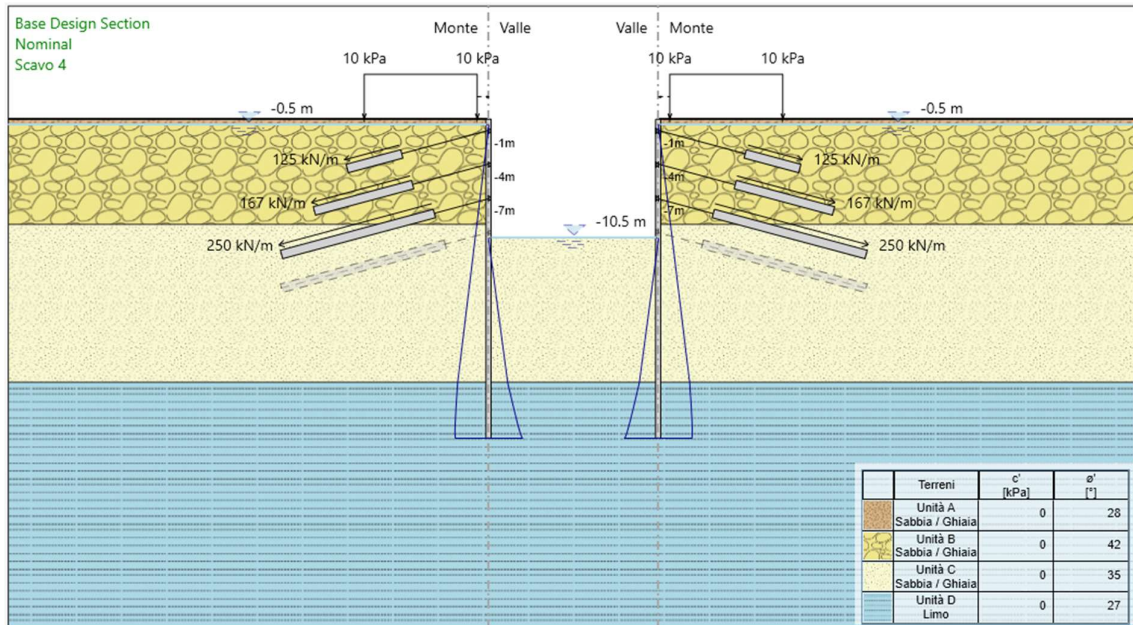


Figura 54 – Fase 9

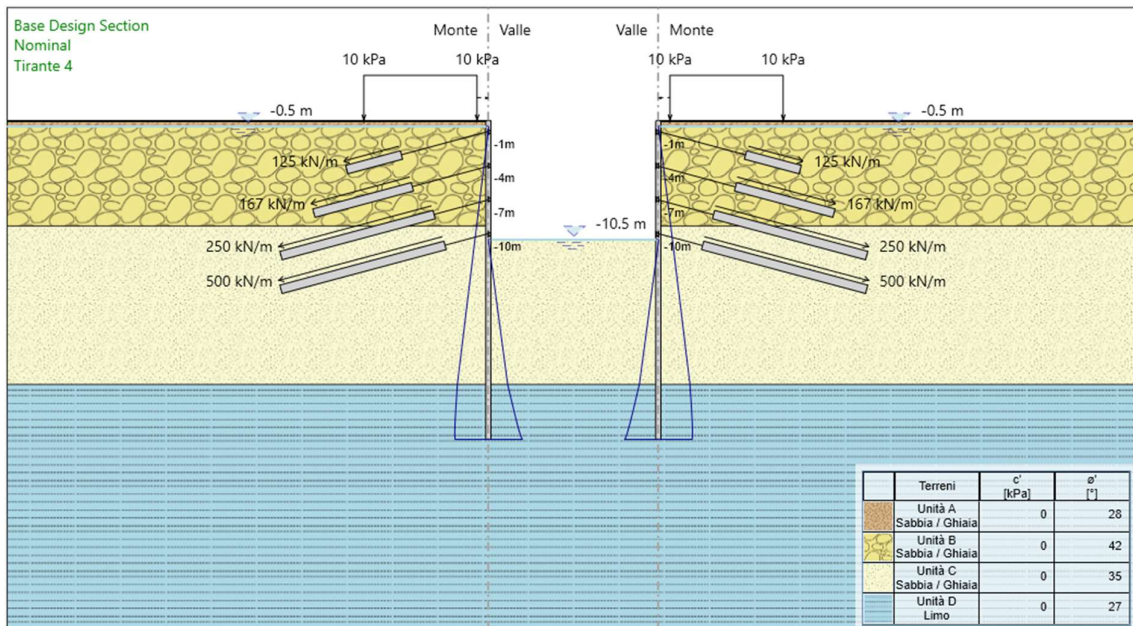


Figura 55 – Fase 10



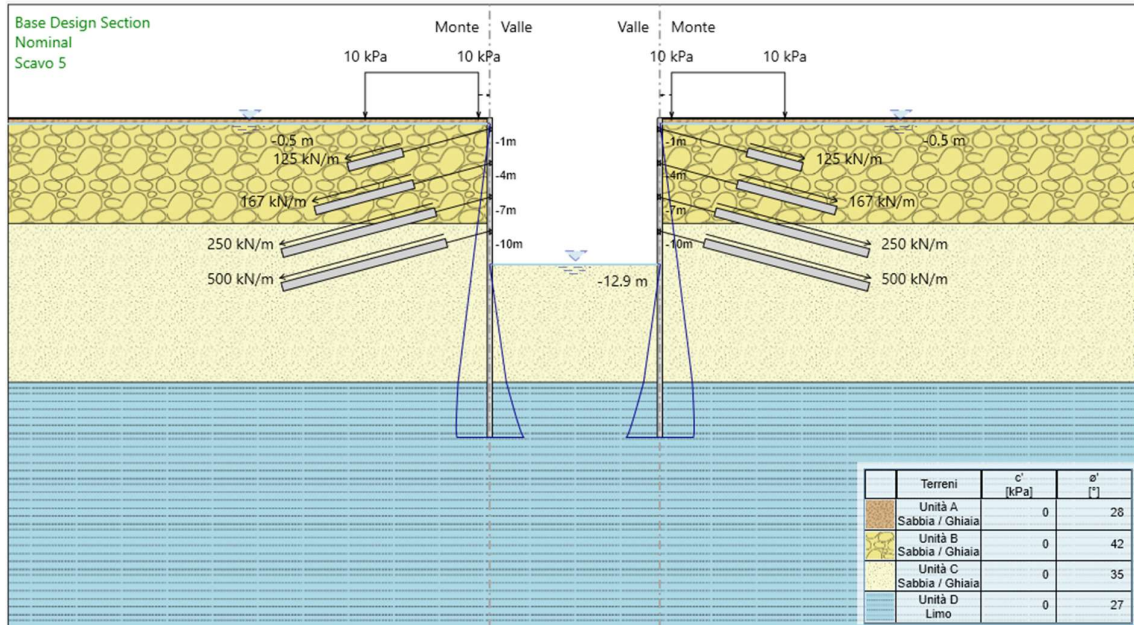


Figura 56 – Fase 11

## 12.2 Spostamenti orizzontali (Inviluppo SLE)

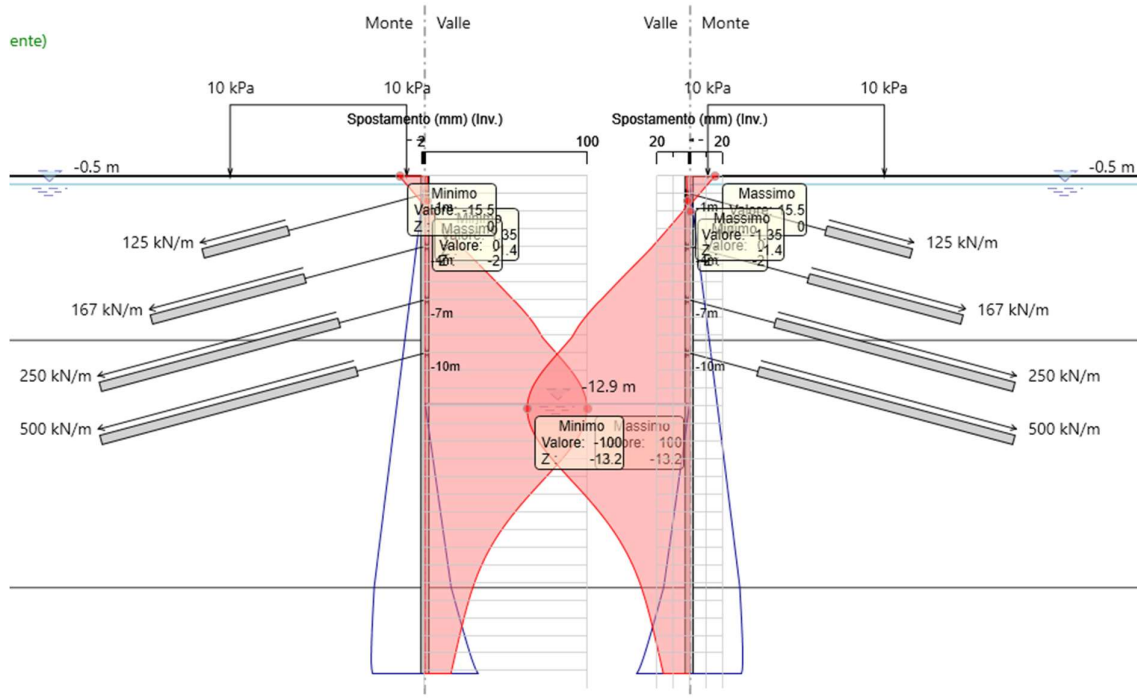


Figura 57 – Inviluppo spostamenti orizzontali SLE

Il massimo spostamento orizzontale SLE è pari a 100.0 mm e si ottiene alla profondità di 13.2 m dalla testa della paratia.

