

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Ing. Paolo Cucino
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

08 - GALLERIE

L - FINESTRA CHIUSA

Imbocco

Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 A	E	Z Z	C L	G A 0 5 0 0	0 0 1	C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	S.Spinnello	18/10/2021	A.Arighi	19/10/2021	D.Buttafoco Dolomiti	20/10/2021	IL PROGETTISTA A.Polli 06/06/2022
B	Revisione a seguito istruttoria ITF - IB0U-RV-0000000054	S.Spinnello	21/12/2021	A.Valente	22/12/2021	D.Buttafoco Dolomiti	23/12/2021	
C	Revisione a seguito istruttoria ITF - IB0U-RV-0000000092	S.Spinnello	03/06/2022	A.Valente	04/06/2022	D.Buttafoco Dolomiti	05/06/2022	

File: IB0U1AEZZCLGA0500001C.docx

n. Elab.: 1

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 1 di 96

Sommario

1. INTRODUZIONE	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1 ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
2.2 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI	5
2.3 SPECIFICHE TECNICHE	5
2.4 BIBLIOGRAFIA	6
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE E FASI ESECUTIVE	7
3.1 GENERALE.....	7
3.2 INTERFERENZE LUNGO IL TRACCIATO.....	7
3.3 OPERE DI SOSTEGNO.....	8
3.4 FASI ESECUTIVE.....	10
4. CONDIZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE.....	11
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	11
4.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO.....	11
4.3 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	11
4.4 REGIME IDRAULICO.....	12
4.5 CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO	12
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	14
5.1 STRUTTURE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI	14
6. VERIFICHE ESEGUITE.....	16
6.1 OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI	16
6.1.1 Azioni.....	16
6.1.1.1 Azioni sismiche.....	16
6.1.2 Verifiche in condizioni statiche.....	18
6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche.....	20
7. METODOLOGIE DI ANALISI	22
7.1 ANALISI DELL'INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA	22
7.2 ANALISI DI STABILITÀ	23
7.2.1 Analisi di stabilità globale.....	23
7.2.2 Analisi di stabilità locale	24

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 2 di 96

7.3	ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE	25
7.3.1	Opere di sostegno provvisionali	25
8.	OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI – SEZIONI DI CALCOLO	26
8.1	SEZIONE 1	27
8.1.1	Caratteristiche geometriche della struttura.....	27
8.1.2	Modello di calcolo.....	28
8.1.3	Parametri geotecnici in condizioni statiche	29
8.1.4	Parametri geotecnici in condizioni sismiche	30
8.1.5	Fasi di calcolo.....	31
8.1.6	Risultati	32
8.2	SEZIONE 2	39
8.2.1	Caratteristiche geometriche della struttura.....	39
8.2.2	Modello di calcolo.....	39
8.2.3	Parametri geotecnici in condizioni statiche	40
8.2.4	Parametri geotecnici in condizioni sismiche	41
8.2.5	Fasi di calcolo.....	42
8.2.6	Risultati	43
8.3	SEZIONE 3	50
8.3.1	Caratteristiche geometriche della struttura.....	50
8.3.2	Modello di calcolo.....	50
8.3.3	Parametri geotecnici in condizioni statiche	51
8.3.4	Parametri geotecnici in condizioni sismiche	52
8.3.5	Fasi di calcolo.....	53
8.3.6	Risultati	54
9.	OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI – VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE	61
9.1	SEZIONE 1	61
9.1.1	Verifiche strutturali del micropalo.....	61
9.1.2	Verifiche sui tiranti.....	62
9.1.2.1.	Verifiche geotecniche a sfilamento dei tiranti.....	63
9.1.2.2.	Verifiche strutturali a rottura dei tiranti.....	64
9.1.3	Verifiche strutturali sulla trave di ripartizione dei tiranti	65

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 3 di 96

9.1.4	Verifiche della profondità di infissione	67
9.1.5	Verifiche di stabilità	69
9.1.5.1.	Globale	69
9.1.5.2.	Locale	72
9.2	SEZIONE 2	75
9.2.1	Verifiche strutturali del micropalo.....	75
9.2.2	Verifiche sui tiranti.....	76
9.2.2.1.	Verifiche geotecniche a sfilamento dei tiranti.....	76
9.2.2.2.	Verifiche strutturali a rottura dei tiranti.....	77
9.2.3	Verifiche strutturali sulla trave di ripartizione dei tiranti	78
9.2.4	Verifiche della profondità di infissione	80
9.2.5	Verifiche di stabilità	81
9.2.5.1.	Globale	81
	SEZIONE 3	85
9.2.6	Verifiche strutturali del micropalo.....	85
9.2.7	Verifiche sui tiranti.....	86
9.2.7.1.	Verifiche geotecniche a sfilamento dei tiranti.....	86
9.2.7.2.	Verifiche strutturali a rottura dei tiranti.....	87
9.2.8	Verifiche strutturali sulla trave di ripartizione dei tiranti	88
9.2.9	Verifiche della profondità di infissione	90
9.2.10	Verifiche di stabilità	91
9.2.10.1.	Globale	91
10.	ALLEGATI	95
10.1	ALLEGATO 1	95
10.2	ALLEGATO 2	95
10.3	ALLEGATO 3	95

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 4 di 96

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito della Progettazione Esecutiva della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena Lotto 1 – Finestra di Chiusa, la presente relazione presenta le problematiche progettuali e il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari all'esecuzione delle opere di imbocco della galleria naturale di Chiusa.

La Finestra di Chiusa è una galleria a canna singola con una lunghezza complessiva di circa 1724m, di cui 16.1 m in artificiale e i restanti eseguiti in tradizionale. L'imbocco è situato in corrispondenza dell'abitato di Chiusa (BZ), in riva sinistra del Fiume Isarco, a monte del tracciato della SS242, ad una quota altimetrica di circa 610m slm.

Il versante su cui si innesta l'opera è caratterizzato da una moderata pendenza (circa 31-32°) e dalla presenza di rocce tipo fillade e di uno strato detritico nella zona più superficiale di spessore variabile. La tipologia di tale deposito varia da colluviale, a detriti di versante, a deposito morenico.

Nello specifico, in questo documento vengono descritte e verificate le opere provvisorie di imbocco e vengono definite le modalità di realizzazione delle stesse. Vengono illustrate le soluzioni progettuali adottate, le verifiche di dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere di sostegno e le verifiche di stabilità dell'insieme opera-terreno.

La relazione è strutturata come segue:

- Il Capitolo 2 riporta i documenti di riferimento (elaborati di progetto, normative di riferimento e riferimenti bibliografici);
- Il Capitolo 3 fornisce una breve descrizione delle opere oggetto della presente relazione;
- Il Capitolo 4 riporta una sintesi delle condizioni geologiche e geotecniche previste nell'area di progetto;
- Il Capitolo 5 illustra le caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali previsti in progetto;
- Il Capitolo 6 illustra le tipologie di verifiche eseguite, gli approcci progettuali adottati;
- Il Capitolo 7 fornisce una descrizione delle metodologie di analisi;
- Il Capitolo 8 presenta le sezioni di calcolo, i parametri assunti e i risultati delle analisi per le opere di sostegno provvisorie;
- Il Capitolo 9 illustra gli esiti delle verifiche geotecniche e strutturali per le opere di sostegno provvisorie;

La relazione è completata da un'appendice di calcolo che riporta gli output principali delle analisi numeriche condotte.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 5 di 96

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

- [1] Doc. n. IB0U1AEZZRHGE0000001A: "Relazione geologica – idrogeologica – geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità".
- [2] Doc. n. IB0U1AEZZGEGE0006002A: "Relazione geotecnica di caratterizzazione – opere parte A".

2.2 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

- [3] D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008) "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- [4] CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".
- [5] UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2) "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici".
- [6] UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8) "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici".
- [7] Regolamento U.E. nr. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale anno 156° n°10 del 5 febbraio 2015.
- [8] Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (norma STI).
- [9] AICAP-AGI (2012). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce. Raccomandazioni.

2.3 SPECIFICHE TECNICHE

La presente fase progettuale, fa riferimento al nuovo Manuale di Progettazione RFI.

- [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016.
- [11] [Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016.
- [12] Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016.
- [13] Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 6 di 96

2.4 BIBLIOGRAFIA

- [14] Bustamante M. et Doix B., "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés", Bulletin liaison LCPC, Nov. - Dec. 1985.
- [15] Caquot A., Kerisel J. (1948) "Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations" Gautiers-Villars, Paris.
- [16] Lancellotta R. (2007), "Lower Bound approach for seismic passive earth resistance", Geotechnique, Technical Note, 57, 1-3.
- [17] Mueller-Breslau (1906), "Erddruck an Stuetzmaern" Kroener.
- [18] C. Viggiani (1999). Fondazioni, Hevelius Edizioni;
- [19] A.W. Bishop (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique, 5, 7-17;
- [20] N. Janbu (1954). Stability analysis of slopes with dimensionless parameters. Harvard Soil Mechanics Series;
- [21] N.R. Morgenstern & V.E. Price (1965). The analysis of the stability of generalised slip surfaces. Geotechnique, 15, 79-93.
- [22] Mononobe N. (1929) "Earthquake-proof construction of masonry dams", Proc. of World Engineering Conference, vol.9, p.275.
- [23] PARATIE PLUS (versione 22.0.0) – CEAS Srl – Manuali di utilizzo, Sett. 2021.
- [24] Slide (versione 6.032) – Rocscience Inc. – Software manuals, 2014.

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 7 di 96

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE E FASI ESECUTIVE

3.1 GENERALE

La finestra di Chiusa, ha la funzione di mettere in comunicazione la galleria Gardena con l'esterno in corrispondenza dell'abitato di Chiusa. La struttura è localizzata in corrispondenza dell'abitato di Chiusa (BZ), in riva sinistra del Fiume Isarco, a monte del tracciato della SS242, ad una quota altimetrica di circa 610m slm su un versante caratterizzato dalla presenza di rocce tipo fillade, con la presenza di uno strato detritico nella zona più superficiale di spessore variabile.

Di seguito sono elencate le progressive di riferimento dell'opera d'imbocco (binario pari):

- da pk 0+000 a pk 0+008.5 (L=8.5 m) galleria artificiale – portale a becco di flauto;
- da pk 0+008.5 a pk 0+016.1 (L=7.6 m) galleria artificiale – sezione policentrica;
- da pk 0+016.1 a pk 0+021.14 (L=5.0 m) galleria artificiale – dima d'attacco.

La galleria naturale, da pk 0+021.14 a pk 1+784.1, presenta coperture generalmente elevate con valori massimi fino a 575 m, ed un andamento altimetrico in discesa con pendenza costante pari al 6.32%.

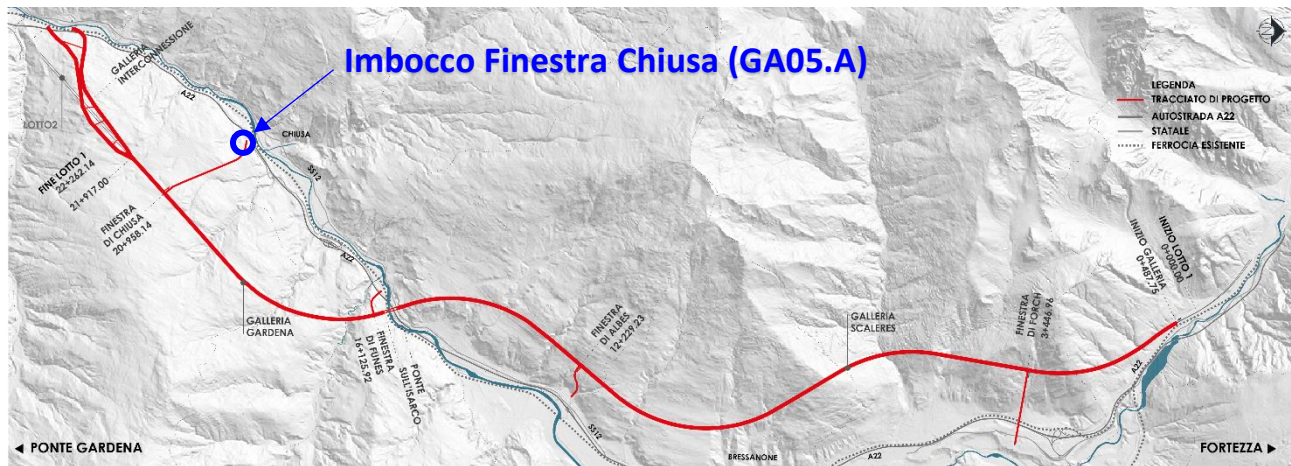


Fig. 1 – Tracciato della tratta "Fortezza – Ponte Gardena"

3.2 INTERFERENZE LUNGO IL TRACCIATO

In prossimità dell'opera è presente un gasdotto interrato SNAM, che presenta un'area di pertinenza di 8.0m (Fig. 2). L'elemento e l'intera fascia di rispetto risultano al di fuori delle aree di scavo e di conseguenza non interferiscono con l'opera in oggetto.

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 8 di 96

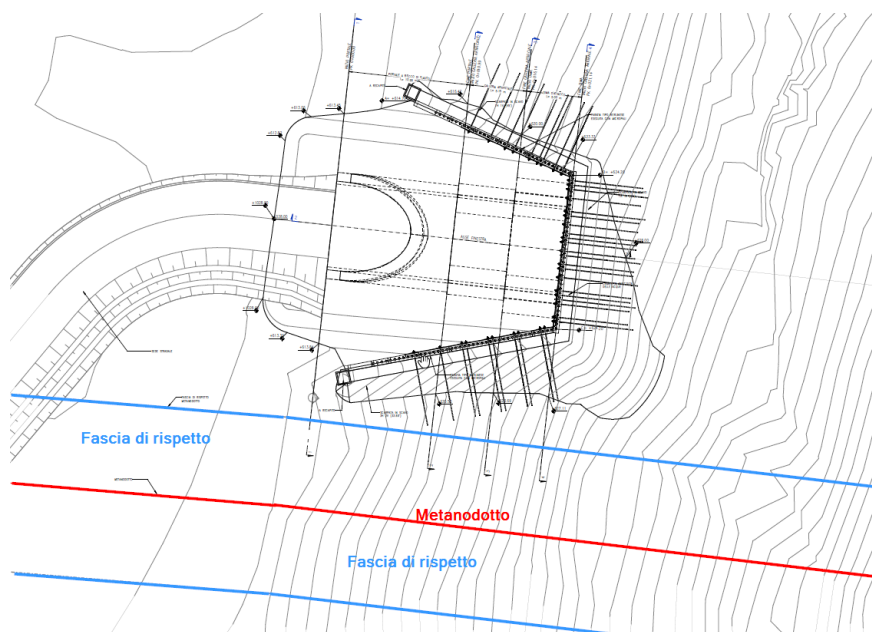


Fig. 2 -Tracciato del gasdotto e fascia di rispetto

3.3 OPERE DI SOSTEGNO

L'opera di sostegno è posizionata alla pk 0+021.14m. L'imbocco risulta essere realizzato prevalentemente all'interno di una coltre detritica di spessore variabile tra 15 m e 20 m; a seguire, la stratigrafia incontrata è caratterizzata dallo strato superficiale alterato della Fillade e dal substrato compatto dello stesso materiale.

Le opere di sostegno provvisionali degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco dello scavo in sotterraneo sono costituite da una berlinese di micropali tipo "Simmetrix", costituiti da un tubolare di diametro \varnothing 193.7 mm e spessore 16mm in acciaio S275, posti ad interasse 40 cm. I micropali hanno lunghezza variabile da un minimo di 6.0 m e un massimo di 18.0 m, in corrispondenza della sezione frontale.

I micropali sono contrastati su più ordini da travi di ripartizione orizzontali costituite da profili accoppiati HEB180 in acciaio S275, vincolati da tiranti, e collegati in testa da una trave di coronamento in calcestruzzo armato di dimensioni 0,5x0,5 m, con uno sviluppo complessivo di circa 49 m.

I tiranti sono di tipo attivo, costituiti da barre in acciaio da precompressione e disposti su 4 ordini nella sezione frontale (massima altezza di scavo) e 3 ordini sulle due "ali" laterali. I tiranti sono posti a interasse orizzontale pari a $2.00 \div 2.40$ m, hanno una lunghezza compresa tra 14 m e 16 m ed hanno un'inclinazione verticale di 20° , ad eccezione dei tiranti del primo ordine, posti al di sopra dell'imbocco della galleria, i quali hanno una inclinazione nulla (sono orizzontali) per evitare interferenze e detensionamento in fase di scavo della galleria naturale. L'utilizzo di barre Dywidag in termini prestazionali è equivalente a quello dei trefoli avendo tenuto conto nella verifica e nel dimensionamento della ridotta tensione di snervamento rispetto ai trefoli.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					PROGETTO ESECUTIVO
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 9 di 96

La struttura di sostegno è ricoperta da uno strato spritz-beton di spessore minimo di 10cm armato con rete elettrosaldata, attraversato da perforazioni in cui sono inseriti i tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione.

In fase definitiva le opere di sostegno verranno ritombate insieme al tratto di galleria artificiale previsto. E' prevista la realizzazione di un fosso di guardia a tergo della paratia che consenta di eseguire le lavorazioni all'asciutto.

La geometria degli scavi, i dettagli sugli elementi che costituiscono la paratia e le caratteristiche dei materiali, sono riportati, in planimetria, profilo e alcune sezioni rappresentative, negli elaborati specifici di progetto.

A seguito della realizzazione della paratia e degli sbancamenti, si potrà procedere allo scavo di attacco della galleria naturale. Prima di operare gli scavi dovrà inoltre essere eseguita la dima di attacco, che ha la funzione di definire la geometria di scavo e di costituire un ulteriore elemento di stabilità della parete nella fase di attacco della galleria naturale.

In Fig. 3 viene riportata la planimetria dell'imbocco.

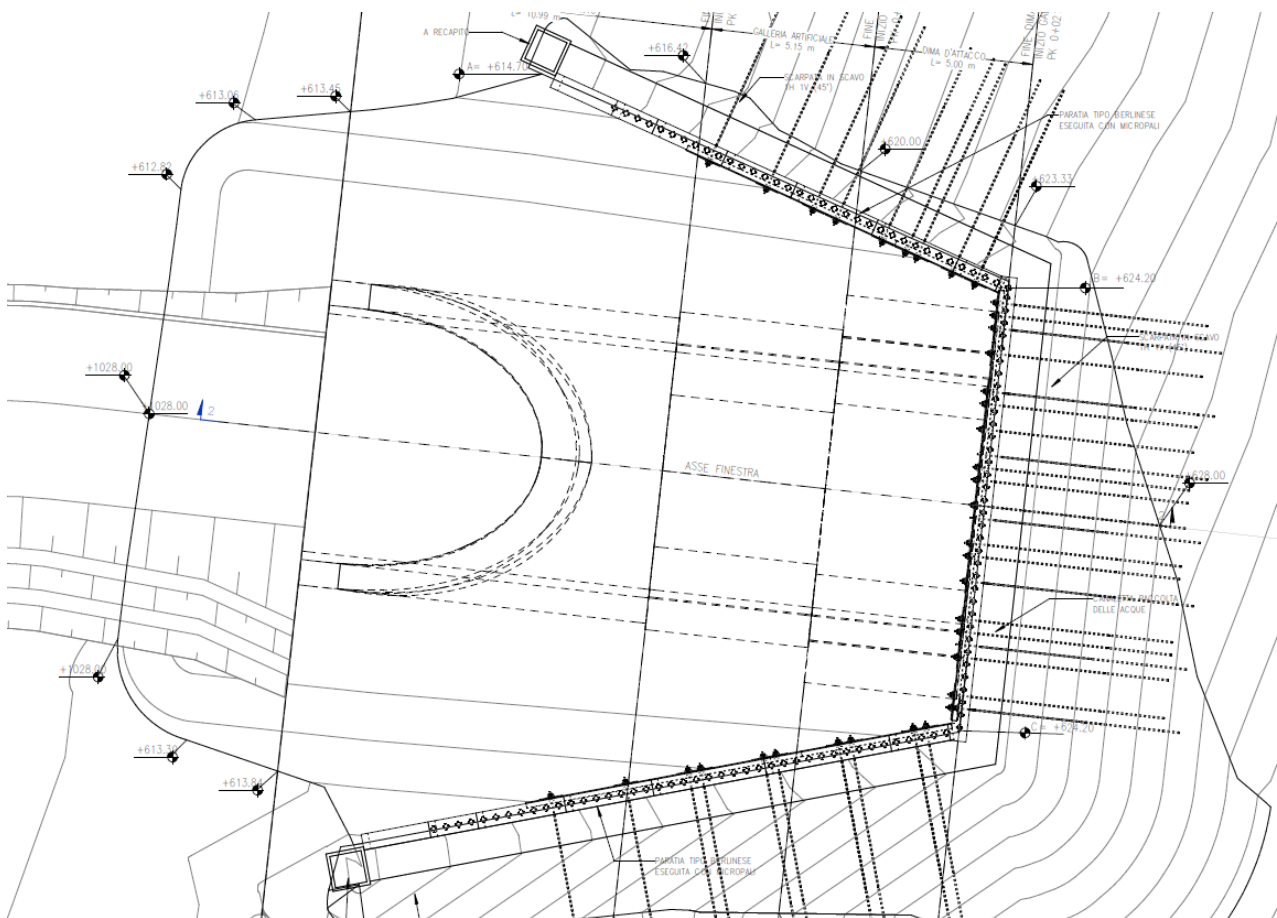


Fig. 3 - Finestra Chiusa: Planimetria imbocco

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandanti:</u> SWS Engineering S.p.A. PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0500</td> <td>C</td> <td>10 di 96</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1AEZZ	CL	GA0500	C	10 di 96													
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco																		

3.4 FASI ESECUTIVE

Le principali fasi esecutive per la realizzazione dell'imbocco di chiusa sono le seguenti:

- cantierizzazione dell'area e realizzazione della viabilità di accesso;
- esecuzione degli sbancamenti a monte della paratia
- esecuzione dei micropali
- realizzazione del cordolo di testa;
- scavo fino alla quota di progetto (611.90m slm) procedendo per ribassi successivi, con immediata esecuzione di spritz-beton, esecuzione dei tiranti e messa in opera delle travi di ripartizione (4 ordini di tiranti sulla paratia frontale e 3 ordini sulle due "ali" laterali);
- realizzazione degli infilaggi al contorno e delle colonne di quick-jet-grouting soia al contorno che al fronte per il primo concio di scavo (concio d'attacco);
- realizzazione della dima d'attacco;
- scavo di ribasso per l'arco rovescio e realizzazione della galleria artificiale e del becco di flauto;
- ritombamento.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 11 di 96

4. CONDIZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE

Le condizioni geologiche e geotecniche previste nell' area di progetto sono descritte in dettaglio nelle relazioni di cui ai Riff. [1]-[2] e sintetizzate nei paragrafi seguenti.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda al documento "Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica" (Rif. [1]).

4.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Per una descrizione completa delle indagini geotecniche eseguite sul sito si rimanda ai documenti "Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica" (Rif. [1]) e "Relazione geotecnica di caratterizzazione" (Rif. [2]).

Il modello geotecnico desunto dalle indagini eseguite è discusso nel Rif. [2] e qui riassunto in Tab. 1. Ai fini dei calcoli si sono cautelativamente assunti i parametri riportati di seguito al § 4.3.