### 12.3 Sollecitazioni (Inviluppo SLU)

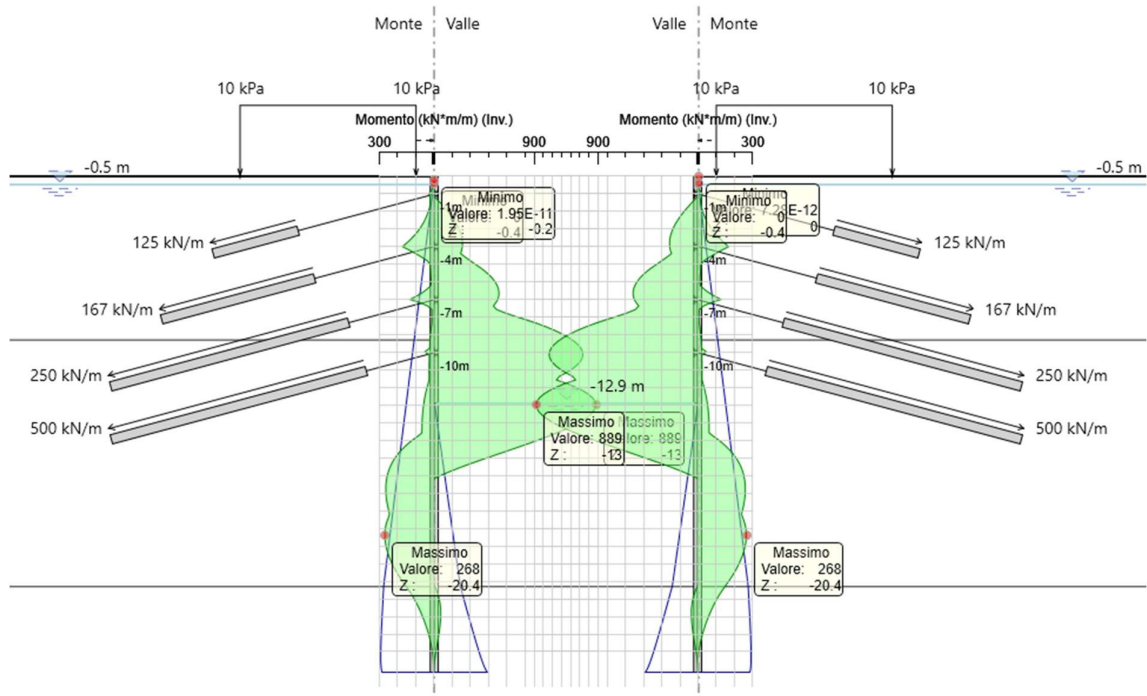


Figura 58 – Inviluppo momento flettente SLU

Il massimo momento flettente SLU è pari a 889 kNm/m e si ottiene alla profondità di 13.0 m dalla testa della paratia.