Modello geotecnico				
UNITÀ	γ	c'	ϕ'	E
	(KN/m ³)	(kPa)	(°)	(MPa)
Depositi di falda ("d")	20	0	32÷38	50
Depositi fluvio lacustre ("dt")	19	0	36	50
Porfiroidi porzione alterata (<u>parametri di ammasso</u>)	27	100÷150	37÷42	300÷600
Porfiroidi porzione integra (<u>parametri di ammasso</u>)	27	150÷600	45÷50	900÷1500
Filladi – BSSb (<u>parametri di ammasso</u>)	27	125÷175	45÷50	600÷1200

Tab. 1 – Modello geotecnico secondo la "Relazione geotecnica di caratterizzazione" (Rif. [2])

4.3 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Ai fini delle analisi di simulazione e delle verifiche riportate nella presente relazione, in riferimento alla stratigrafia assunta, si sono assunti i parametri geotecnici caratteristici riportati in Tab. 2.

Per i livelli detritici si è assunta una variabilità progressiva con la profondità su strati di 4m, facendo incrementare l'angolo di attrito da 33° a 36° e comunque nell'ambito della forchetta dei parametri geotecnici del Rif. [2] (32÷38°)

Per la porzione alterata dell'ammasso roccioso di base si sono assunti parametri più cautelativi rispetto a quelli indicati nel Rif. [2], e coerenti con le assunzioni di PD.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 12 di 96

Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto						
STRATO	Quota da testa cordolo		γ_k	c_k	ϕ_k	E_k
	da (m)	a (m)	(KN/m ³)	(kPa)	(°)	(MPa)
Deposito granulare 1	0.0	4.0	20	0	33	50
Deposito granulare 2	4.0	8.0	20	0	34	50
Deposito granulare 3	8.0	12.0	20	0	35	50
Deposito granulare 4	12.0	16.5	20	0	36	50
Substrato roccioso (BSSb)	16.5	-	27	123	38.7	450

Tab. 2 - Valori caratteristici dei principali parametri geotecnici utilizzati nelle analisi per l'imbocco

4.4 REGIME IDRAULICO

Il livello della falda di riferimento è tale da non interessare le opere di imbocco oggetto di questa relazione.

4.5 CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO

Le opere in progetto per l'imbocco della galleria "Chiusa" si trovano nel comune di Chiusa, in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 46.63442, Longitudine 11.56157.

Alle strutture di sostegno, trattandosi di opere provvisoriale, si attribuisce una vita nominale V_N di 35 anni e una classe d'uso III a cui corrisponde il coefficiente C_u pari a 1.5 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza, il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica, V_R , si assume pari a 52.5 anni (DM 14/01/2008).

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{VR} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto, T_R , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale (Tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14/01/2008):

- a_g : accelerazione orizzontale massima
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per le opere provvisoriale di imbocco il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 14/01/2008):

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 13 di 96

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.
- S_S è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008);
- S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

La categoria di sottosuolo è stata valutata sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica, in particolare sulla base della velocità delle onde di taglio ponderata sui primi 30 metri di profondità.

Sulla base degli andamenti delle suddette grandezze con la profondità, con riferimento al documento "Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica" (Rif. [1]) cui si rimanda per maggiori approfondimenti, si individua come categoria di sottosuolo la classe sismica "B".

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica per le opere d'imbocco sono riassunti in Tab. 3.

La definizione dei coefficienti sismici per le opere di sostegno provvisionali, in accordo a quanto prescritto dalla normativa, è riportata al § 6.1.3, mentre l'effetto del sisma sulle strutture, valutato in termini di azioni sismiche agenti, è valutato al § 7.3.1.

Accelerazione Sismica di progetto – Imbocco Finestra di Chiusa	
	Strutture di sostegno
Coord. geografiche	Lat. 46.63442 Long. 11.56157
T_R (-)	498
a_g/g (-)	0.052
F_0 (-)	2.561
Categoria sottosuolo	B
S_S (-)	1.2
Categoria topografica	T2
S_T (-)	1.2
a_{max}/g (-)	0.0749

Tab. 3 - Parametri per la definizione dell'accelerazione sismica

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 14 di 96

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008.

5.1 STRUTTURE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI

Calcestruzzo	
Classe di resistenza del calcestruzzo	C 25/30
Resistenza a compressione a 28 giorni di calcolo	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 14.16 \text{ MPa}$
Sforzo massimo di compressione in esercizio	$0.55f_{ck} = 13.75 \text{ MPa}$ combinaz. caratteristica (rara) $0.40f_{ck} = 10.0 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente
Modulo elastico medio a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$

Tab. 4 – Proprietà del calcestruzzo

Acciaio per armatura dei micropali	
Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/1.05 = 261.9 \text{ MPa}$
Modulo elastico di calcolo	$E_d = 210000 \text{ MPa}$

Tab. 5 – Proprietà dell'acciaio per armatura dei micropali

Acciaio per profilati	
Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = 275/1.05 = 261.9 \text{ MPa}$
Modulo elastico di calcolo	$E_d = 210000 \text{ MPa}$

Tab. 6 – Proprietà dell'acciaio per profilati

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 15 di 96

Acciaio da precompressione per tiranti	
Tipo	Barre Ø32mm (tipo Dywidag Y1050H o equivalenti)
Tensione di rottura caratteristica	$f_{ptk} = 1050 \text{ MPa}$
Tensione elastica all'1% di deformazione	$f_{p(1)k} = 950 \text{ MPa}$
Modulo elastico di calcolo	$E_d = 200000 \text{ MPa}$

Tab. 7 – Proprietà dell'acciaio per tiranti

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 16 di 96

6. VERIFICHE ESEGUITE

Di seguito viene presentato l'elenco delle azioni considerate nel calcolo, delle verifiche effettuate e degli approcci progettuali adottati, in accordo alle disposizioni del DM 14.01.2008 e al manuale di progettazione RFI delle opere civili.

6.1 OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI

6.1.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno dell'imbocco sono le seguenti:

- azioni permanenti strutturali: peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera;
- azioni variabili: carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno, atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere;
- azione sismica: carico distribuito sull'intera altezza della paratia dovuto all'inerzia del terreno e della paratia stessa. L'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita al Par. 4.5; la definizione dei coefficienti sismici, in accordo a quanto prescritto dalla normativa, è riportata al § 6.1.3; l'effetto del sisma sulle strutture, è valutato al § 7.3.1.

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera. Si trascurano gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la struttura di sostegno (DM 14/01/2008).

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche:

- combinazione fondamentale (SLU);
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0.2.

6.1.1.1. Azioni sismiche

Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità (DM 14/01/2008).

Si è adottato il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 14/01/2008):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right)$$

$$k_v = 0$$

dove:

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito, definita al § 4.5,

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 17 di 96

α coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008, qui riportata in Fig. 4),

β coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008, qui riportata in Fig. 5).

Il coefficiente sismico verticale. Il coefficiente sismico verticale k_v è stato assunto pari a 0 conformemente a §7.11.6.3 del DM 14/01/2008.

Per la valutazione della spinta passiva si assume $\alpha=1$ (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008).

I coefficienti di spinta attiva sono stati determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926) mentre quelli di spinta passiva con la relazione di Lancellotta (2007), come riportato al § 7.3.1.

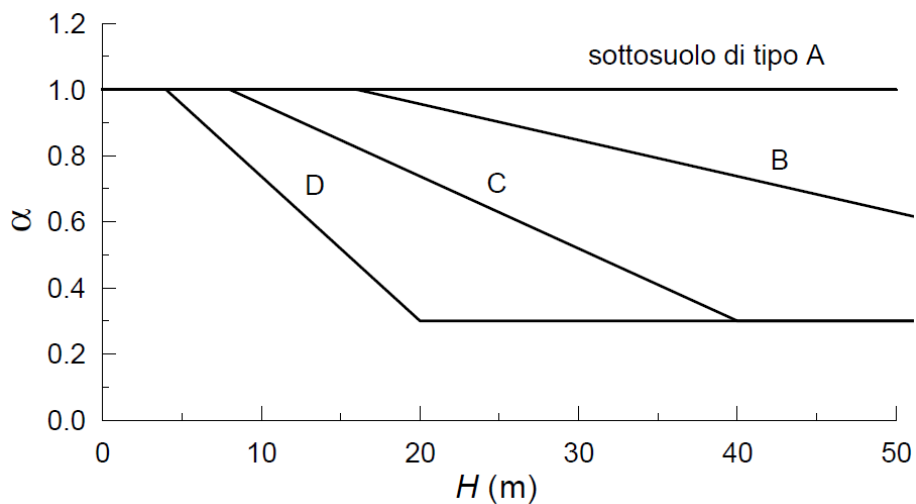


Fig. 4 - Abaco per la determinazione del coefficiente di deformabilità in funzione dell'altezza dell'opera (estratto dalla Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008)

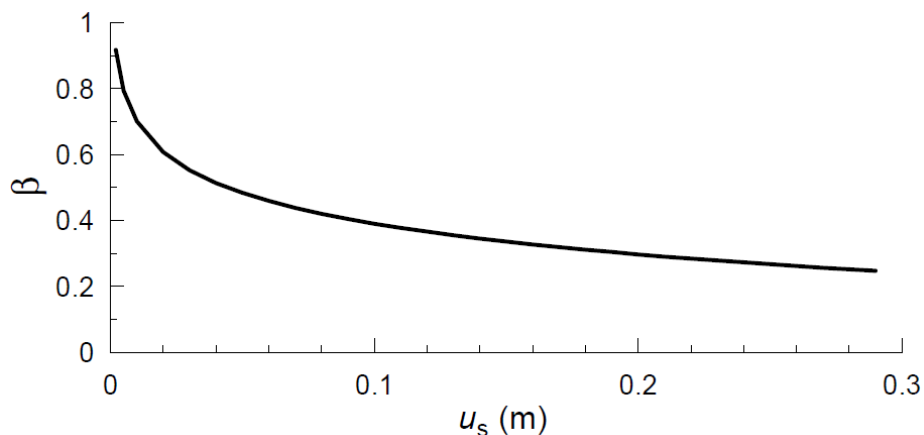


Fig. 5 - Abaco per la determinazione del coefficiente di spostamento β in funzione dello spostamento orizzontale dell'opera (estratto dalla Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008)

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 18 di 96

6.1.2 Verifiche in condizioni statiche

Le verifiche sono state eseguite nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU) (Tab. 8):

- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali (micropalo e travi di ripartizione);
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- collasso del complesso opera-terreno (dovuto ad una eccessiva spinta della paratia sul terreno di valle);
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera.

I coefficienti di spinta passiva sono stati determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007).

L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , è stato assunto pari a $2/3$ della resistenza al taglio del terreno naturale, ϕ' .

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; inoltre, considerando la natura provvisoria delle opere in oggetto e l'assenza di fabbricati e altre opere da salvaguardare nelle loro vicinanze, non sono state eseguite verifiche nei confronti degli SLE.

Conformemente a quanto prescritto nel DM 14/01/2008 per le strutture di sostegno flessibili, le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) delle opere provvisorie d'imbocco sono state eseguite adottando l'Approccio Progettuale 1 e considerando diverse combinazioni di coefficienti di sicurezza parziali (vedere Tab. 8÷Tab. 11).

In particolare:

- Per la verifica del raggiungimento della resistenza a flessione e taglio dei micropali e della trave di ripartizione è stato applicato l'Approccio 1 – Combinazione 1 ($A1+M1+R1$, $\gamma_{R1}=1$);
- Per la verifica del raggiungimento della resistenza a trazione degli ancoraggi è stato applicato l'Approccio 1 – Combinazione 1 ($A1+M1+R3$, $\gamma_s=1.15$);
- Per la verifica allo sfilamento degli ancoraggi è stato applicato l'Approccio 1 – Combinazione 1 ($A1+M1+R3$, $\gamma_{Ra,t}=1.1$);
- Per la verifica della gerarchia delle resistenze è stato applicato l'Approccio 1 – Combinazione 1 ($A1+M1+R3$, $\gamma_R=1$);
- Per la verifica geotecnica del collasso del complesso opera-terreno dovuto ad una eccessiva spinta della paratia sul terreno di valle, è stato applicato l'Approccio 1 – Combinazione 2 ($A2+M2+R1$, $\gamma_{R1}=1$);
- Per la verifica della stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1 – Combinazione 2 ($A2+M2+R2$, $\gamma_R=1.1$).

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 19 di 96

Opera	Parte d' opera	Verifiche	Approccio	Stato Limite
Paratia	Micropalo e trave di ripartizione	Raggiungimento della resistenza a flessione e taglio	Approccio1-CMB1 (A1+M1+R1, $\gamma_{R1}=1$)	SLU-STR
	Ancoraggi	Raggiungimento della resistenza a trazione	Approccio1-CMB1 (A1+M1+R3, $\gamma_s=1.15$)	SLU-STR
		Raggiungimento della resistenza a sfilamento	Approccio1-CMB1 (A1+M1+R3, $\gamma_{R,t}=1.1$)	
		Gerarchia delle resistenze	Approccio1-CMB1 (A1+M1+R3, $\gamma_R=1$)	
	Terreno	Raggiungimento della resistenza passiva a valle della paratia	Approccio1-CMB2 (A2+M2+R1, $\gamma_{R1}=1$)	SLU-GEO
		Instabilità globale	Approccio1-CMB2 (A2+M2+R2, $\gamma_R=1.1$)	
		Instabilità locale	Approccio1-CMB2 (A2+M2+R2, $\gamma_R=1.1$)	

Tab. 8 - Verifiche agli SLU e approcci adottati – Opere provvisionali

CARICHI	COEFFICIENTE PARZIALE A1	COEFFICIENTE PARZIALE A2
Permanente sfavorevole	$\gamma_G=1,30$	$\gamma_G=1,00$
Permanente favorevole	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,00$
Variabile sfavorevole	$\gamma_G=1,50$	$\gamma_G=1,30$
Variabile favorevole	$\gamma_G=0,00$	$\gamma_G=0,00$

Tab. 9 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (SLU) – Opere provvisionali

PARAMETRO	COEFFICIENTE PARZIALE M1	COEFFICIENTE PARZIALE M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio $\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}=1,00$	$\gamma_{\phi'}=1,25$
Coesione efficace c'_k	$\gamma_c=1,00$	$\gamma_c=1,25$
Resistenza non drenata c_{uk}	$\gamma_{Cu}=1,00$	$\gamma_{Cu}=1,40$
Peso dell'unità di volume γ	$\gamma_\gamma=1,00$	$\gamma_\gamma=1,00$

Tab. 10 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (SLU) – Opere provvisionali

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 20 di 96

PARAMETRO	COEFF. PARZIALE R1	COEFF. PARZIALE R2	COEFF. PARZIALE R3
Resistenza del terreno di valle	$\gamma_R=1,00$	–	–
Resistenza a sfilamento degli ancoraggi (temporanei)	–	–	$\gamma_R=1,1$
Resistenza per le verifiche di stabilità	–	$\gamma_R=1,1$	–

Tab. 11 - Coefficienti parziali delle resistenze geotecniche (SLU) – Opere provvisionali

6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche

Le stesse tipologie di verifica eseguite in condizioni statiche sono state condotte in condizioni sismiche allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno.

In Tab. 12 si riporta un riepilogo degli approcci seguiti per le verifiche SLV di ciascuna parte d'opera e da Tab. 13 a Tab. 15 dei coefficienti parziali di normativa utilizzati.

Opera	Parte d' opera	Verifiche	Approccio	Stato Limite
Paratia	Micropalo e trave di ripartizione	Raggiungimento della resistenza a flessione e taglio	Approccio1-CMB1 (A1+M1+R1, $\gamma_{R1}=1$)	SLV-STR
	Ancoraggi (temporanei)	Raggiungimento della resistenza a trazione	Approccio1-CMB1 (A1+M1+R3, $\gamma_s=1.15$)	SLV-STR
		Raggiungimento della resistenza a sfilamento	Approccio1-CMB1 (A1+M1+R3, $\gamma_{Ra,t}=1.1$)	
		Gerarchia delle resistenze	Approccio1-CMB1 (A1+M1+R3, $\gamma_R=1$)	
	Terreno-opera	Raggiungimento della resistenza passiva a valle della paratia	Approccio1-CMB2 (A2+M2+R1, $\gamma_{R1}=1$)	SLV-GEO
		Instabilità globale	Approccio1-CMB2 (A2+M2+R2, $\gamma_R=1.1$)	
		Instabilità locale	Approccio1-CMB2 (A2+M2+R2, $\gamma_R=1.1$)	

Tab. 12 - Verifiche agli SLV e approcci adottati – Opere provvisionali

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 21 di 96

CARICHI	COEFFICIENTE PARZIALE A1	COEFFICIENTE PARZIALE A2
Permanente sfavorevole	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente favorevole	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Variabile sfavorevole	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Variabile favorevole	$\gamma_G = 0,00$	$\gamma_G = 0,00$

Tab. 13 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (SLV) – Opere provvisoriale

PARAMETRO	COEFFICIENTE PARZIALE M1	COEFFICIENTE PARZIALE M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio $\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'} = 1,00$	$\gamma_{\phi'} = 1,25$
Coesione efficace c'_k	$\gamma_{c'} = 1,00$	$\gamma_{c'} = 1,25$
Resistenza non drenata c_{uk}	$\gamma_{c_{u}} = 1,00$	$\gamma_{c_{u}} = 1,40$
Peso dell'unità di volume γ	$\gamma_{\gamma} = 1,00$	$\gamma_{\gamma} = 1,00$

Tab. 14 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (SLV) – Opere provvisoriale

PARAMETRO	COEFF. PARZIALE R1	COEFF. PARZIALE R2	COEFF. PARZIALE R3
Resistenza del terreno di valle	$\gamma_R = 1,00$	–	–
Resistenza a sfilamento degli ancoraggi (temporanei)	–	–	$\gamma_R = 1,2$
Resistenza per le verifiche di stabilità	–	$\gamma_R = 1,1$	–

Tab. 15 - Coefficienti parziali delle resistenze geotecniche (SLV)

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 22 di 96

7. METODOLOGIE DI ANALISI

7.1 ANALISI DELL'INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

L'interazione terreno struttura per le opere di sostegno provvisionali è stata analizzata mediante un modello del tipo "trave su molle" attraverso il software Paratie Plus (v. 22.0.0).

Le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale EJ, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi di terreno (Fig. 6).

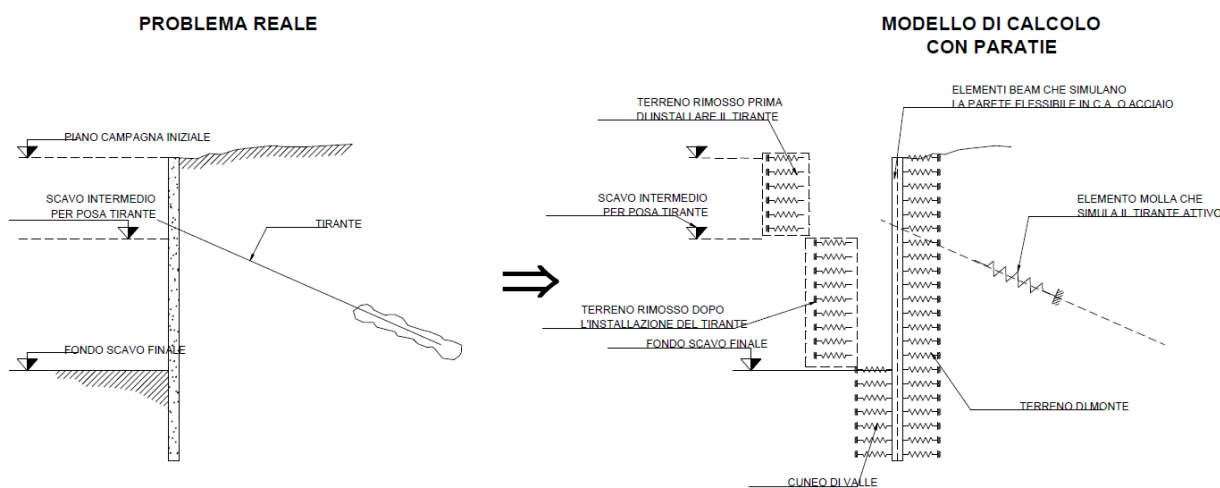


Fig. 6 - Modellazione dell'interazione terreno-struttura

Elementi molla vengono utilizzati anche per simulare eventuali tiranti, questi sono caratterizzati da una rigidità assiale EA/L , dove E è il modulo elastico del materiale costituente il tirante, A l'area per unità di larghezza del tirante nel tratto deformabile e L la lunghezza del tratto deformabile del tirante, che può essere stimata come indicato nella Fig. 6; il coefficiente η in Fig. 7 è stato assunto pari a 0,5 nella presente relazione.

I tiranti provocano nel modello due effetti: un supporto attivo già presente subito dopo l'installazione (forza di pretensione) nel caso di tiranti attivi; una forza dovuta allo spostamento della testa del tirante, proporzionale allo spostamento e alla sua rigidità assiale.

Il pendio eventualmente presente a monte della paratia è rappresentato mediante carico nastriforme equivalente posto su terreno orizzontale, la cui entità viene valutata in automatico dal software interpolando le quote intermedie della superficie inclinata con un passo di discretizzazione costante ed assegnando il rispettivo peso per unità di volume. Il carico nastriforme in superficie provoca una variazione alla Boussinesq di sforzi verticali efficaci all'interno del terreno.

Lo sforzo verticale efficace σ'_{vo} nel terreno è calcolato in Paratie Plus indipendentemente dalle deformazioni alle quali la parete è soggetta attraverso semplici formule che tengono conto, fase per fase, della quota del piano campagna e dei sovraccarichi.

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 23 di 96

Nella fase iniziale (prima dello scavo), lo sforzo orizzontale efficace nel generico elemento terreno è calcolato come segue:

$$\sigma'_{ho} = K_0 \sigma'_{vo} \text{ in assenza di carichi di superficie;}$$

$$\sigma'_{ho} = K_0 \sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_{ho} \text{ in presenza di carichi di superficie;}$$

dove K_0 è il coefficiente di spinta a riposo, $\Delta\sigma'_{ho}$ è l'incremento di sforzo efficace dovuto al sovraccarico (Fig. 7). Quest'ultimo è calcolato attraverso la soluzione del semispazio elastico sollecitato da un carico nastriforme; la formula è applicata ipotizzando il piano libero del semispazio elastico coincidente con la quota di imposta del sovraccarico.

Lo sforzo orizzontale varia durante le analisi in funzione degli spostamenti della paratia.

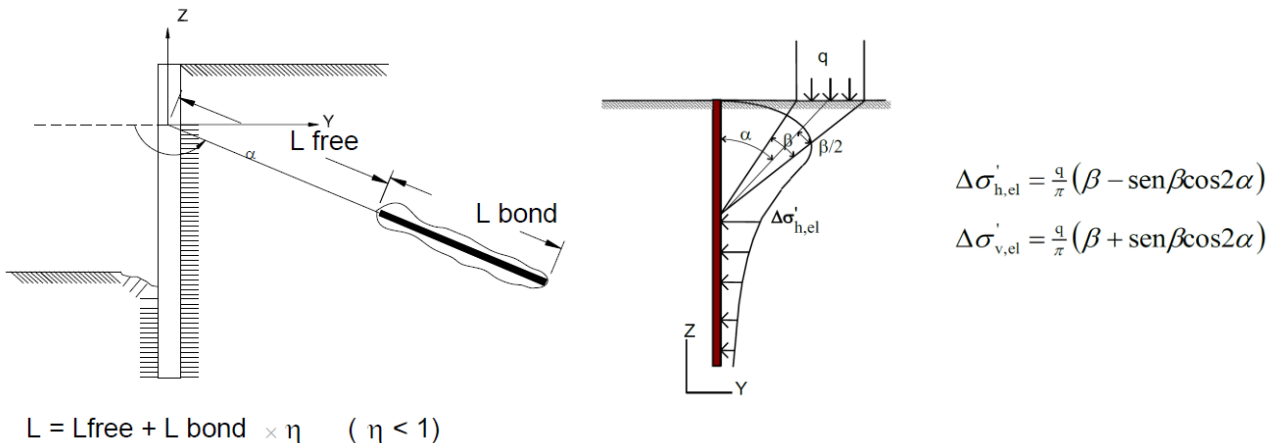


Fig. 7 - Lunghezza deformabile del tirante (sx) – Distribuzione degli sforzi sulla paratia (dx)

7.2 ANALISI DI STABILITÀ

7.2.1 Analisi di stabilità globale

L'analisi di stabilità globale è svolta sulla sola opera di sostegno provvisoria, con il metodo all'equilibrio limite di Bishop attraverso il software Paratie Plus (v. 2022.0.0, Rif. [23]).

La superficie di scorrimento critica associata al coefficiente di sicurezza minimo è stata determinata dal programma analizzando numerose superficie di scorrimento aventi i punti di partenza e di fine variabili all'interno di intervalli predefiniti.

Un tirante/chiodo può costituire un contributo ai fini della stabilità della massa potenzialmente instabile.

Paratie Plus include tale contributo nel seguente modo:

- determina la resistenza di calcolo F_{anchor} disponibile, pari al minimo tra
 - la resistenza strutturale;
 - la resistenza del tratto ancorato al terreno, per la sola quota-parte della fondazione esterna alla superficie di scivolamento ($L_{B,avl}$ in figura)

APPALTATORE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 24 di 96

2. individua il concio la cui base contiene l'intersezione tra la superficie di scivolamento e il tirante;
3. nel risolvere le condizioni di equilibrio locale di quel concio, aggiunge il contributo F_{anchor} ;
4. assembla il contributo del concio, dipendente quindi anche dalla resistenza di calcolo del tirante.

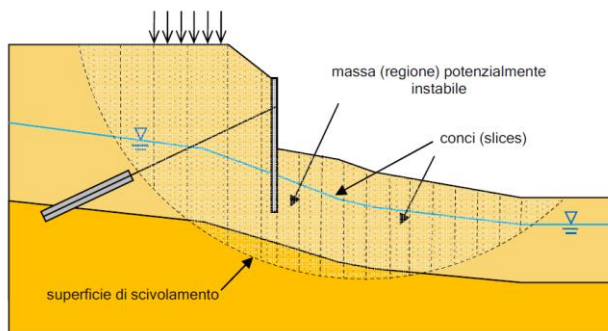


Fig. 8 - Paratie plus – verifica di stabilità globale

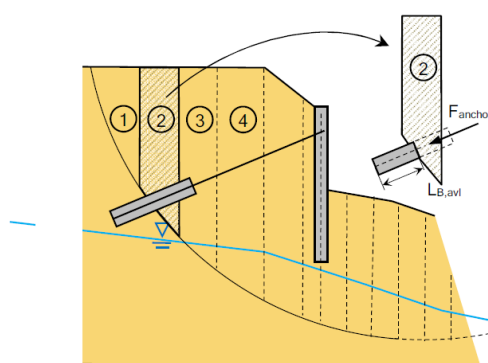


Fig. 9 - Paratie plus – inserimento tirante/chiodo (da Rif. [23])

7.2.2 Analisi di stabilità locale

L'analisi di stabilità locale è svolta su una generica scarpata inclinata 1:1, con il metodo all'equilibrio limite di Bishop attraverso il software Slide (v. 6.032, Rif. [24]). Lo scopo di questa analisi è di verificare la stabilità della scarpata di scavo realizzata a monte della paratia e protetta con uno strato di spritz-beton di spessore 10cm armato con rete elettrosaldata phi 6mm maglia 10cm x 10cm.

Il software utilizzato opera secondo i metodi classici dell'equilibrio limite e consente la valutazione del coefficiente di sicurezza di un versante in condizioni statiche e in condizioni sismiche attraverso una verifica pseudostatica.

I metodi di calcolo implementati nel programma operano suddividendo il volume di terreno potenzialmente instabile in conchi elementari a lati verticali e paralleli e determinando la superficie di scivolamento a cui è associato il minimo fattore di sicurezza. Tra i diversi metodi di calcolo presenti in letteratura e implementati nel software di calcolo, si è adottato per il caso in esame l'approccio di Bishop semplificato.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 25 di 96

7.3 ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE

7.3.1 Opere di sostegno provvisionali

L'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel § 4.5, il coefficiente sismico orizzontale al § 6.1.1.1

Analisi di interazione e analisi di stabilità globale sono state condotte assumendo le stesse metodologie adottate in condizioni statiche attraverso il software Paratie Plus.

L'effetto del sisma è stato tenuto in conto attraverso il metodo pseudostatico. L'azione sismica è stata simulata attraverso l'applicazione di un carico orizzontale uniforme agente da monte verso valle sull'intera altezza dell'opera. Il carico sismico è stato valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe:

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H$$

dove:

- γ peso dell'unità di volume del terreno;
- H altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso);
- K_{aE} coefficiente di spinta attiva del terreno in condizioni sismiche;
- K_a coefficiente di spinta attiva del terreno in condizioni statiche;

I coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche K_{aE} sono stati determinati attraverso le relazioni di Mononobe (1929) e Okabe (1926).

I coefficienti di spinta passiva in condizioni sismiche sono stati determinati secondo la formulazione di Lancellotta (2007). Inoltre, per la sola condizione sismica, è stata simulata la diminuzione della resistenza passiva di contenimento al piede, assumendo un rapporto angolo di attrito muro-terreno e angolo di attrito del terreno (δ/ϕ') pari a 0.

Nel calcolo del coefficiente di spinta passiva del terreno in condizioni sismiche K_{pE} , il coefficiente sismico orizzontale k_h è stato calcolato con la stessa formula presentata sopra (DM 14/01/2008), ma considerando un valore unitario del coefficiente di deformabilità ($\alpha=1$).

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE	Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	CL	GA0500	C	26 di 96

8. OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI – SEZIONI DI CALCOLO

Le verifiche sono state condotte sulle sezioni aventi le peggiori condizioni di spinta:

- **Sezione 1:** berlinese frontale, H=18m, altezza di scavo 12.7m, posizionata in mezzeria del tratto centrale della paratia, con 4 ordini di tiranti;
- **Sezione 2:** berlinese laterale, H=16m, altezza di scavo 11.9, con 3 ordini di tiranti.
- **Sezione 3:** berlinese laterale, H=12m, altezza di scavo 7.8m, con 2 ordini di tiranti.

In Fig. 10 e Fig. 11 si riportano le posizioni in pianta e sulla sviluppata delle sezioni di calcolo.

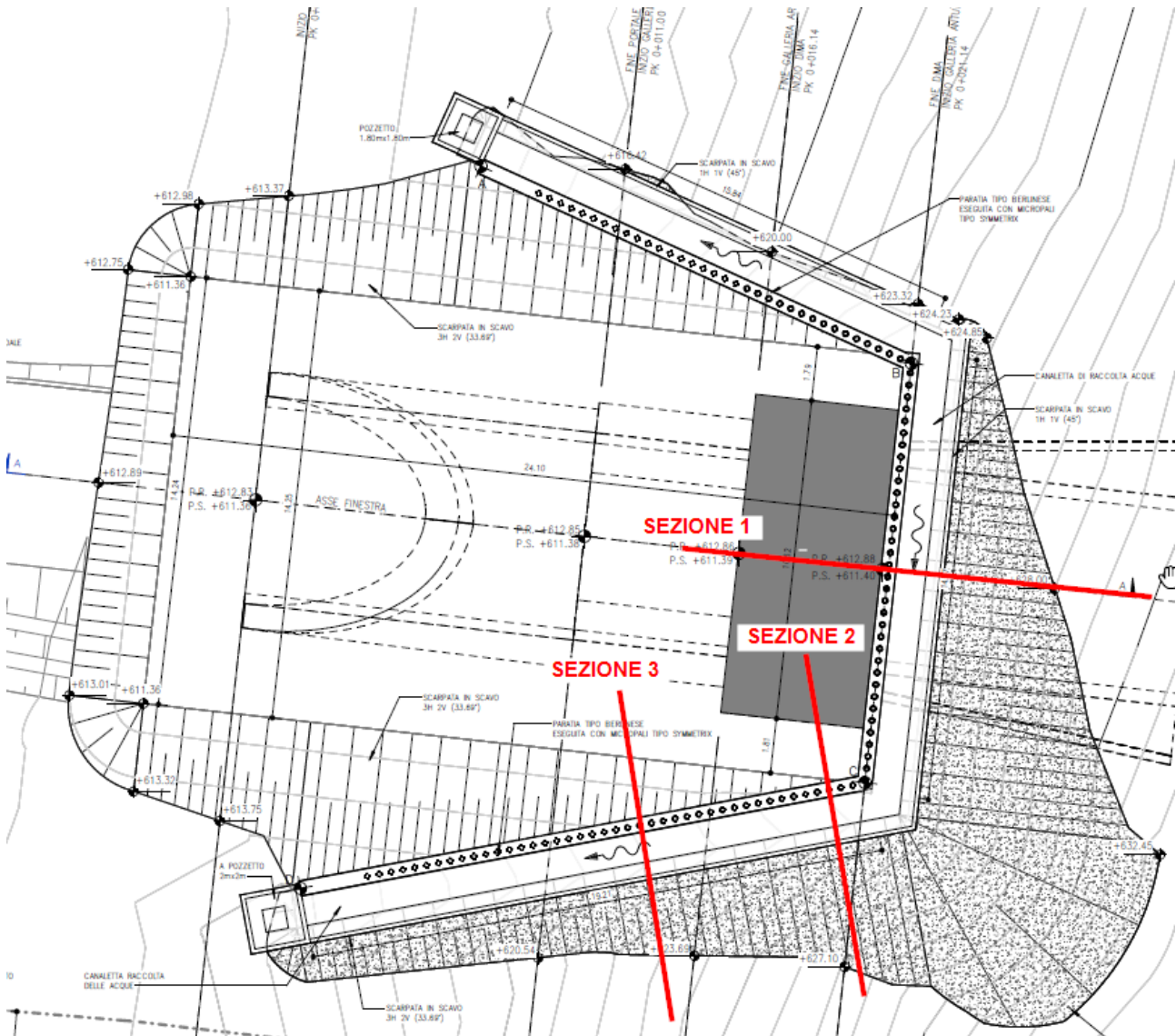


Fig. 10 - Planimetria con indicazione delle sezioni di calcolo

APPALTATORE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 27 di 96

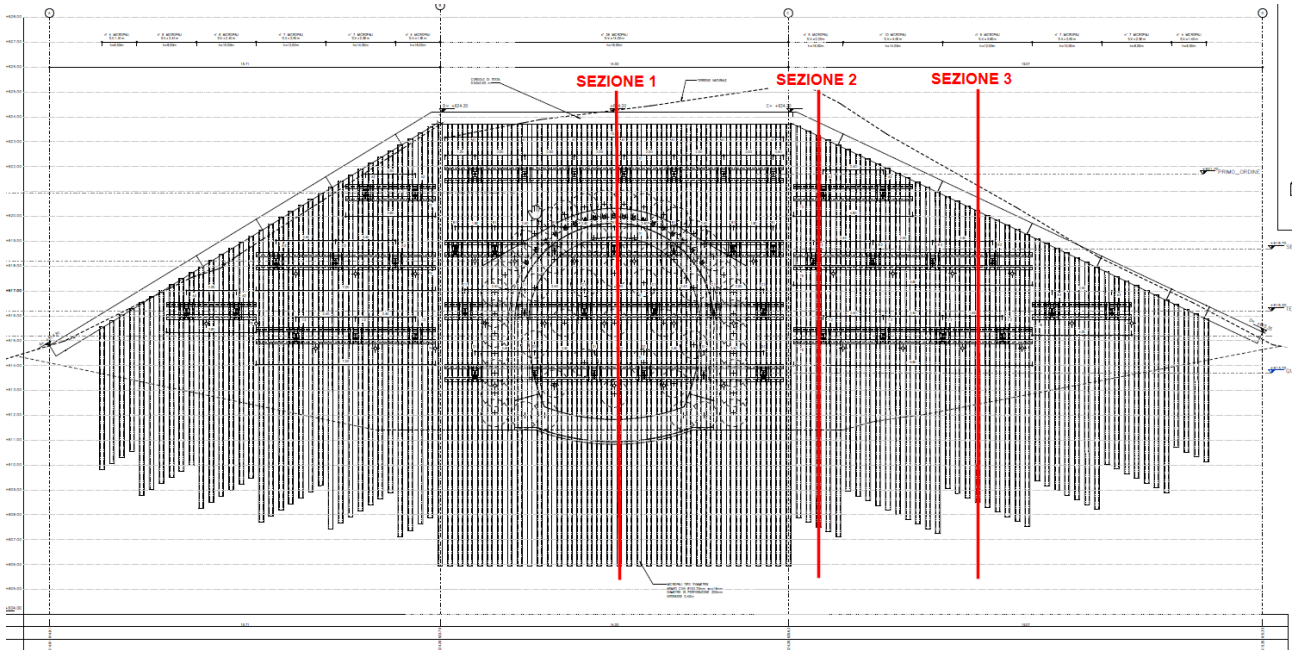


Fig. 11 - Sviluppata con indicazione delle sezioni di calcolo

8.1 SEZIONE 1

8.1.1 Caratteristiche geometriche della struttura

La Tab. 16 presenta le caratteristiche geometriche della struttura ed i sovraccarichi.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 28 di 96

SEZIONE 1 – CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'OPERA E SOVRACCARICHI	
Tipologia	Micropali tipo Simmetrix $\varnothing 193.7\text{mm}$, spessore 16mm, passo 0,4m
Altezza totale paratia H	18 m
Altezza di scavo paratia	12.7m
Ordini di tiranti (n°)	4
Passo orizzontale tiranti	1° ordine: 2.0m 2°÷4° ordine: var. 2.0÷2.4m
Quota dei tiranti da testa paratia	1° ordine: -2.5m 2° ordine: -5.5m 3° ordine: -8.0m 4° ordine: -10.5m
Inclinazione piano campagna a monte	(vedi sovraccarico permanente a monte)
Inclinazione piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	0÷400kPa , carico fittizio variabile linearmente, equivalente alla pendenza del piano campagna
Sovraccarichi permanenti a valle	-
Sovraccarichi variabili a monte	20 kPa (sovraccarico accidentale mezzi)
Sovraccarichi variabili a valle	-

Tab. 16 - Sezione 1, Caratteristiche geometriche della struttura e sovraccarichi

8.1.2 Modello di calcolo

La Fig. 12 mostra il modello di calcolo dell'opera in corrispondenza della Sezione 1, nella configurazione finale.

APPALTAZIONE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandatari: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 29 di 96

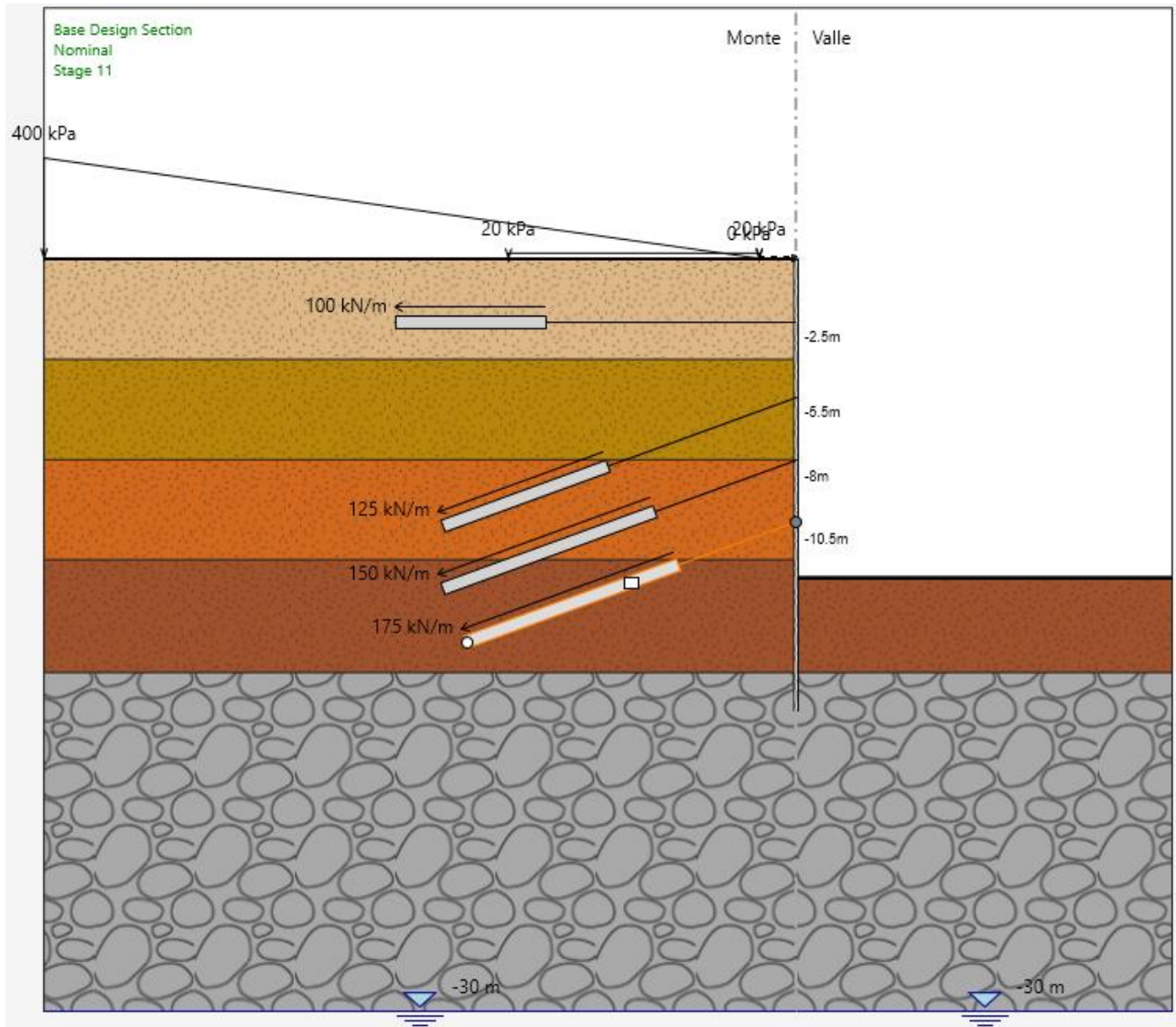


Fig. 12 - Sezione 1, Modello di calcolo

8.1.3 Parametri geotecnici in condizioni statiche

I parametri geotecnici di calcolo assunti nelle analisi in condizioni statiche sono riportati in Tab. 17.

L'angolo di attrito muro-terreno è stato calcolato considerando un rapporto $\phi'/\delta=2/3$.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 30 di 96

Sez.	Unità litologica	Gruppo coeff. parziali	γ (kN/m^3)	c'_d (kPa)	ϕ'_d ($^\circ$)	δ ($^\circ$)	E'_d (MPa)	E'_{ur} (MPa)	K_0 (-)	K_{ah} (-)	K_{ph} (-)
1	Substrato detritico no.1	M1	20	0	33	22.0	50	80	0.455	0.245	5.655
		M2		0	27.5	18.3			0.538	0.312	3.950
	Substrato detritico no.2	M1	20	0	34	22.7	50	80	0.441	0.235	6.062
		M2		0	28.4	18.9			0.524	0.300	4.175
	Substrato detritico no.3	M1	20	0	35	23.3	50	80	0.426	0.224	6.510
		M2		0	29.3	19.5			0.511	0.288	4.418
	Substrato detritico no.4	M1	20	0	36	24.0	50	80	0.412	0.215	7.004
		M2		0	30.2	20.1			0.497	0.277	4.683
	Unità BSSb	M1	27	123	38.7	25.8	450	1350	0.430	0.190	8.616
		M2		98.4	32.7	21.8			0.460	0.249	5.523

Tab. 17 - Sezione 1, Parametri geotecnici (condizione statiche)

8.1.4 Parametri geotecnici in condizioni sismiche

I parametri geotecnici di calcolo assunti nelle analisi in condizioni sismiche sono riportati in Tab. 18.

Il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche è stato determinato secondo la formulazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). Il coefficiente di spinta passiva in condizioni sismiche è stato determinato secondo la formulazione di Lancellotta (2007).

Nelle suddette formulazioni analitiche:

- L'inclinazione del pendio a monte della paratia è stato assunto pari a zero (terreno orizzontale).
- Il coefficiente sismico orizzontale k_h (utilizzato nei calcoli dei coefficienti di spinta attiva e passiva in condizioni sismiche) è stato calcolato secondo le prescrizioni della normativa (DM 14/01/2008) come spiegato nel § 7.3.1.

Per il calcolo del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche K_{ahE} , il coefficiente α è stato determinato attraverso la Fig. 4 assumendo:

- un sottosuolo di tipo B;
- un'altezza dell'opera $H = 18$ m.

Per il calcolo del coefficiente di spinta passiva in condizioni sismiche K_{pE} , il coefficiente α è stato assunto pari a 1.

Il coefficiente β assunto nel calcolo dei coefficienti di spinta attiva e passiva del terreno in condizioni sismiche (K_{aE} , K_{pE}), è stato determinato attraverso la Fig. 5 assumendo:

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 31 di 96

- uno spostamento massimo ammissibile u_s pari a $0.005H = 0.09m$.