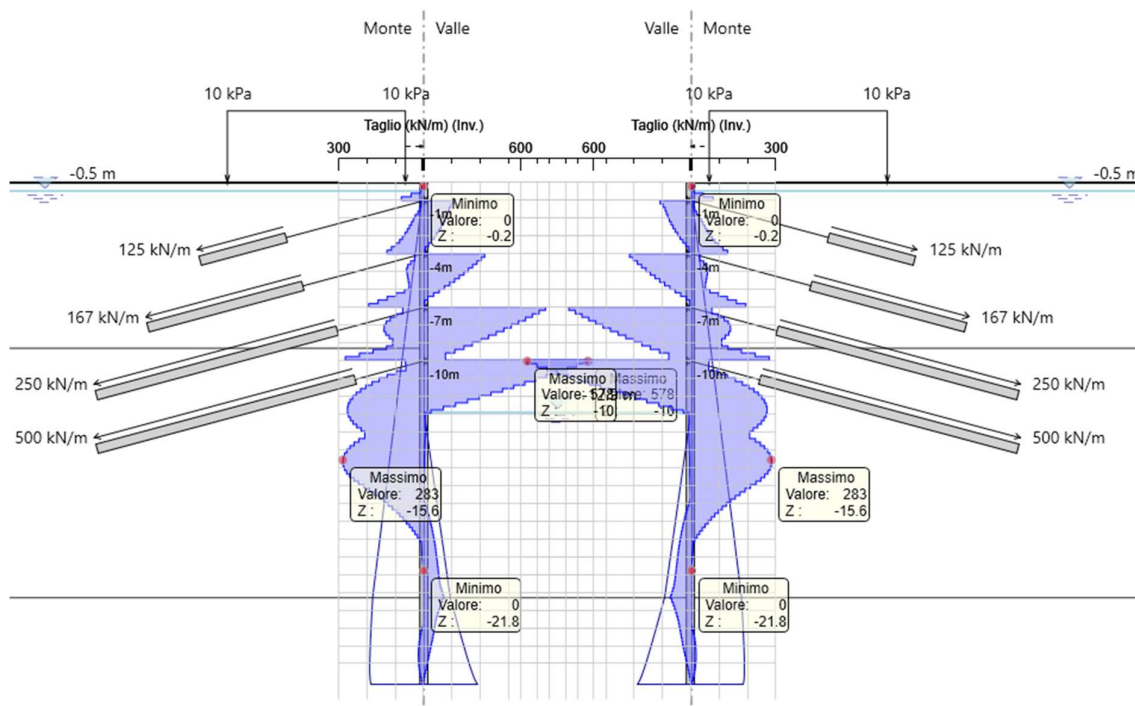


Figura 59 – Inviluppo taglio SLU

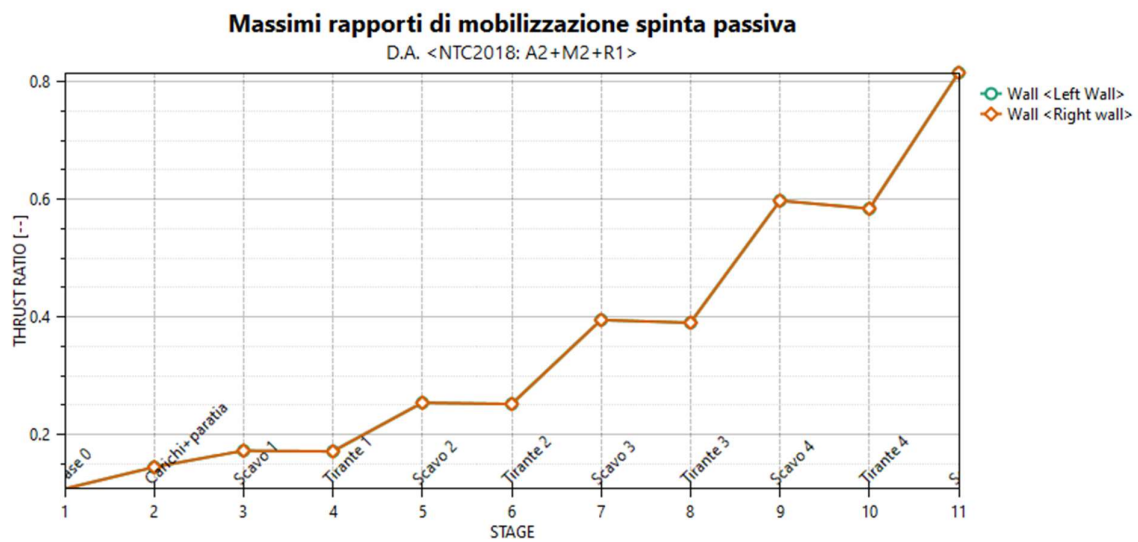
Il massimo taglio SLU è pari a 578 kN/m e si ottiene alla profondità di 10 m dalla testa della paratia.

## 12.4 Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono effettuate seguendo l'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R1).

Per valutare la capacità geotecnica della struttura il programma fornisce per via diretta il raggiungimento di un risultato di convergenza nel modello. Quando tale situazione si presenta è possibile ritenere soddisfatta automaticamente la condizione di equilibrio attorno a un punto di rotazione.

Un modo indiretto per valutare la capacità geotecnica della struttura, consiste nel valutare la percentuale di mobilitazione della spinta passiva relativa al tratto infisso di paratia. L'entità di tale rapporto permette di valutare il livello di sfruttamento geotecnico della struttura rispetto le condizioni limite. Naturalmente tale rapporto deve essere minore o uguale all'unità, affinché non sia violato il criterio di resistenza della struttura.



Per la sezione di riferimento il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari a 0.816.