Sez.	Parametro	Simbolo /Unità	Valore	
1	Altezza paratia	H (m)	18	
	Spostamento ammissibile ($u_s=0.005H$)	u_s (m)	0,090	
	Categoria di sottosuolo	CAT. (-)	B	
	Coefficiente di deformabilità	β (-)	0,3792	
	Coefficiente di spostamento	α (-)	0.987	1
	Coefficiente sismico orizzontale	k_h (-)	0.0280	0.0284

Tab. 18 - Sezione 1, Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Sez.	Unità litologica	Gruppo coeff. parziali	γ (kN/m^3)	c'_d (kPa)	ϕ'_d (°)	δ (°)	E'_d (MPa)	E'_{ur} (MPa)	K_{ah} (-)	K_{ph} (-)
1	Substrato detritico no.1	M1	20	0	33	22.0	50	80	0.265	3.290
		M2		0	27.5	18.3			0.334	2.623
	Substrato detritico no.2	M1	20	0	34	22.7	50	80	0.254	3.432
		M2		0	28.4	18.9			0.322	2.719
	Substrato detritico no.3	M1	20	0	35	23.3	50	80	0.242	3.581
		M2		0	29.3	19.5			0.309	2.819
	Substrato detritico no.4	M1	20	0	36	24.0	50	80	0.232	3.739
		M2		0	30.2	20.1			0.298	2.926
	Unità BSSb	M1	27	123	38.7	25.8	450	1350	0.206	4.213
		M2		98.4	32.7	21.8			0.268	3.242

Tab. 19 - Sezione 1, Parametri geotecnici (condizione sismiche)

8.1.5 Fasi di calcolo

Le fasi di calcolo sono definite in Tab. 20.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 32 di 96

FASI DI CALCOLO	
Fase 1	– Step geostatico
Fase 2	– Installazione della paratia di micropali e applicazione del carico variabile Q_1 (rappresentativo dei mezzi di cantiere);
Fase 3	– Realizzazione scavo a -3.0 m dalla testa della paratia;
Fase 4	– Installazione del primo ordine di tiranti a quota -2.5 m e pretiro dello stesso;
Fase 5	– Realizzazione scavo a -6.0 m dalla testa della paratia;
Fase 6	– Installazione del secondo ordine di tiranti a quota -5.5 m e pretiro dello stesso;
Fase 7	– Realizzazione scavo a -8.5 m dalla testa della paratia;
Fase 8	– Installazione del terzo ordine di tiranti a quota -8.0 m e pretiro dello stesso;
Fase 9	– Realizzazione scavo a -11.0 m dalla testa della paratia;
Fase 10	– Installazione del quarto ordine di tiranti a quota -10.5 m e pretiro dello stesso;
Fase 11	– Scavo fino alla quota di fondo scavo a quota -12.7m dalla testa della paratia;
Fase 12	– Applicazione della forza pseudostatica derivante dal sisma provvisorio ΔS_E e variazione del coefficiente di spinta K_p ;

Tab. 20 - Sezione 1, Fasi di calcolo.

8.1.6 Risultati

I risultati sono riportati nelle seguenti figure:

- Spostamenti orizzontali della paratia in condizioni statiche (SLE) (Fig. 13);
- Momento flettente sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 14);
- Inviluppo del momento flettente sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 15);
- Momento flettente sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 16);
- Sforzo di taglio sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 17);
- Inviluppo dello sforzo di taglio sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 18);
- Sforzo di taglio sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 19);
- Tiro nei tiranti per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 20);
- Inviluppo dello sforzo assiale sui tiranti in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 21);
- Sforzo assiale sui tiranti in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 22).

I risultati sono anche sintetizzati nelle seguenti tabelle:

- Valori massimi degli spostamenti orizzontali in condizioni statiche e sismiche (Tab. 21);
- Valori massimo e minimo dei momenti flettenti sulla paratia (Tab. 22);
- Valori massimo e minimo degli sforzi di taglio sulla paratia (Tab. 23);

APPALTATORE: webuild  		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco		COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 33 di 96

- Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti (Tab. 24).

Per quanto riguarda gli spostamenti orizzontali della paratia, si può osservare dai valori di Tab. 21 che allo stato limite di esercizio (SLE) essi risultano $\leq 30\text{mm}$ e compatibili con le condizioni al contorno della paratia. Si osserva inoltre che gli spostamenti calcolati per le condizioni sismiche risultano inferiori ai limiti di normativa di cui alla Tab. 18: massimo spostamento ammissibile $u_s = 0.005H = 90\text{mm}$ per il caso in esame.

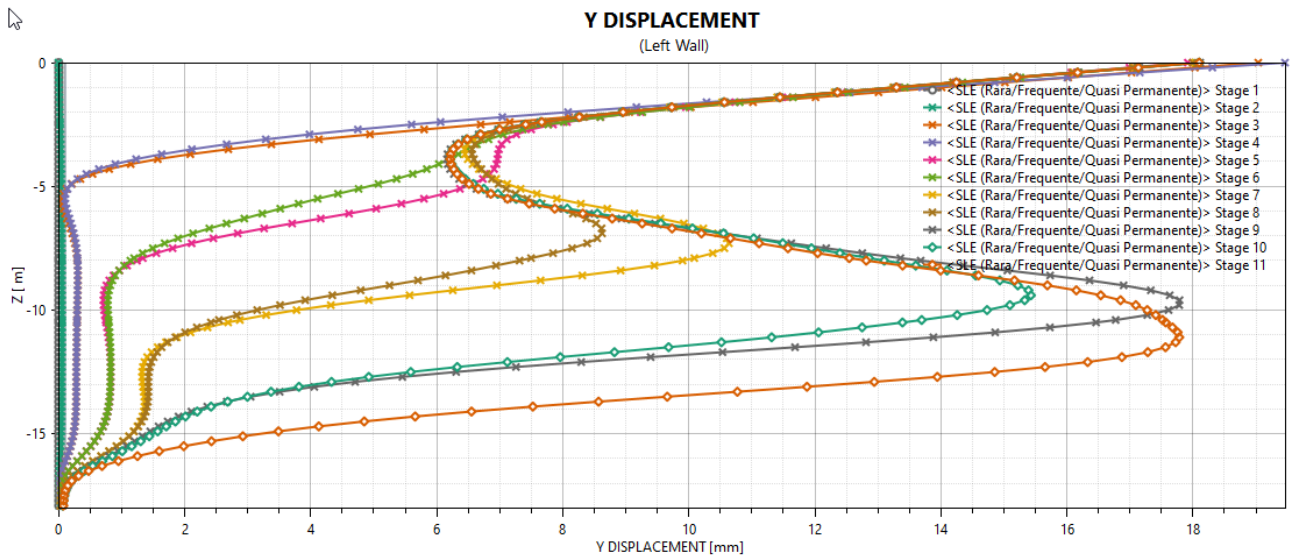


Fig. 13 – Sezione 1 – Spostamenti orizzontali della paratia – Fasi statiche (SLE)

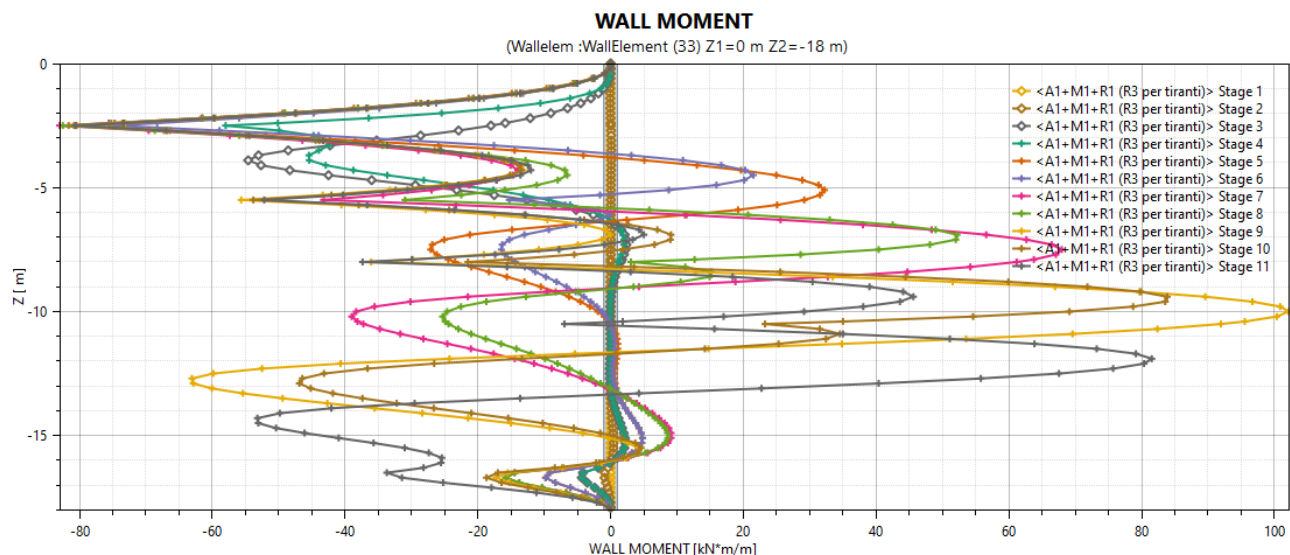


Fig. 14 – Sezione 1 – Momento flettente sulla paratia – Fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 34 di 96

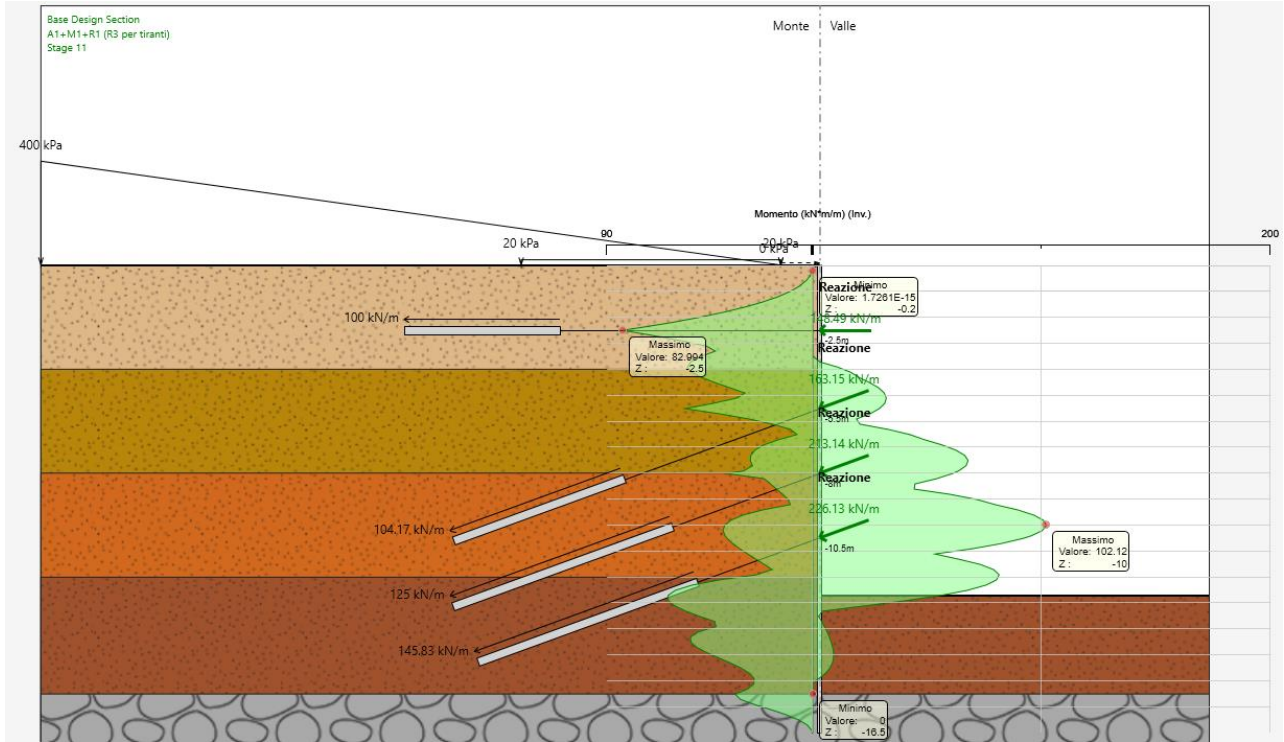


Fig. 15 – Sezione 1 – Momento flettente sulla paratia – Inviluppo fasi statiche (SLU-STR)

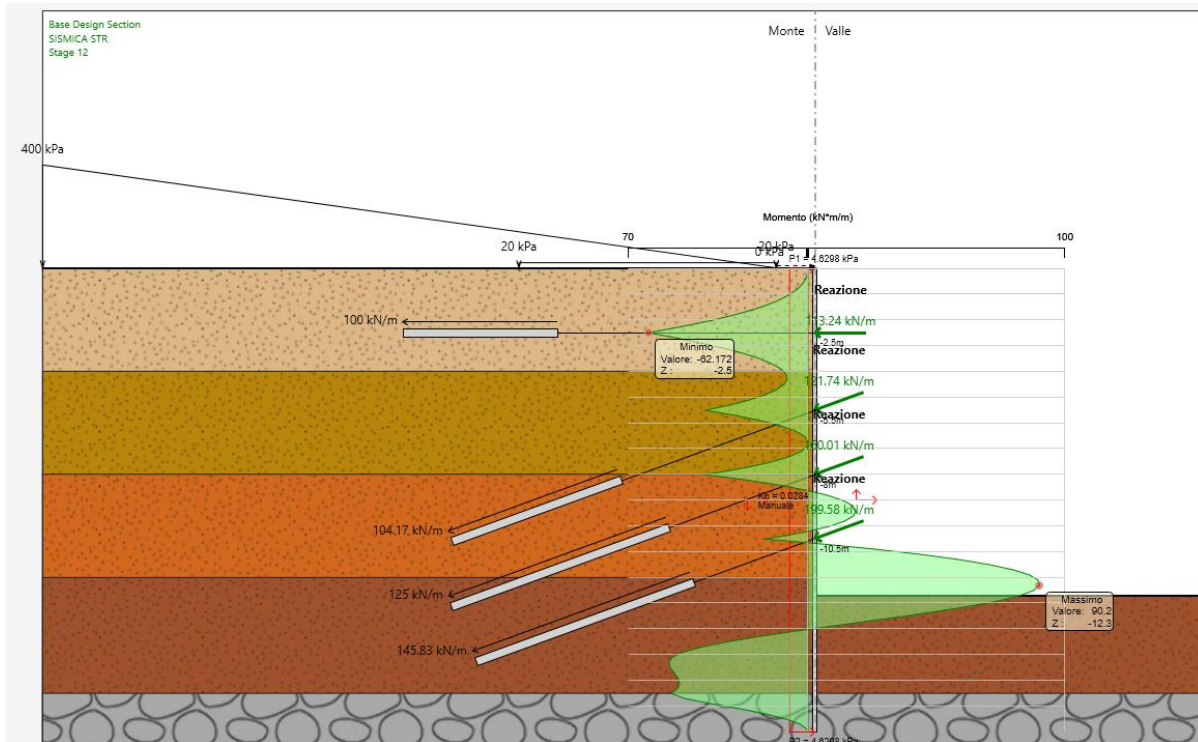


Fig. 16 – Sezione 1 – Momento flettente sulla paratia – Fase sismica (SLV-STR)

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 35 di 96

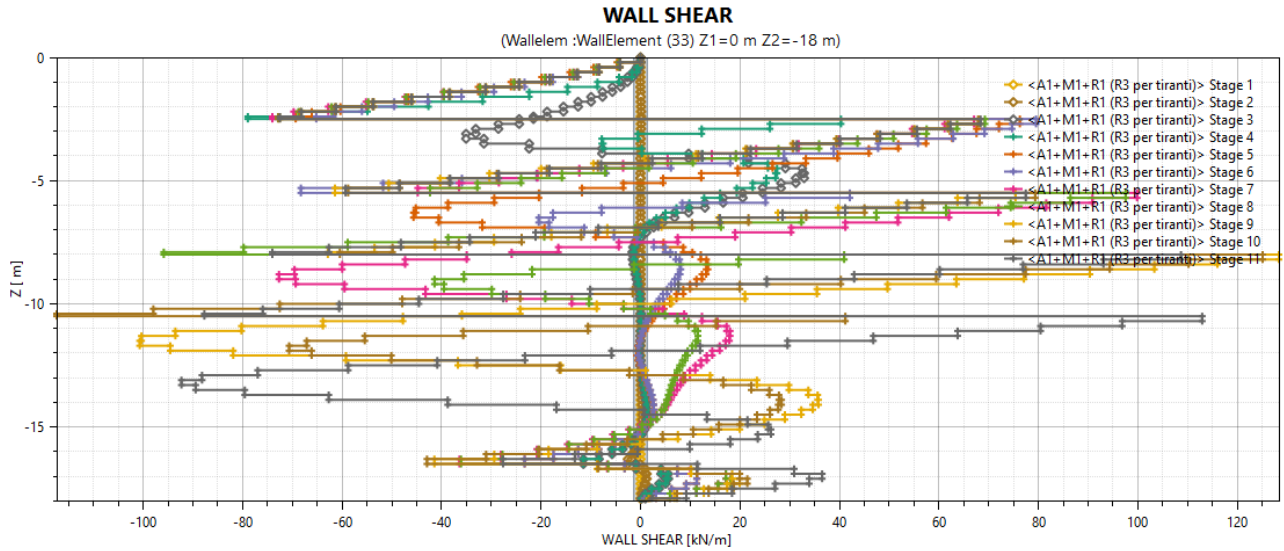


Fig. 17 – Sezione 1 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Fasi statiche (SLU-STR)

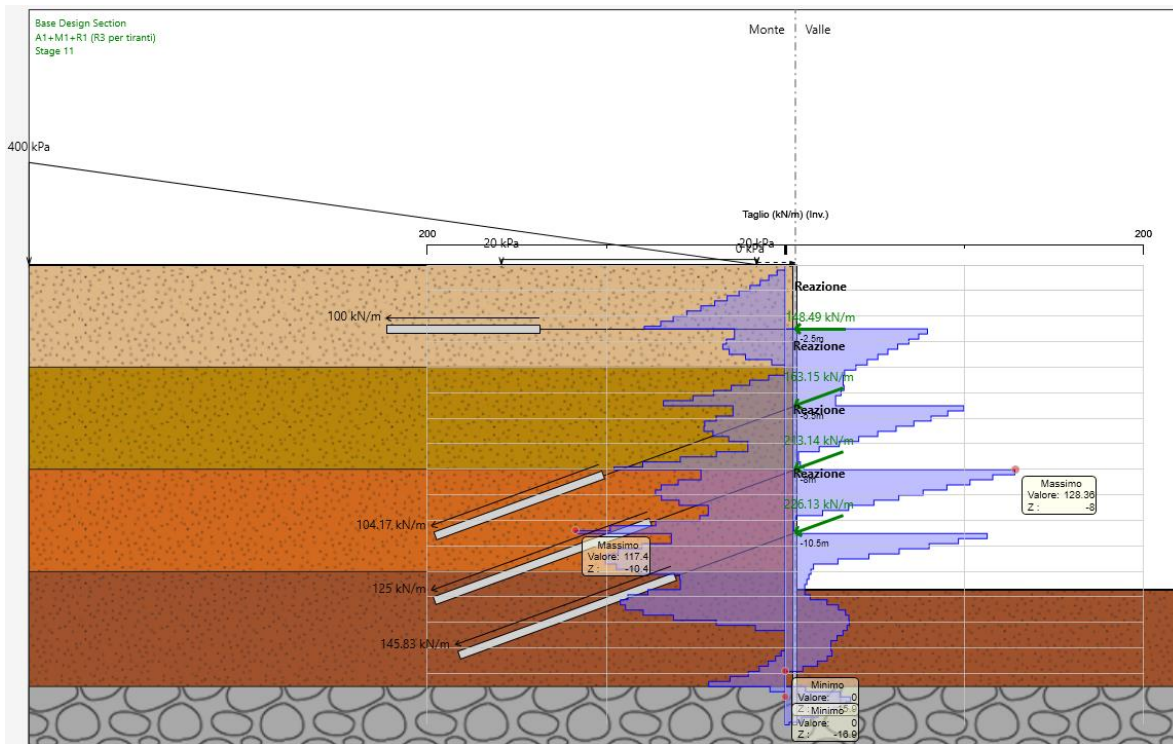


Fig. 18 – Sezione 1 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Involuppo fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 36 di 96

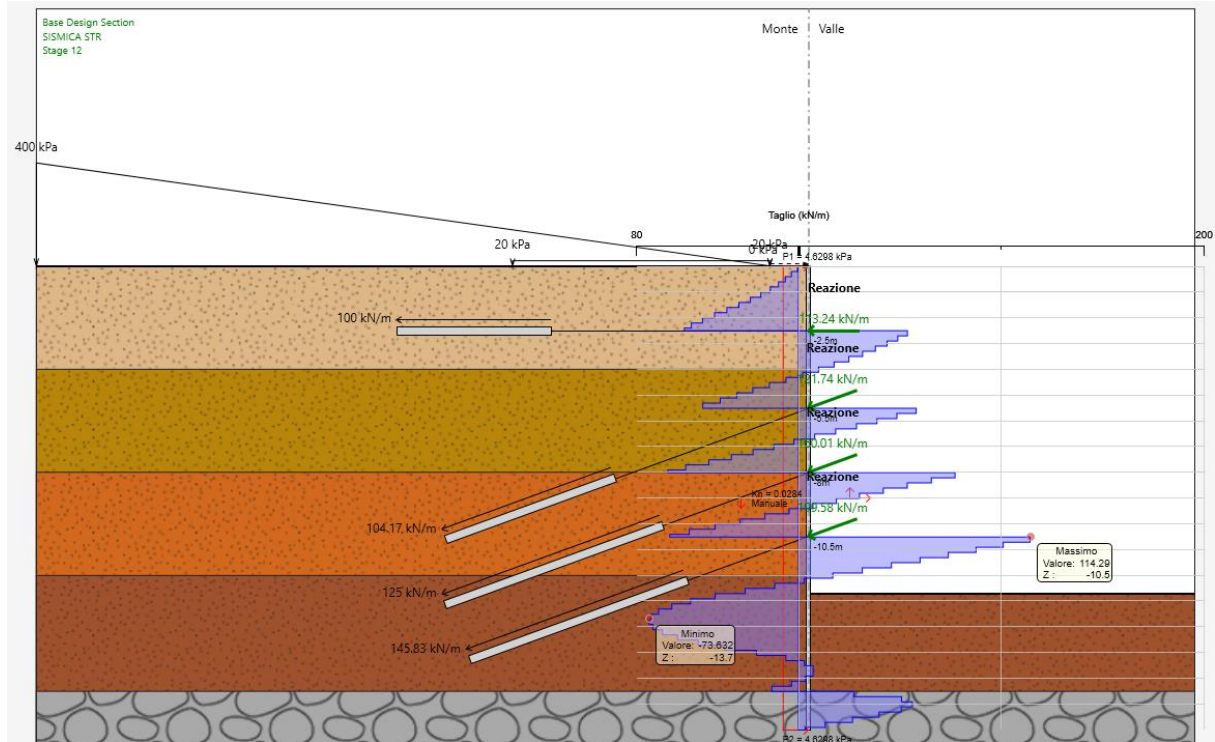


Fig. 19 – Sezione 1 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Fase sismica (SLV-STR)

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>

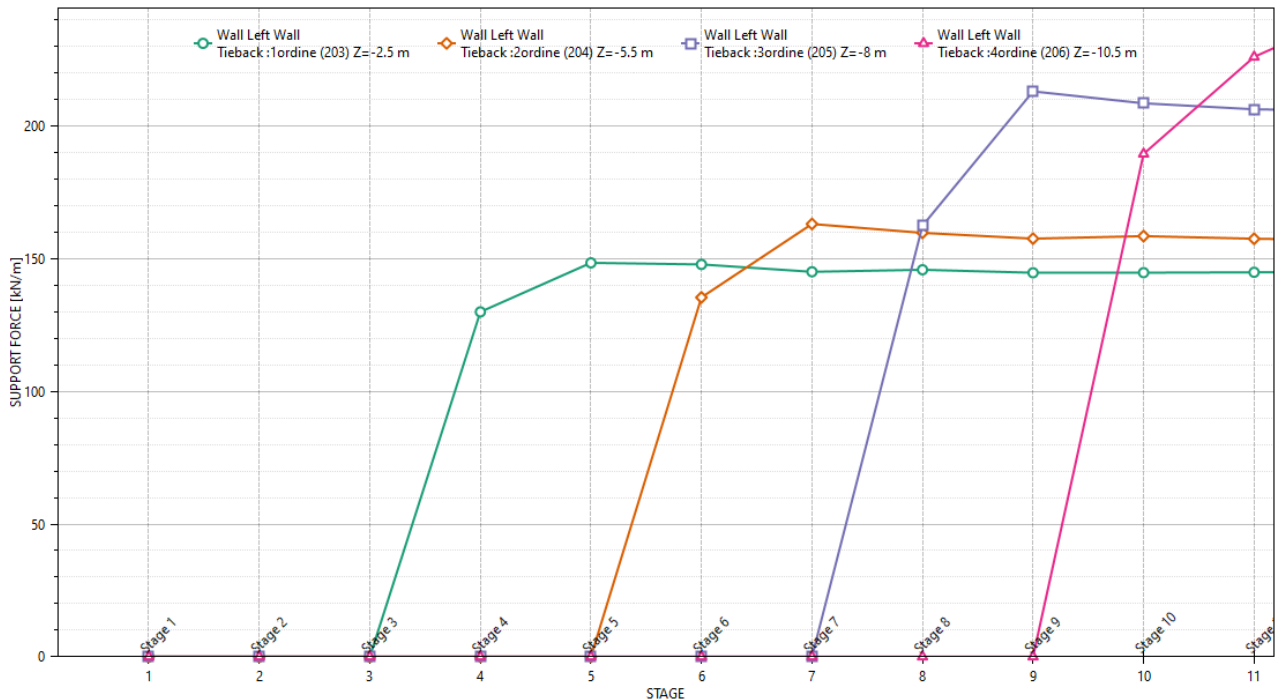


Fig. 20 – Sezione 1 – Tiro nei tiranti – Fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 37 di 96

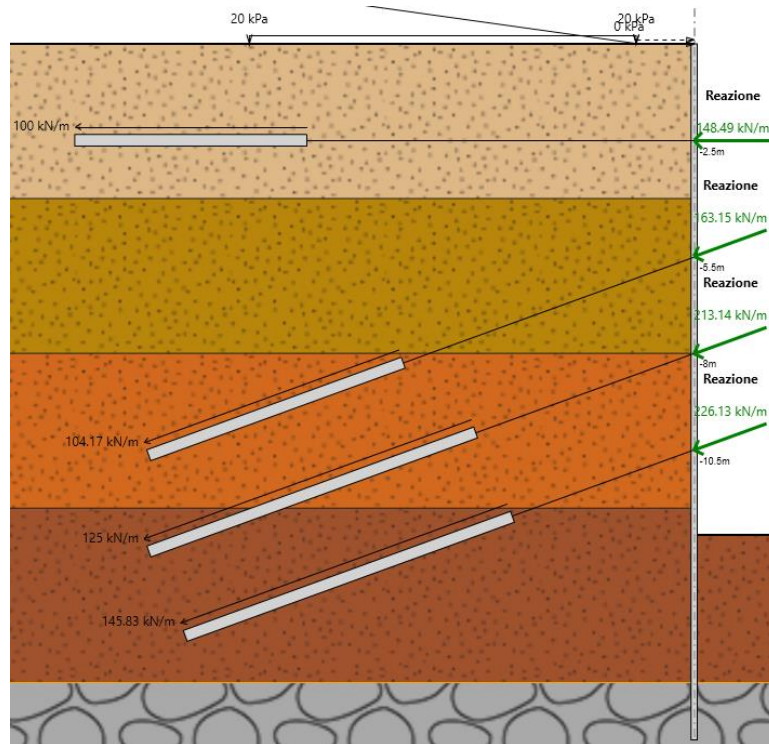


Fig. 21 – Sezione 1 – Tiro nei tiranti – Involuppo fasi statiche (SLU-STR)

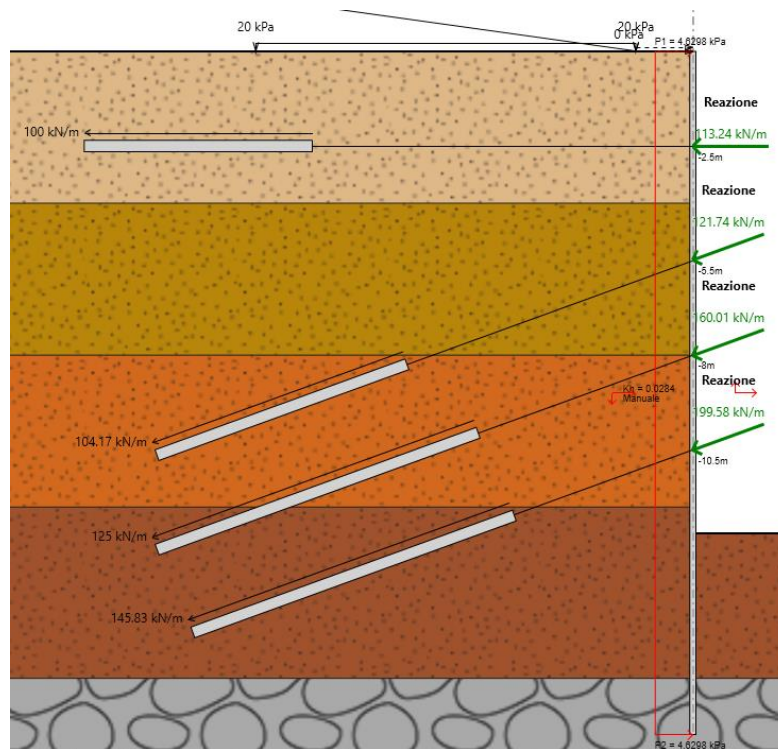


Fig. 22 – Sezione 1 – Tiro nei tiranti – Fase sismica (SLV-STR)

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 38 di 96

Condizione di carico (-)	Spostamento orizzontale massimo (mm)
Statica (SLE)	18.1
Sismica (SLV-STR)	24.1

Tab. 21 – Sezione 1 – Valori massimi di spostamento orizzontale della paratia

Condizione di carico (-)	Momento flettente massimo (kN/m*m)	Momento flettente minimo (kN/m*m)
Statica (SLU STR)	102.12	-82.99
Sismica (SLV STR)	90.20	-67.17

Tab. 22 – Sezione 1 – Valori massimo e minimo del momento flettente sulla paratia

Condizione di carico (-)	Taglio massimo (kN/m)	Taglio minimo (kN/m)
Statica (SLU STR)	128.36	-117.4
Sismica (SLV STR)	114.29	-73.63

Tab. 23 – Sezione 1 – Valori massimo e minimo di sforzo di taglio sulla paratia

Ordine (-)	D _{perf} (mm)	D _{barra} (mm)	A _{barra} (mm ²)	L _l (m)	L _a (m)	i (m)	α (°)	Pretensione (kN)	Cond. (-)	t _{max} (kN/m)	N _{S,d} (kN)
1	160	32	804.2	10	6	2.0	0	200	SLU STR	148.5	296.99
2				8	7	2.4	20	250		163.2	391.56
3				6	9	2.4	20	300		213.1	511.53
4				5	9	2.4	20	350		226.1	542.70
1	160	32	804.2	10	6	2.0	0	200	SLV STR	113.2	226.48
2				8	7	2.4	20	250		121.7	292.17
3				6	9	2.4	20	300		160.0	384.02
4				5	9	2.4	20	350		199.6	479.00

D_{perf} = diametro di perforazione della fondazione del tirante;

D_{barra} = diametro della barra di ancoraggio;

A_{barra} = area della sezione della barra;

L_l = lunghezza libera del tirante;

L_a = lunghezza della fondazione del tirante;

i = interasse orizzontale dei tiranti;

α = inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale.

Tab. 24 – Sezione 1 – Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 39 di 96

8.2 SEZIONE 2

8.2.1 Caratteristiche geometriche della struttura

La Tab. 25 presenta le caratteristiche geometriche della struttura ed i sovraccarichi.

SEZIONE 2 – CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'OPERA E SOVRACCARICHI	
Tipologia	Micropali tipo Simmetrix $\varnothing 193.7\text{mm}$, spessore 16mm, passo 0,4m
Altezza totale paratia H	16 m
Altezza di scavo paratia	11.9m
Ordini di tiranti (n°)	3
Passo orizzontale tiranti	2.4m
Quota dei tiranti da testa paratia	1° ordine: -2.50m 2° ordine: -5.05m 3° ordine: -8.05m
Inclinazione piano campagna a monte	(vedi sovraccarico permanente a monte)
Inclinazione piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	0÷250kPa , carico fittizio variabile linearmente, equivalente alla pendenza del piano campagna
Sovraccarichi permanenti a valle	-
Sovraccarichi variabili a monte	20 kPa (sovraccarico accidentale mezzi)
Sovraccarichi variabili a valle	-

Tab. 25 - Sezione 2, Caratteristiche geometriche della struttura e sovraccarichi

8.2.2 Modello di calcolo

La Fig. 23 mostra il modello di calcolo dell'opera in corrispondenza della Sezione 1, nella configurazione finale.

APPALTATORE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 40 di 96

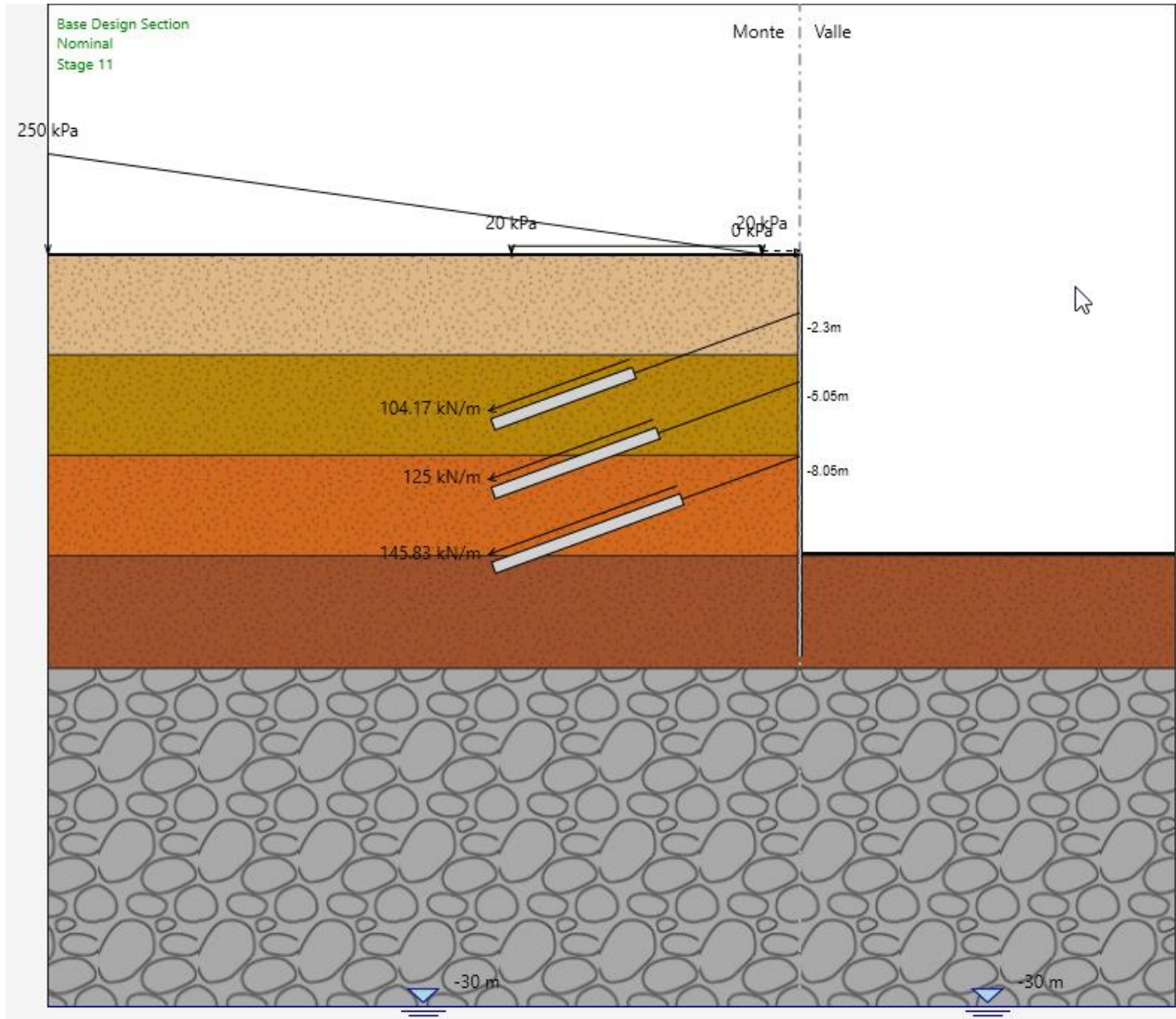


Fig. 23 - Sezione 2, Modello di calcolo

8.2.3 Parametri geotecnici in condizioni statiche

I parametri geotecnici di calcolo assunti nelle analisi in condizioni statiche sono riportati in Tab. 26.

L'angolo di attrito muro-terreno è stato calcolato considerando un rapporto $\phi'/\delta=2/3$.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 41 di 96

Sez.	Unità litologica	Gruppo coeff. parziali	γ (kN/m^3)	c'_d (kPa)	ϕ'_d ($^\circ$)	δ ($^\circ$)	E'_d (MPa)	E'_{ur} (MPa)	K_0 (-)	K_{ah} (-)	K_{ph} (-)
2	Substrato detritico no.1	M1	20	0	33	22.0	50	80	0.455	0.245	5.655
		M2		0	27.5	18.3			0.538	0.312	3.950
	Substrato detritico no.2	M1	20	0	34	22.7	50	80	0.441	0.235	6.062
		M2		0	28.4	18.9			0.524	0.300	4.175
	Substrato detritico no.3	M1	20	0	35	23.3	50	80	0.426	0.224	6.510
		M2		0	29.3	19.5			0.511	0.288	4.418
	Substrato detritico no.4	M1	20	0	36	24.0	50	80	0.412	0.215	7.004
		M2		0	30.2	20.1			0.497	0.277	4.683

Tab. 26 - Sezione 2, Parametri geotecnici (condizione statiche)

8.2.4 Parametri geotecnici in condizioni sismiche

I parametri geotecnici di calcolo assunti nelle analisi in condizioni sismiche sono riportati in Tab. 27.

Il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche è stato determinato secondo la formulazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). Il coefficiente di spinta passiva in condizioni sismiche è stato determinato secondo la formulazione di Lancellotta (2007).

Nelle suddette formulazioni analitiche:

- L'inclinazione del pendio a monte della paratia è stato assunto pari a zero (terreno orizzontale).
- Il coefficiente sismico orizzontale k_h (utilizzato nei calcoli dei coefficienti di spinta attiva e passiva in condizioni sismiche) è stato calcolato secondo le prescrizioni della normativa (DM 14/01/2008) come spiegato nel § 7.3.1.

Per il calcolo del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche K_{ahE} , il coefficiente α è stato determinato attraverso la Fig. 4 assumendo:

- un sottosuolo di tipo B;
- un'altezza dell'opera $H = 16$ m.

Per il calcolo del coefficiente di spinta passiva in condizioni sismiche K_{pE} , il coefficiente α è stato assunto pari a 1.

Il coefficiente β assunto nel calcolo dei coefficienti di spinta attiva e passiva del terreno in condizioni sismiche (K_{aE} , K_{pE}), è stato determinato attraverso la Fig. 5 assumendo:

- uno spostamento massimo ammissibile u_s pari a $0.005H = 0.08$ m.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 42 di 96

Sez.	Parametro	Simbolo /Unità	Valore
2	Altezza paratia	H (m)	16
	Spostamento ammissibile ($u_s=0.005H$)	u_s (m)	0,080
	Categoria di sottosuolo	CAT. (-)	B
	Coefficiente di deformabilità	β (-)	0.3941
	Coefficiente di spostamento	α (-)	1
	Coefficiente sismico orizzontale	k_h (-)	0,0295

Tab. 27 - Sezione 2, Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Sez.	Unità litologica	Gruppo coeff. parziali	γ (kN/m^3)	c'_d (kPa)	ϕ'_d (°)	δ (°)	E'_d (MPa)	E'_{ur} (MPa)	K_{ah} (-)	K_{ph} (-)
2	Substrato detritico no.1	M1	20	0	33	22.0	50	80	0.265	3.290
		M2		0	27.5	18.3			0.334	2.623
	Substrato detritico no.2	M1	20	0	34	22.7	50	80	0.254	3.432
		M2		0	28.4	18.9			0.322	2.719
	Substrato detritico no.3	M1	20	0	35	23.3	50	80	0.242	3.581
		M2		0	29.3	19.5			0.309	2.819
	Substrato detritico no.4	M1	20	0	36	24.0	50	80	0.232	3.739
		M2		0	30.2	20.1			0.298	2.926

Tab. 28 - Sezione 2, Parametri geotecnici (condizione sismiche)

8.2.5 Fasi di calcolo

Le fasi di calcolo sono definite in Tab. 29.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 43 di 96

FASI DI CALCOLO	
Fase 1	– Step geostatico
Fase 2	– Installazione della paratia di micropali e applicazione del carico variabile Q_1 (rappresentativo dei mezzi di cantiere);
Fase 3	– Realizzazione scavo a -2.80 m dalla testa della paratia;
Fase 4	– Installazione del primo ordine di tiranti a quota -2.30 m e pretiro dello stesso;
Fase 5	– Realizzazione scavo a -5.55 m dalla testa della paratia;
Fase 6	– Installazione del secondo ordine di tiranti a quota -5.05 m e pretiro dello stesso;
Fase 7	– Realizzazione scavo a -8.25 m dalla testa della paratia;
Fase 8	– Installazione del terzo ordine di tiranti a quota -8.05 m e pretiro dello stesso;
Fase 9	– Realizzazione scavo a -10.0 m dalla testa della paratia;
Fase 10	– Realizzazione scavo a -11.0 m dalla testa della paratia;
Fase 11	– Scavo fino alla quota di fondo scavo a quota -11.8m dalla testa della paratia;
Fase 12	– Applicazione della forza pseudostatica derivante dal sisma provvisorio ΔS_E e variazione del coefficiente di spinta K_p ;

Tab. 29 - Sezione 2, Fasi di calcolo.

8.2.6 Risultati

I risultati sono riportati nelle seguenti figure:

- Spostamenti orizzontali della paratia in condizioni statiche (SLE) (Fig. 24);
- Momento flettente sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 25);
- Inviluppo del momento flettente sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 26);
- Momento flettente sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 27);
- Sforzo di taglio sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 28);
- Inviluppo dello sforzo di taglio sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 29);
- Sforzo di taglio sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 30);
- Tiro nei tiranti per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 31);
- Inviluppo dello sforzo assiale sui tiranti in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 32);
- Sforzo assiale sui tiranti in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 33).

I risultati sono anche sintetizzati nelle seguenti tabelle:

- Valori massimi degli spostamenti orizzontali in condizioni statiche e sismiche (Tab. 30);
- Valori massimo e minimo dei momenti flettenti sulla paratia (Tab. 31);
- Valori massimo e minimo degli sforzi di taglio sulla paratia (Tab. 32);

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandatari: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 44 di 96

- Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti (Tab. 33).

Per quanto riguarda gli spostamenti orizzontali della paratia, si può osservare dai valori di Tab. 30 che allo stato limite di esercizio (SLE) essi risultano $\leq 30\text{mm}$ e di conseguenza compatibili con le condizioni al contorno della paratia. Si osserva inoltre che gli spostamenti calcolati per le condizioni sismiche risultano inferiori ai limiti di normativa di cui alla Tab. 27: massimo spostamento ammissibile $u_s = 0.005H = 80\text{mm}$ per il caso in esame.

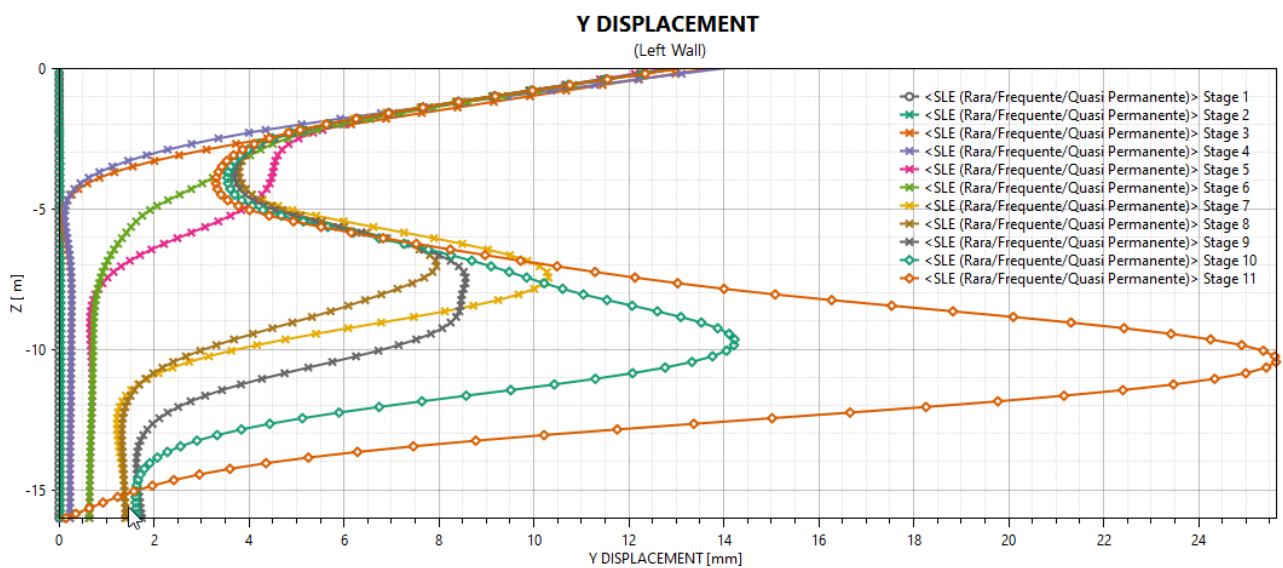


Fig. 24 – Sezione 2 – Spostamenti orizzontali della paratia – Fasi statiche (SLE)

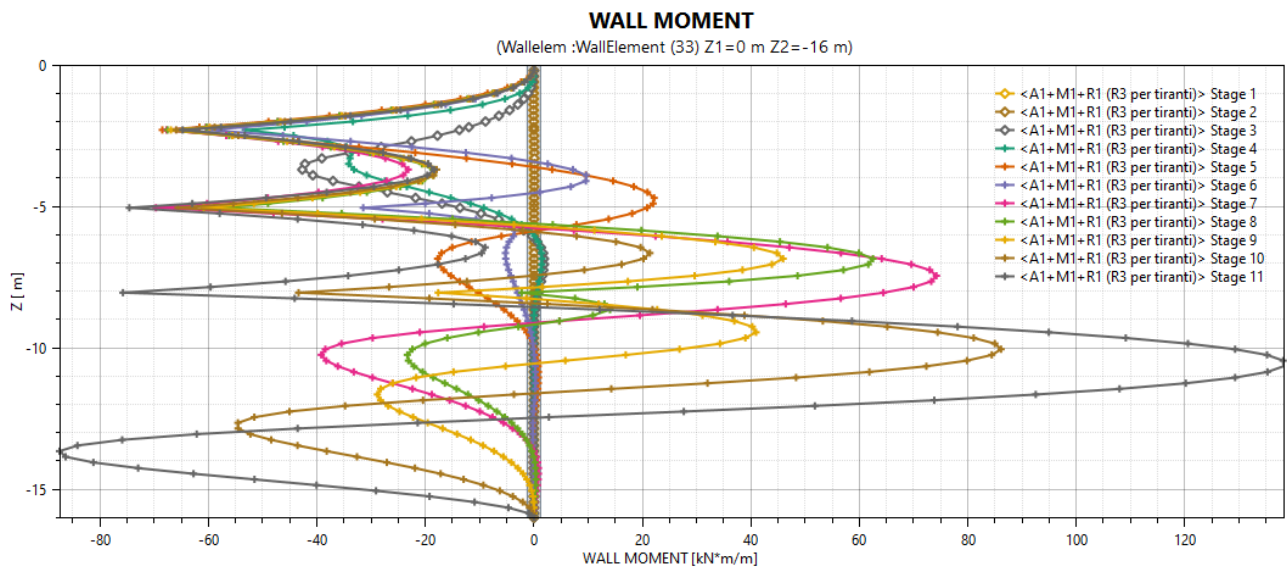


Fig. 25 – Sezione 2 – Momento flettente sulla paratia – Fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 45 di 96