## 12.5 Verifiche idrauliche

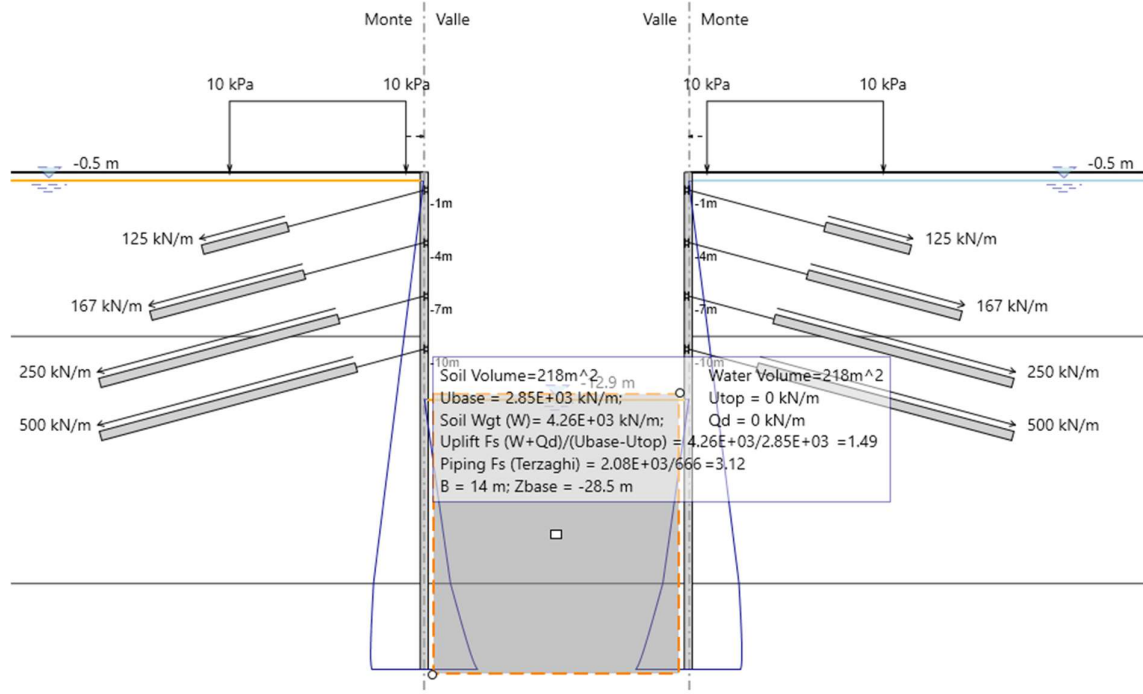


Figura 60 – Verifica a sollevamento

Come evidenziato dall'immagine, il coefficiente di sicurezza a sollevamento è pari a

$$FS_{\text{UPLIFT}} = (W + Q_d) / (U_{\text{base}} - U_{\text{top}}) = 1.49 > FS_{\text{min}} = 1.1/0.9 = 1.22$$

quindi la verifica idraulica risulta soddisfatta.

## 12.6 Verifiche strutturali

### Palanca

La palanca ha un profilo tipo Larssen L607k avente le seguenti caratteristiche:

- Area, A                                244 cm<sup>2</sup>/m
- Momento d'inerzia, J                70'030 cm<sup>4</sup>/m
- Modulo di resistenza, W            3'220 cm<sup>3</sup>/m

Nelle seguenti immagini sono riportati gli involuipi SLU dello sfruttamento della sezione.

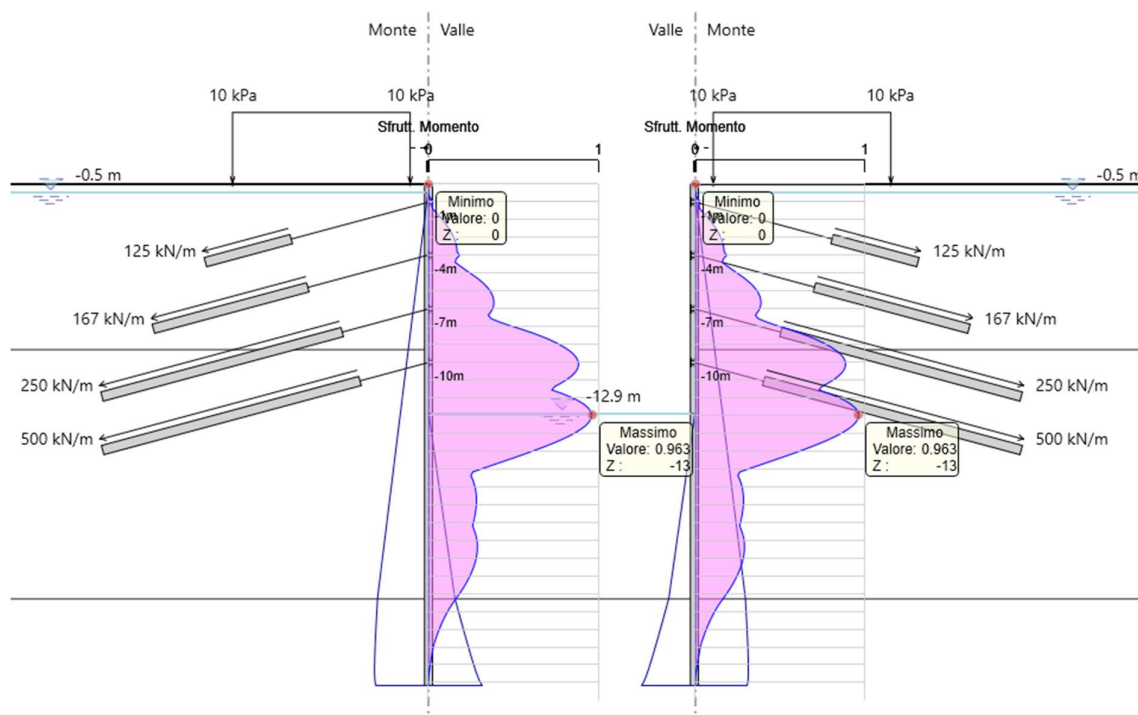


Figura 61 – Diagramma di sfruttamento a momento flettente (SLU)

Il massimo sfruttamento a flessione della paratia è pari a 0.963.