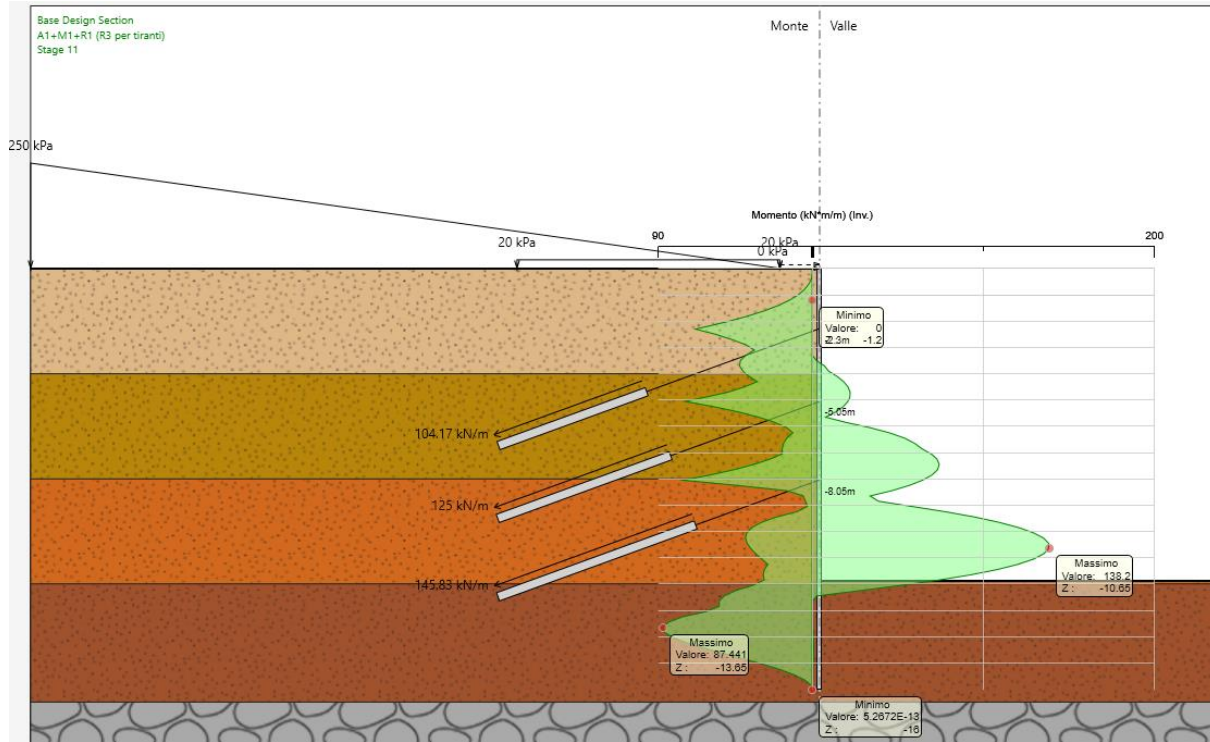


Fig. 26 – Sezione 2 – Momento flettente sulla paratia – Involuppo fasi statiche (SLU-STR)

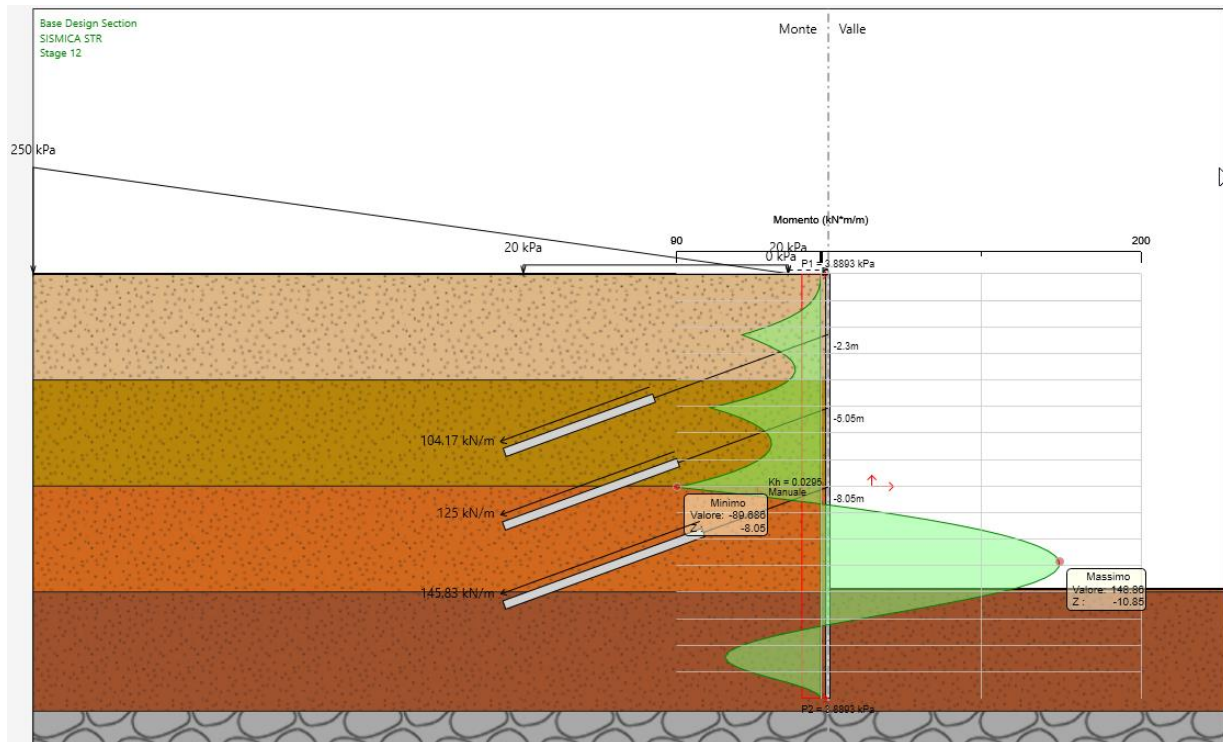


Fig. 27 – Sezione 2 – Momento flettente sulla paratia – Fase sismica (SLV-STR)

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 46 di 96

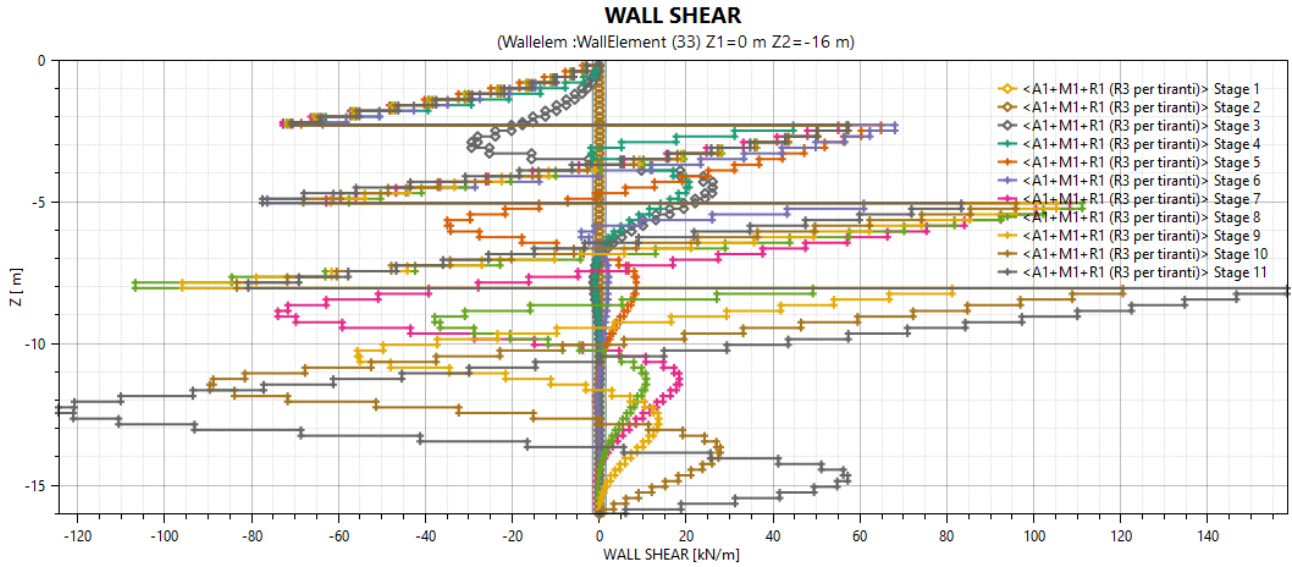


Fig. 28 – Sezione 2 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Fasi statiche (SLU-STR)

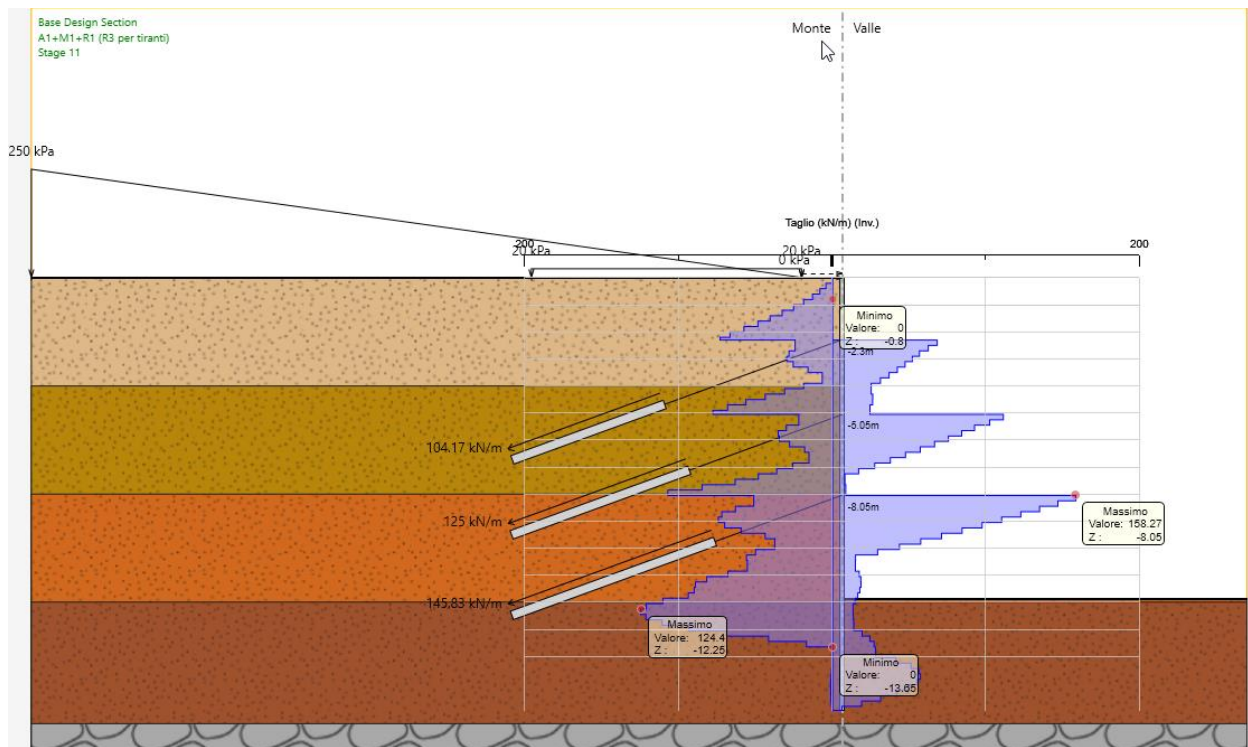


Fig. 29 – Sezione 2 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Inviluppo fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 47 di 96

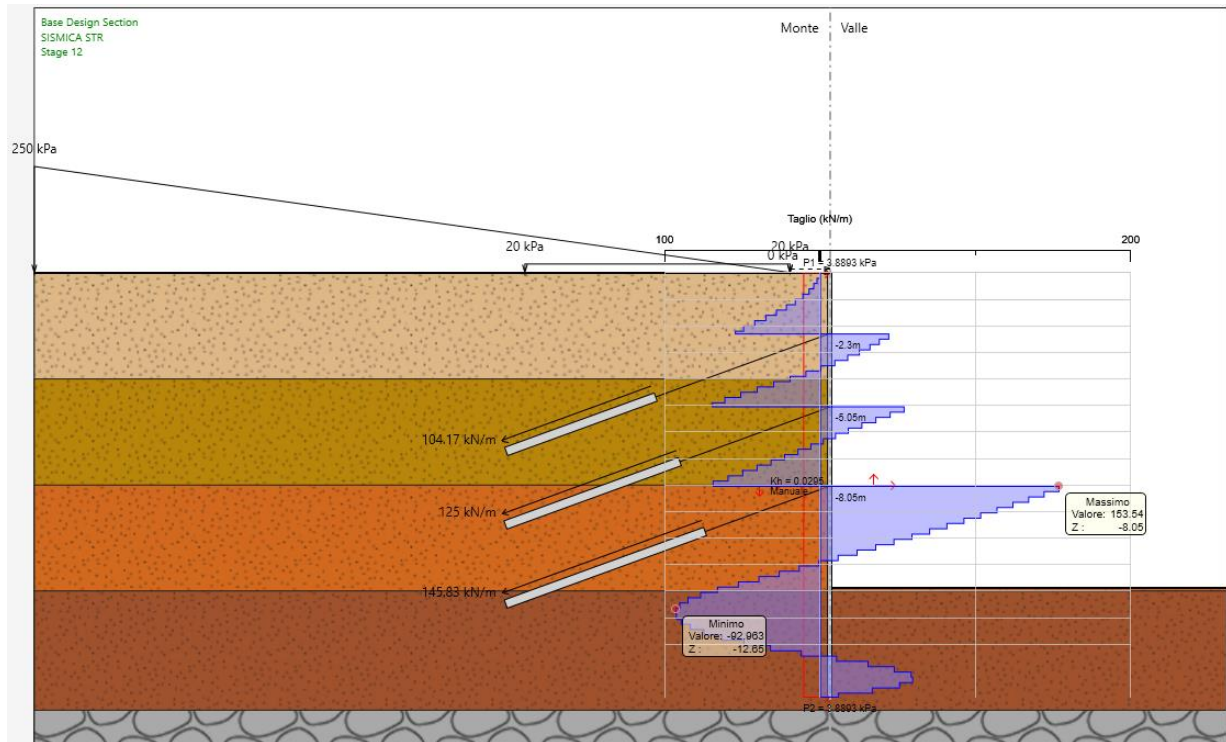


Fig. 30 – Sezione 2 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Fase sismica (SLV-STR)

Tutti i Tiranti nella DS corrente

D.A. <A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>

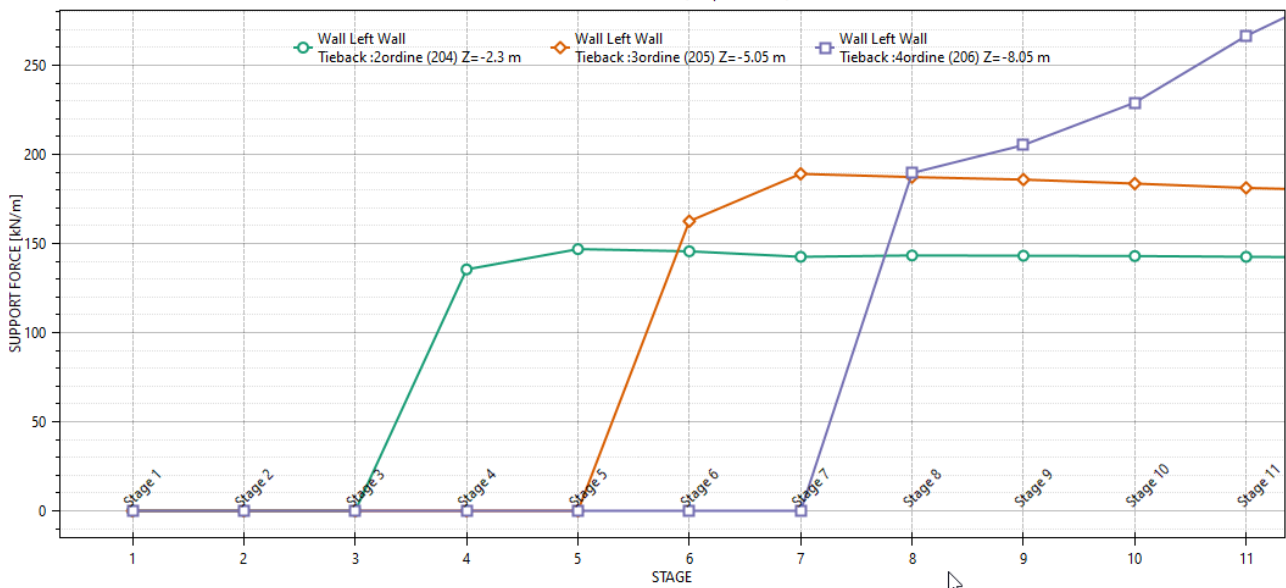


Fig. 31 – Sezione 2 – Tiro nei tiranti – Fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 48 di 96

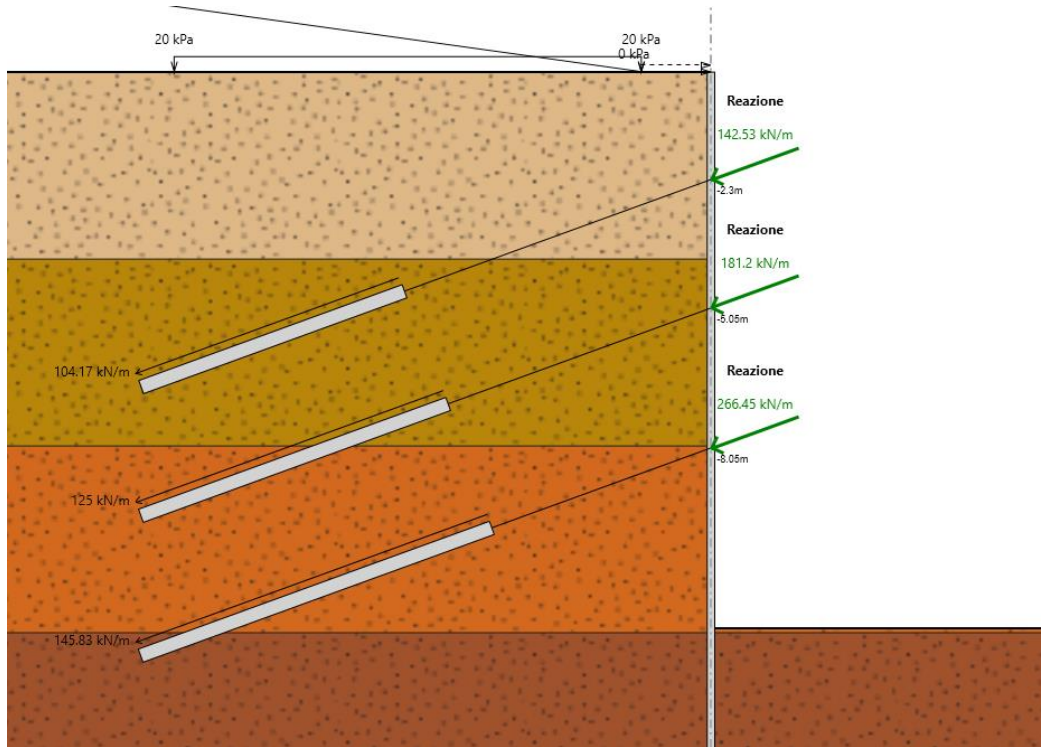


Fig. 32 – Sezione 2 – Tiro nei tiranti – Involuppo fasi statiche (SLU-STR)

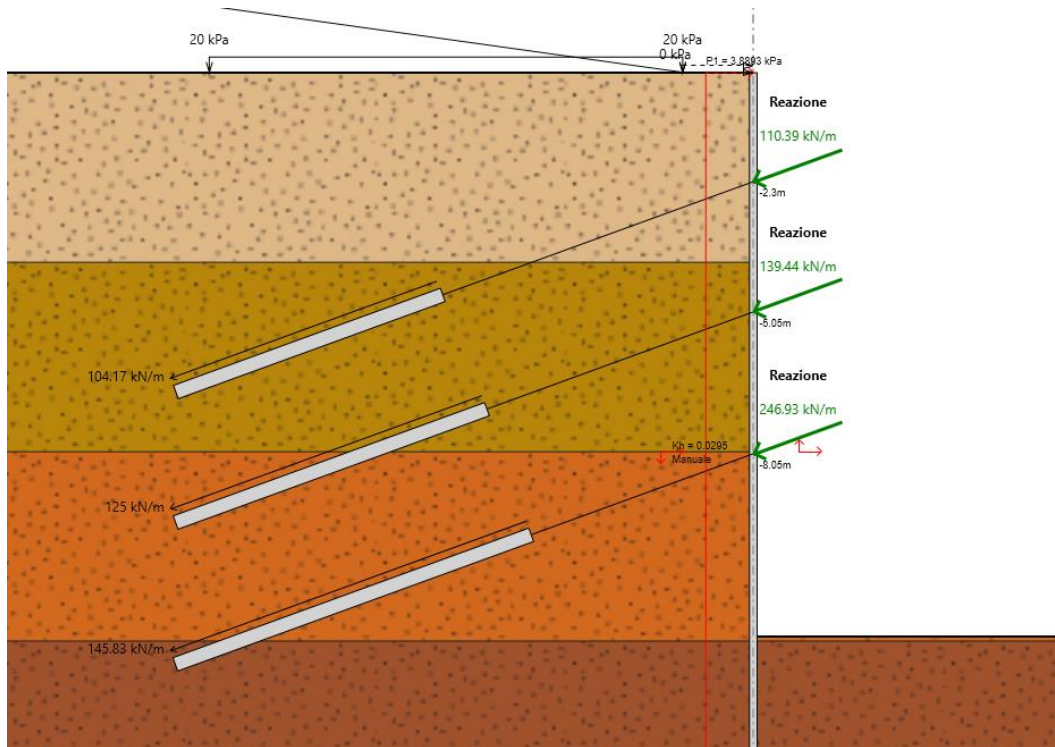


Fig. 33 – Sezione 2 – Tiro nei tiranti – Fase sismica (SLV-STR)

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 49 di 96

Condizione di carico (-)	Spostamento orizzontale massimo (mm)
Statica (SLE)	25.6
Sismica (SLV-STR)	43.4

Tab. 30 – Sezione 2 – Valori massimi di spostamento orizzontale della paratia

Condizione di carico (-)	Momento flettente massimo (kN/m*m)	Momento flettente minimo (kN/m*m)
Statica (SLU STR)	138.20	-87.44
Sismica (SLV STR)	148.86	-89.69

Tab. 31 – Sezione 2 – Valori massimo e minimo del momento flettente sulla paratia

Condizione di carico (-)	Taglio massimo (kN/m)	Taglio minimo (kN/m)
Statica (SLU STR)	158.27	-124.4
Sismica (SLV STR)	153.54	92.96

Tab. 32 – Sezione 2 – Valori massimo e minimo di sforzo di taglio sulla paratia

Ordine (-)	D _{perf} (mm)	D _{barra} (mm)	A _{barra} (mm ²)	L _i (m)	L _a (m)	i (m)	α (°)	Pretensione (kN)	Cond. (-)	t _{max} (kN/m)	N _{Sd} (kN)
1	160	32	804.2	7	6	2.4	20	200	SLU STR	146.8	352.41
2				6	7	2.4	20	250		189.1	453.77
3				5	8	2.4	20	300		266.4	639.47
1	160	32	804.2	7	6	2.4	20	200	SLV STR	110.4	264.93
2				6	7	2.4	20	250		139.4	334.65
3				5	8	2.4	20	300		246.9	592.63

D_{perf} = diametro di perforazione della fondazione del tirante;
D_{barra} = diametro della barra di ancoraggio;
A_{barra} = area della sezione della barra;
L_i = lunghezza libera del tirante;
L_a = lunghezza della fondazione del tirante;
i = interasse orizzontale dei tiranti;
α = inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale.

Tab. 33 – Sezione 2 – Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 50 di 96

8.3 SEZIONE 3

8.3.1 Caratteristiche geometriche della struttura

La Tab. 34 presenta le caratteristiche geometriche della struttura ed i sovraccarichi.

SEZIONE 3 – CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'OPERA E SOVRACCARICHI	
Tipologia	Micropali tipo Simmetrix \varnothing 193.7mm, spessore 16mm, passo 0,4m
Altezza totale paratia H	12 m
Altezza di scavo paratia	7.8m
Ordini di tiranti (n°)	2
Passo orizzontale tiranti	2.4m
Quota dei tiranti da testa paratia	1° ordine: -2.0m 2° ordine: -5.0m
Inclinazione piano campagna a monte	(vedi sovraccarico permanente a monte)
Inclinazione piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	0÷250kPa , carico fittizio variabile linearmente, equivalente alla pendenza del piano campagna
Sovraccarichi permanenti a valle	-
Sovraccarichi variabili a monte	20 kPa (sovraccarico accidentale mezzi)
Sovraccarichi variabili a valle	-

Tab. 34 - Sezione 3, Caratteristiche geometriche della struttura e sovraccarichi

8.3.2 Modello di calcolo

La Fig. 34 mostra il modello di calcolo dell'opera in corrispondenza della Sezione 1, nella configurazione finale.

APPALTAZIONE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 51 di 96

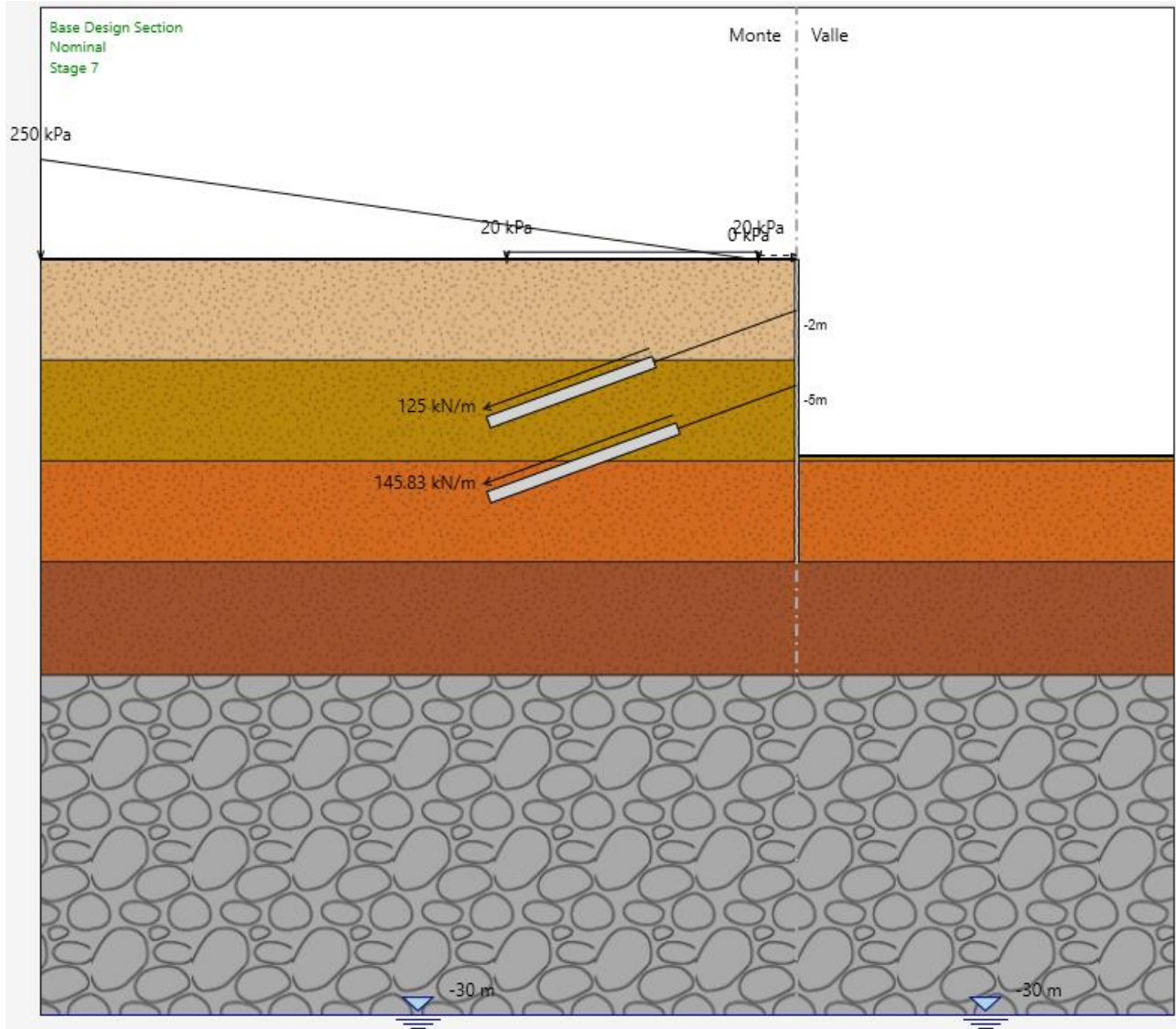


Fig. 34 - Sezione 3, Modello di calcolo

8.3.3 Parametri geotecnici in condizioni statiche

I parametri geotecnici di calcolo assunti nelle analisi in condizioni statiche sono riportati in Tab. 35.

L'angolo di attrito muro-terreno è stato calcolato considerando un rapporto $\phi'/\delta=2/3$.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 52 di 96

Sez.	Unità litologica	Gruppo coeff. parziali	γ (kN/m^3)	c'_d (kPa)	ϕ'_d ($^\circ$)	δ ($^\circ$)	E'_d (MPa)	E'_{ur} (MPa)	K_0 (-)	K_{ah} (-)	K_{ph} (-)
3	Substrato detritico no.1	M1	20	0	33	22.0	50	80	0.455	0.245	5.655
		M2		0	27.5	18.3			0.538	0.312	3.950
	Substrato detritico no.2	M1	20	0	34	22.7	50	80	0.441	0.235	6.062
		M2		0	28.4	18.9			0.524	0.300	4.175
	Substrato detritico no.3	M1	20	0	35	23.3	50	80	0.426	0.224	6.510
		M2		0	29.3	19.5			0.511	0.288	4.418
	Substrato detritico no.4	M1	20	0	36	24.0	50	80	0.412	0.215	7.004
		M2		0	30.2	20.1			0.497	0.277	4.683

Tab. 35 - Sezione 3, Parametri geotecnici (condizione statiche)

8.3.4 Parametri geotecnici in condizioni sismiche

I parametri geotecnici di calcolo assunti nelle analisi in condizioni sismiche sono riportati in Tab. 37.

Il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche è stato determinato secondo la formulazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). Il coefficiente di spinta passiva in condizioni sismiche è stato determinato secondo la formulazione di Lancellotta (2007).

Nelle suddette formulazioni analitiche:

- L'inclinazione del pendio a monte della paratia è stato assunto pari a zero (terreno orizzontale).
- Il coefficiente sismico orizzontale k_h (utilizzato nei calcoli dei coefficienti di spinta attiva e passiva in condizioni sismiche) è stato calcolato secondo le prescrizioni della normativa (DM 14/01/2008) come spiegato nel § 7.3.1.

Per il calcolo del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche K_{ahE} , il coefficiente α è stato determinato attraverso la Fig. 4 assumendo:

- un sottosuolo di tipo B;
- un'altezza dell'opera $H = 12$ m.

Per il calcolo del coefficiente di spinta passiva in condizioni sismiche K_{pE} , il coefficiente α è stato assunto pari a 1.

Il coefficiente β assunto nel calcolo dei coefficienti di spinta attiva e passiva del terreno in condizioni sismiche (K_{aE} , K_{pE}), è stato determinato attraverso la Fig. 5 assumendo:

- uno spostamento massimo ammissibile u_s pari a $0.005H = 0.06$ m.

APPALTATORE:	 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 53 di 96

Sez.	Parametro	Simbolo /Unità	Valore
3	Altezza paratia	H (m)	12
	Spostamento ammissibile ($u_s=0.005H$)	u_s (m)	0,060
	Categoria di sottosuolo	CAT. (-)	B
	Coefficiente di deformabilità	β (-)	0.4305
	Coefficiente di spostamento	α (-)	1
	Coefficiente sismico orizzontale	k_h (-)	0,0322

Tab. 36 - Sezione 3, Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Sez.	Unità litologica	Gruppo coeff. parziali	γ (kN/m^3)	c'_d (kPa)	ϕ'_d ($^\circ$)	δ ($^\circ$)	E'_d (MPa)	E'_{ur} (MPa)	K_{ah} (-)	K_{ph} (-)
3	Substrato detritico no.1	M1	20	0	33	22.0	50	80	0.265	3.290
		M2		0	27.5	18.3			0.334	2.623
	Substrato detritico no.2	M1	20	0	34	22.7	50	80	0.254	3.432
		M2		0	28.4	18.9			0.322	2.719
	Substrato detritico no.3	M1	20	0	35	23.3	50	80	0.242	3.581
		M2		0	29.3	19.5			0.309	2.819
	Substrato detritico no.4	M1	20	0	36	24.0	50	80	0.232	3.739
		M2		0	30.2	20.1			0.298	2.926

Tab. 37 - Sezione 3, Parametri geotecnici (condizione sismiche)

8.3.5 Fasi di calcolo

Le fasi di calcolo sono definite in Tab. 38.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 54 di 96

FASI DI CALCOLO	
Fase 1	– Step geostatico
Fase 2	– Installazione della paratia di micropali e applicazione del carico variabile Q_1 (rappresentativo dei mezzi di cantiere);
Fase 3	– Realizzazione scavo a -2.5 m dalla testa della paratia;
Fase 4	– Installazione del primo ordine di tiranti a quota -2.0 m e pretiro dello stesso;
Fase 5	– Realizzazione scavo a -5.5 m dalla testa della paratia;
Fase 6	– Installazione del secondo ordine di tiranti a quota -5.0 m e pretiro dello stesso;
Fase 7	– Scavo fino alla quota di fondo scavo a quota -7.8m dalla testa della paratia;
Fase 8	– Applicazione della forza pseudostatica derivante dal sisma provvisorio ΔS_E e variazione del coefficiente di spinta K_p ;

Tab. 38 - Sezione 3, Fasi di calcolo.

8.3.6 Risultati

I risultati sono riportati nelle seguenti figure:

- Spostamenti orizzontali della paratia in condizioni statiche (SLE) (Fig. 35);
- Momento flettente sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 36);
- Inviluppo del momento flettente sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 37);
- Momento flettente sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 38);
- Sforzo di taglio sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 39);
- Inviluppo dello sforzo di taglio sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 40);
- Sforzo di taglio sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 41);
- Tiro nei tiranti per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 42);
- Inviluppo dello sforzo assiale sui tiranti in condizioni statiche (SLU-STR) (Fig. 43);
- Sforzo assiale sui tiranti in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Fig. 44).

I risultati sono anche sintetizzati nelle seguenti tabelle:

- Valori massimi degli spostamenti orizzontali in condizioni statiche e sismiche (Tab. 39);
- Valori massimo e minimo dei momenti flettenti sulla paratia (Tab. 40);
- Valori massimo e minimo degli sforzi di taglio sulla paratia (Tab. 41);
- Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti (Tab. 42).

Per quanto riguarda gli spostamenti orizzontali della paratia, si può osservare dai valori di Tab. 39 che allo stato limite di esercizio (SLE) essi risultano $\leq 30\text{mm}$ e di conseguenza compatibili con le condizioni al contorno della paratia. Si osserva inoltre che gli spostamenti calcolati per le condizioni sismiche risultano inferiori ai

APPALTATORE: webuild  		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco		COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 55 di 96

limiti di normativa di cui alla Tab. 36: massimo spostamento ammissibile $u_s = 0.005H = 60\text{mm}$ per il caso in esame.

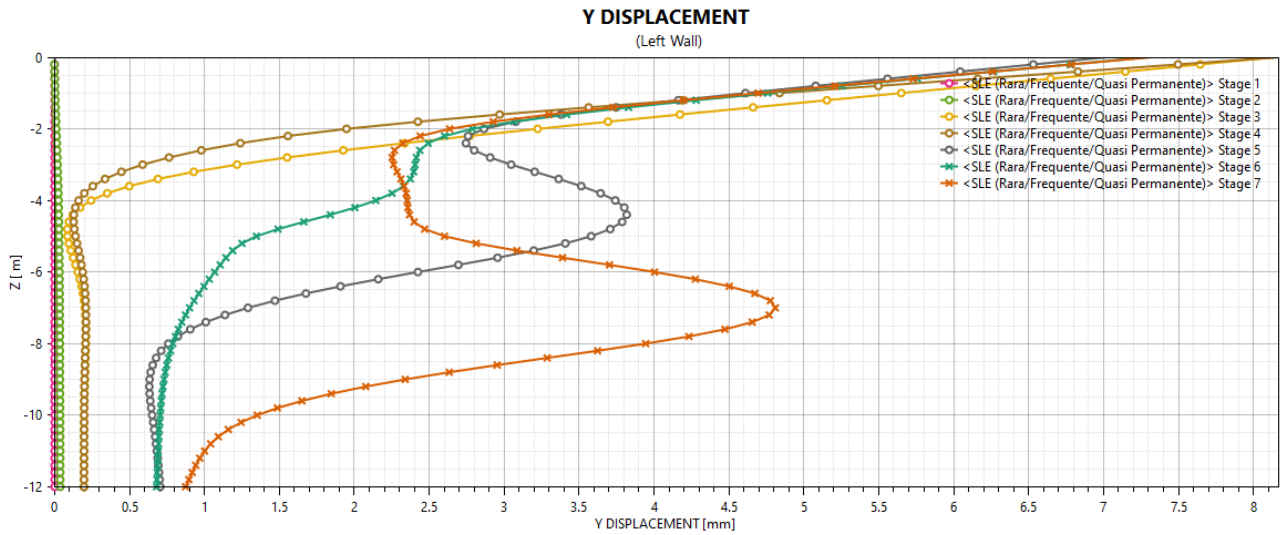


Fig. 35 – Sezione 3 – Spostamenti orizzontali della paratia – Fasi statiche (SLE)

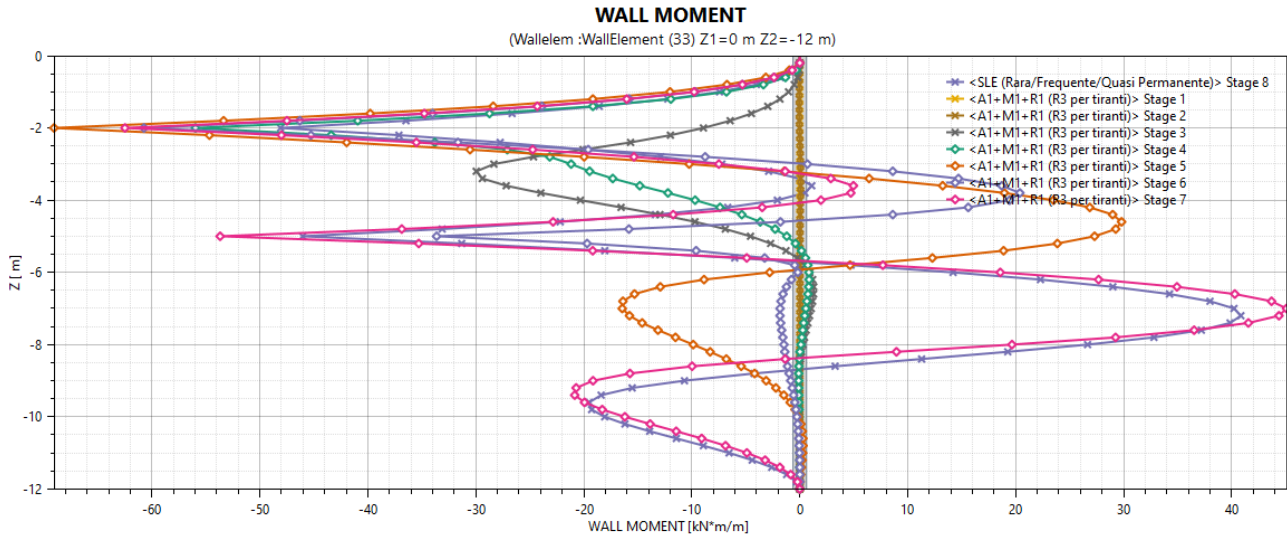


Fig. 36 – Sezione 3 – Momento flettente sulla paratia – Fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 56 di 96

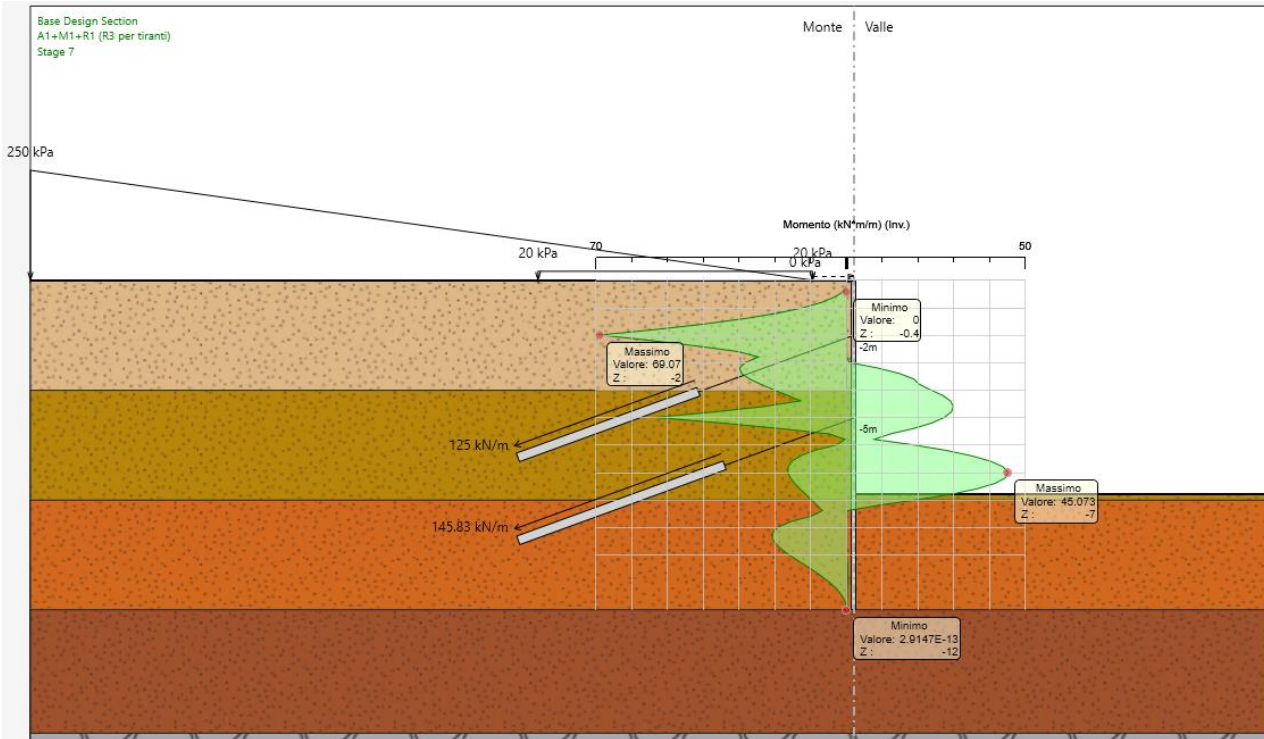


Fig. 37 – Sezione 3 – Momento flettente sulla paratia – Involuppo fasi statiche (SLU-STR)

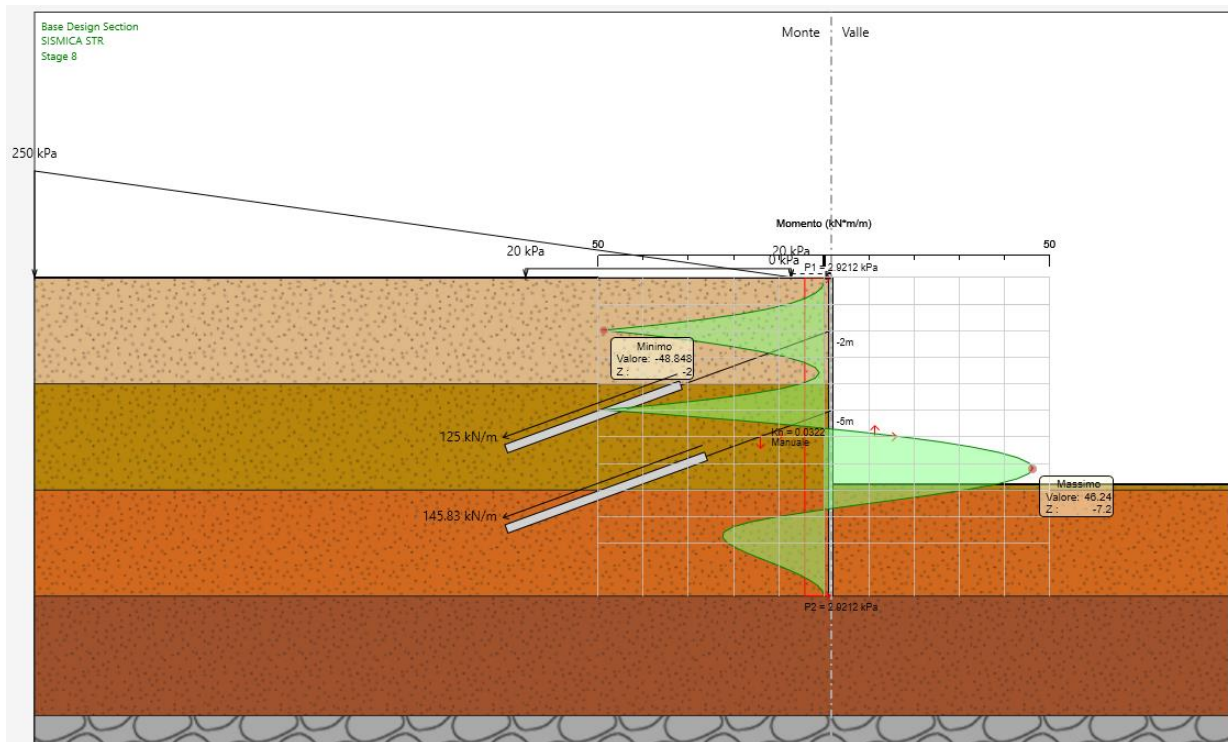


Fig. 38 – Sezione 3 – Momento flettente sulla paratia – Fase sismica (SLV-STR)