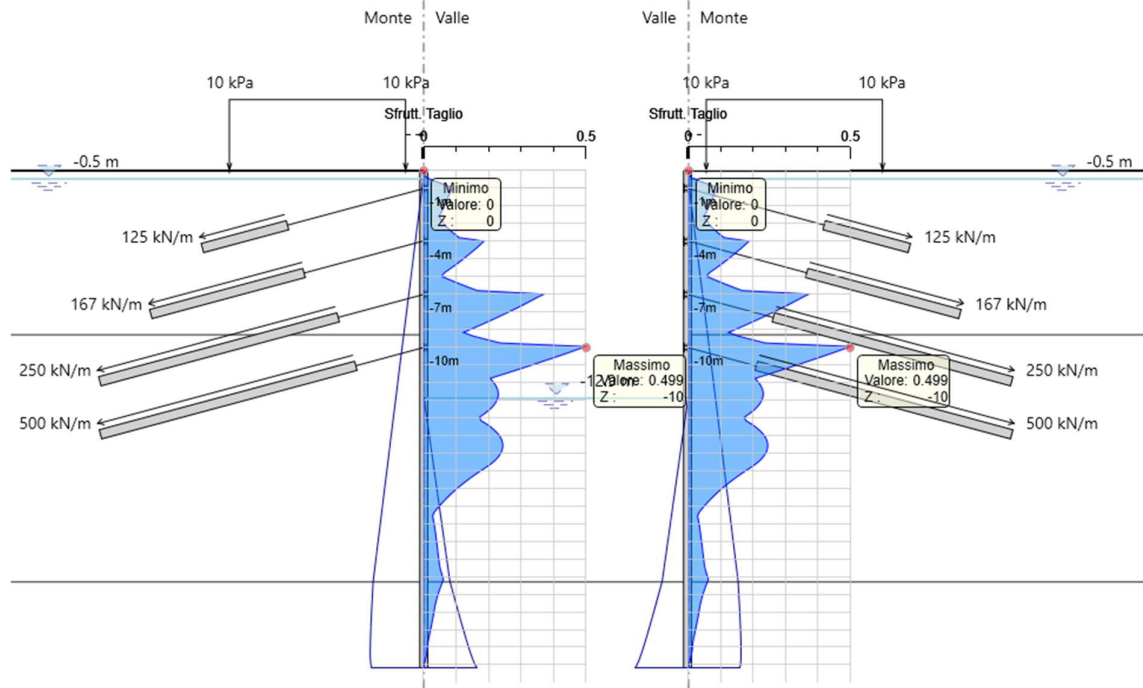


Figura 62 – Diagramma di sfruttamento a taglio (SLU)

Il massimo sfruttamento a taglio della paratia è pari a 0.499.

### Tiranti

Nella tabella sottostante si riporta l'involuppo delle verifiche strutturali e geotecniche dei tiranti.


Involuppo Verifiche tiranti

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Design Assumption
Tirante 1 sx	Scavo 2	412	657	807	0.627	0.51	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 1 dx	Scavo 2	412	657	807	0.627	0.51	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 2 sx	Tirante 4	790	1.18E+03	1.21E+03	0.668	0.652	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 2 dx	Tirante 4	790	1.18E+03	1.21E+03	0.668	0.652	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 3 sx	Scavo 4	1.25E+03	1.37E+03	1.41E+03	0.915	0.887	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 3 dx	Scavo 4	1.25E+03	1.37E+03	1.41E+03	0.915	0.887	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 4 sx	Scavo 5	1.01E+03	1.27E+03	1.41E+03	0.789	0.712	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 4 dx	Scavo 5	1.01E+03	1.27E+03	1.41E+03	0.789	0.712	✓	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

### Travi di ripartizione

Le travi di ripartizione sono costituite da 2 HEB240.

Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 1	169	0	0.262	0.271	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 1	169	0	0.262	0.271	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 2	172	0	0.267	0.275	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 2	172	0	0.267	0.275	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	170	0	0.265	0.274	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	170	0	0.265	0.274	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	225	0	0.35	0.361	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 2	225	0	0.35	0.361	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	164	0	0.255	0.264	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	164	0	0.255	0.264	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	279	0	0.433	0.447	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 3	279	0	0.433	0.447	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	166	0	0.259	0.267	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	166	0	0.259	0.267	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	272	0	0.423	0.437	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	272	0	0.423	0.437	0
Default Waler	Tirante 3 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	338	0	0.525	0.542	0
Default Waler	Tirante 3 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 3	338	0	0.525	0.542	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	144	0	0.223	0.231	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	144	0	0.223	0.231	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	329	0	0.511	0.528	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	329	0	0.511	0.528	0
Default Waler	Tirante 3 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	522	0	0.812	0.838	0
Default Waler	Tirante 3 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 4	522	0	0.812	0.838	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 4	148	0	0.23	0.237	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 4	148	0	0.23	0.237	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 4	329	0	0.512	0.528	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 4	329	0	0.512	0.528	0
Default Waler	Tirante 3 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 4	501	0	0.778	0.804	0
Default Waler	Tirante 3 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 4	501	0	0.778	0.804	0
Default Waler	Tirante 4 sx	HE 240B	S275	1.2	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 4	675	0	0.262	0.542	0
Default Waler	Tirante 4 dx	HE 240B	S275	1.2	NTC2018: A1+M1+R1	Tirante 4	675	0	0.262	0.542	0
Default Waler	Tirante 1 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 5	147	0	0.228	0.235	0
Default Waler	Tirante 1 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 5	147	0	0.228	0.235	0
Default Waler	Tirante 2 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 5	321	0	0.498	0.515	0
Default Waler	Tirante 2 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 5	321	0	0.498	0.515	0
Default Waler	Tirante 3 sx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 5	502	0	0.78	0.806	0
Default Waler	Tirante 3 dx	HE 240B	S275	2.4	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 5	502	0	0.78	0.806	0
Default Waler	Tirante 4 sx	HE 240B	S275	1.2	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 5	838	0	0.326	0.673	0
Default Waler	Tirante 4 dx	HE 240B	S275	1.2	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo 5	838	0	0.326	0.673	0

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI NOVARA</b> 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
	SOTTOVIA VIABILITÀ SOSTITUTIVA DEI PL - LINEA NOVARA DOMODOSSOLA - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO SL0200 004	REV. A

## 12.7 Verifica tappo di fondo in jet-grouting

Sul fondo dello scavo è previsto un tappo costituito da jet-grouting. L'altezza delle colonne sarà pari a:

Dislivello falda	$\Delta h =$	12.1 [m]
Peso specifico jet-grouting	$\gamma_{jt} =$	16 [kN/m <sup>3</sup> ]
Coefficiente di sicurezza minimo	$F_{smin} =$	1.222 [-]
Altezza colonne jet-grouting	$a =$	<b>9.24</b> [m]

in cui è stato considerato come minimo coefficiente di sicurezza il rapporto tra i coefficienti parziali delle azioni (coefficiente "sfavorevole" per la sottospinta della falda e coefficiente "favorevole" per il peso del jet-grouting), ovvero:

$$F_{Smin} = 1.1 / 0.9 = 1.222$$

### 13 CONCLUSIONI

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche delle opere provvisoriale relative al Sottovia viabilità sostitutiva dei PL - Linea Novara Domodossola (opera SL02) e al Sottovia viabilità sostitutiva dei PL - Linea Novara Arona (SL03) previsti nell'ambito della Progettazione definitiva del Nodo di Novara, 1^ Fase PRG di Novara Boschetto.

I risultati ottenuti, mostrano che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.