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 57 di 96

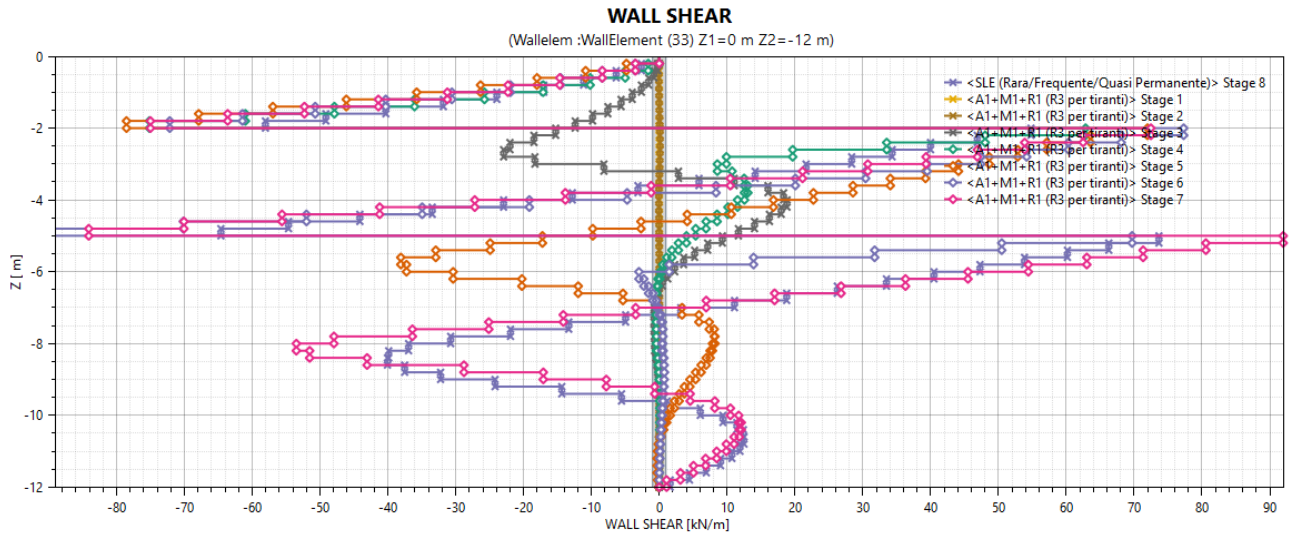


Fig. 39 – Sezione 3 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Fasi statiche (SLU-STR)

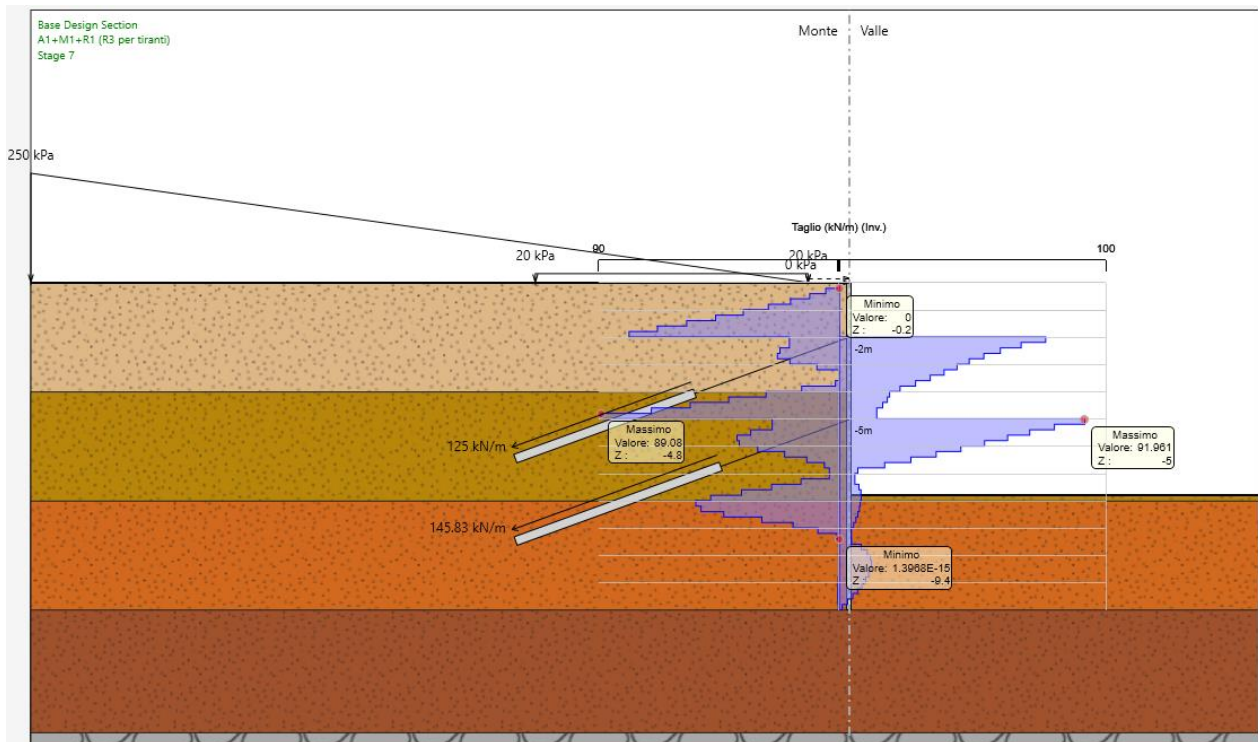


Fig. 40 – Sezione 3 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Involuppo fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 58 di 96

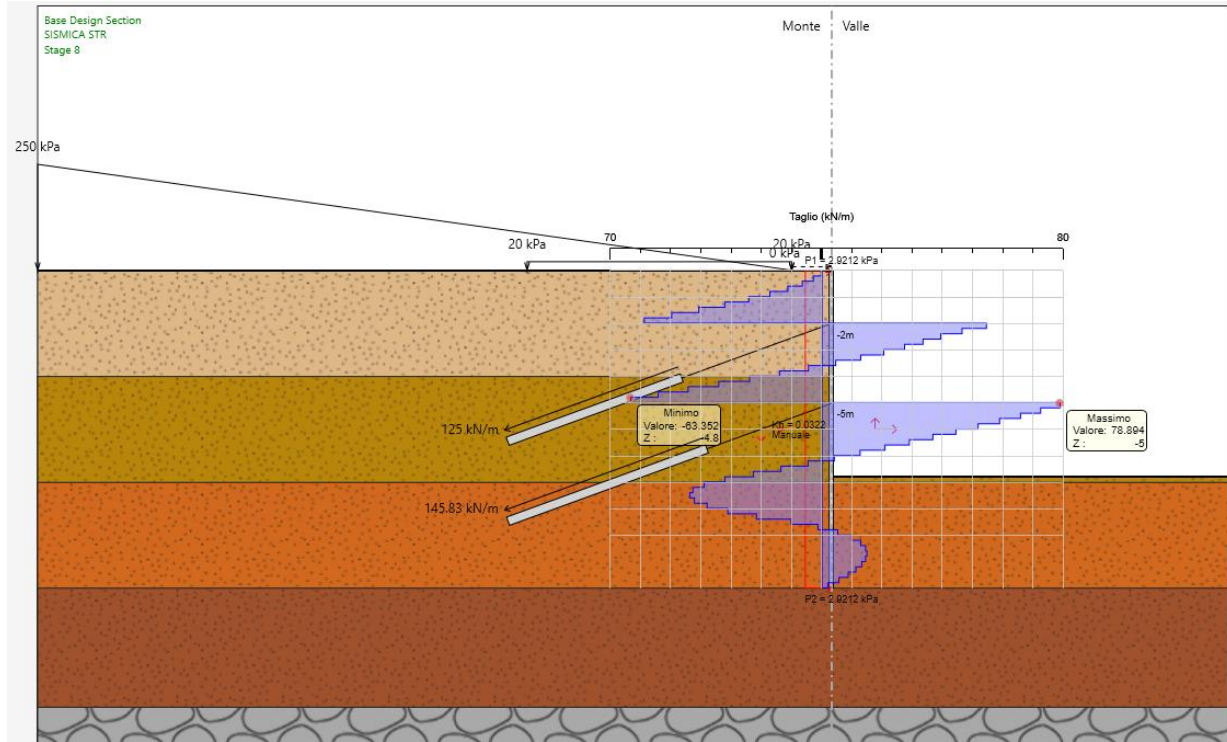


Fig. 41 – Sezione 3 – Sforzo di Taglio sulla paratia – Fase sismica (SLV-STR)

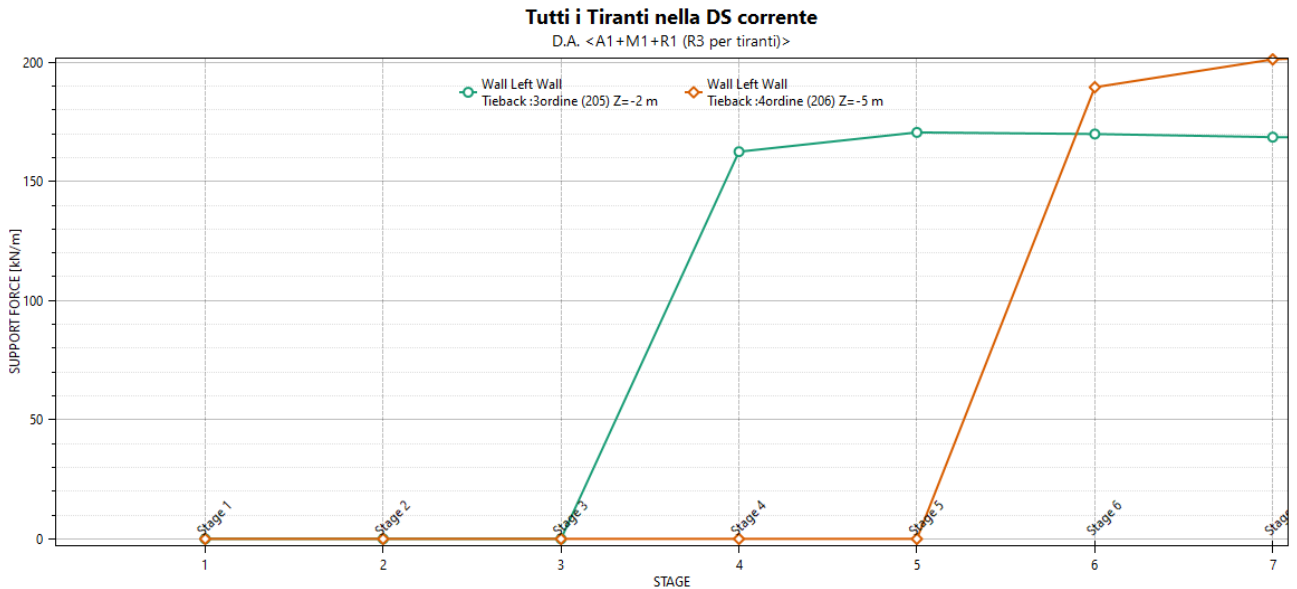


Fig. 42 – Sezione 3 – Tiro nei tiranti – Fasi statiche (SLU-STR)

APPALTATORE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 59 di 96

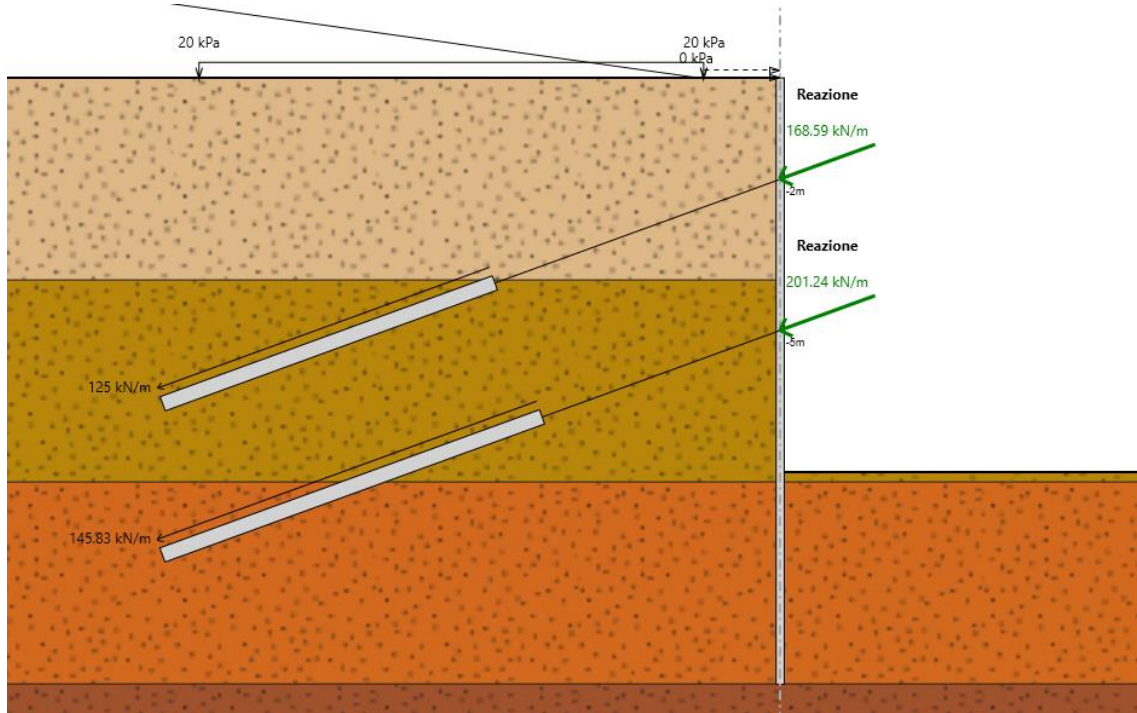


Fig. 43 – Sezione 3 – Tiro nei tiranti – Involuppo fasi statiche (SLU-STR)

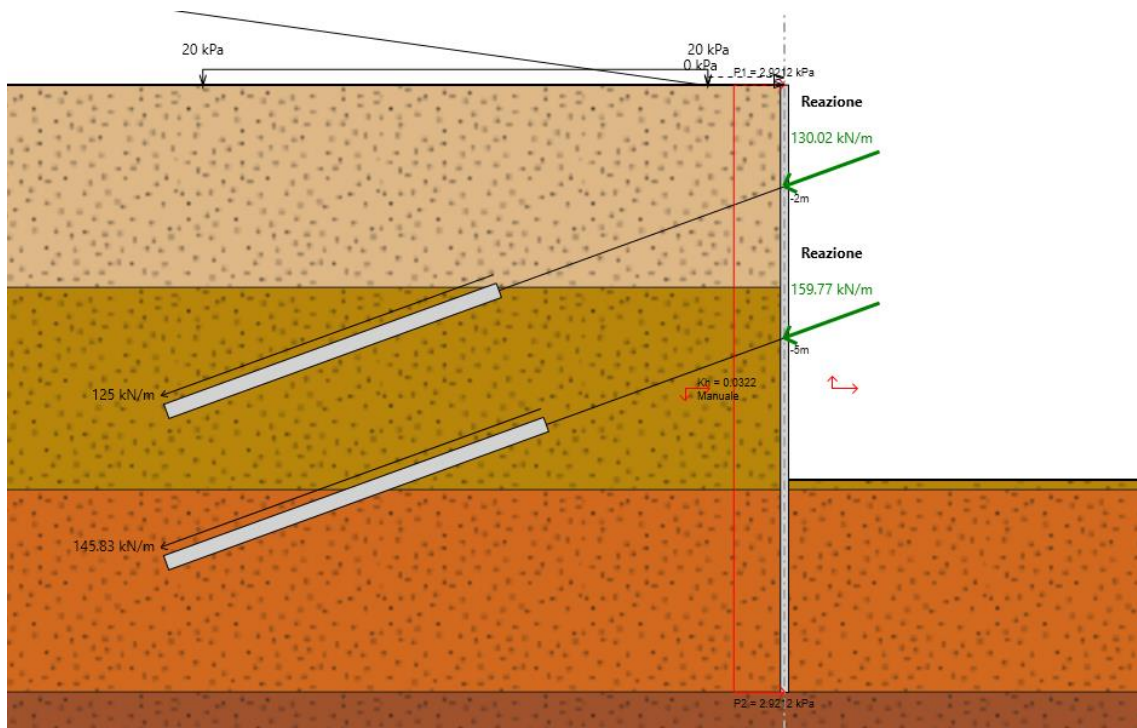


Fig. 44 – Sezione 3 – Tiro nei tiranti – Fase sismica (SLV-STR)

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 60 di 96

Condizione di carico (-)	Spostamento orizzontale massimo (mm)
Statica (SLE)	7.3
Sismica (SLV-STR)	7.5

Tab. 39 – Sezione 3 – Valori massimi di spostamento orizzontale della paratia

Condizione di carico (-)	Momento flettente massimo (kN/m*m)	Momento flettente minimo (kN/m*m)
Statica (SLU STR)	45.07	-69.07
Sismica (SLV STR)	46.24	-48.85

Tab. 40 – Sezione 3 – Valori massimo e minimo del momento flettente sulla paratia

Condizione di carico (-)	Taglio massimo (kN/m)	Taglio minimo (kN/m)
Statica (SLU STR)	91.96	-89.08
Sismica (SLV STR)	78.89	-63.35

Tab. 41 – Sezione 3 – Valori massimo e minimo di sforzo di taglio sulla paratia

Ordine (-)	D _{perf} (mm)	D _{barra} (mm)	A _{barra} (mm ²)	L _i (m)	L _a (m)	i (m)	α (°)	Pretensione (kN)	Cond. (-)	t _{max} (kN/m)	N _{Sd} (kN)
1	160	32	804.2	6	7	2.4	20	250	SLU STR	170.6	409.42
2				5	8	2.4	20	300		201.2	482.97
1	160	32	804.2	6	7	2.4	20	250	SLV STR	130.0	312.05
2				5	8	2.4	20	300		159.8	383.45

D_{perf} = diametro di perforazione della fondazione del tirante;

D_{barra} = diametro della barra di ancoraggio;

A_{barra} = area della sezione della barra;

L_i = lunghezza libera del tirante;

L_a = lunghezza della fondazione del tirante;

i = interasse orizzontale dei tiranti;

α = inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale.

Tab. 42 – Sezione 3 – Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 61 di 96

9. OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI – VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE

Le verifiche sono state condotte sulle sezioni aventi le peggiori condizioni di spinta:

- Sezione 1: berlinese frontale, H=18m, altezza di scavo 12.7m, posizionata in mezzeria del tratto centrale della paratia, con 4 ordini di tiranti.
- Sezione 2: berlinese laterale, H=16m, altezza di scavo 11.9m, con 3 ordini di tiranti.
- Sezione 3: berlinese laterale, H=12m, altezza di scavo 7.8m, con 2 ordini di tiranti.

9.1 SEZIONE 1

9.1.1 Verifiche strutturali del micropalo

Si riporta in Fig. 45 la verifica di resistenza per la sezione del micropalo di diametro D = 193.7mm e spessore sp. = 16mm, in acciaio S275.

LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" FINESTRA DI CHIUSA MICROPALI BERLINESE - SEZIONE 1 <u>Calcolo della resistenza strutturale del tubolare</u>		CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (Tab. 4.2.III - NTC 2008)	
		<i>tensione di snervamento</i>	ϵ 0.92 [-]
		<i>normalizzata</i>	ϵ^2 0.85 [-]
		<i>rapporto diametro/spessore</i>	d/t 12.1 [-]
		<i>classe della sezione</i>	CLASSE 1
		SOLLECITAZIONI AGENTI:	
		<i>momento flettente di calcolo</i>	M_{Ed} 102.12 [kNm/ml]
		<i>taglio di calcolo</i>	T_{Ed} 128.36 [kN/ml]
		<i>sforzo normale di calcolo</i>	N_{Ed} 0 [kN/ml]
		<i>interasse tubolari</i>	i 0.4 [m]
		<i>momento flettente agente</i>	M_{Ed} 40.848 [kNm]
		<i>taglio agente</i>	T_{Ed} 51.344 [kN]
		<i>sforzo normale agente</i>	N_{Ed} 0 [kN]
		VERIFICA DELLA SEZIONE IN CAMPO ELASTICO:	
		<i>tensione normale</i>	$\sigma_{x,Ed}$ 111.3 [MPa]
		<i>tensione tangenziale</i>	τ_{Ed} 11.4 [MPa]
		<i>sigma ideale (equaz. (4.2.5) NTC-2008)</i>	σ_{id} 113.1 [MPa]
		<i>verifica: $\sigma_{id} \leq f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$</i>	ok
		<i>fattore di sicurezza</i>	$FS = f_{yd} / \sigma_{id}$ 2.32 VERIFICATO
DATI GEOMETRICI: <i>diametro esterno del tubolare</i> d 193.7 [mm] <i>spessore del tubolare</i> t 16.0 [mm] <i>diametro interno del tubolare</i> d_{int} 161.7 [mm] <i>area della sezione del tubolare</i> A 8932.2 [mm ²] <i>momento inerzia tubolare</i> I 3554.3 [cm ⁴] <i>modulo resistenza elastico</i> W 367.0 [cm ³] <i>momento statico di metà sezione</i> $S_{A/2}$ 253.3 [cm ³] <i>tipologia di acciaio</i> S 275 [MPa] <i>coefficiente di sicurezza</i> γ_{M0} 1.05 [-] <i>tensione di snervamento di progett</i> f_{yd} 261.9 [MPa]			
VERIFICA: equaz. (4.2.5) NTC-2008: $\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed} \sigma_{x,Ed} + 3 \tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk} / \gamma_{M0})^2$			

Fig. 45 – Sezione 1 – Report di calcolo per la verifica strutturale della sezione del micropalo

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 62 di 96

La verifica tensionale risulta positiva se è rispettata la disequazione:

$$\sigma_{id} \leq f_{yd}$$

valutata secondo l'equazione (4.2.5) delle NTC-2008:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk}/\gamma_{M0})^2$$

dove: $\sigma_{id}^2 = \sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2$

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0}$$

9.1.2 Verifiche sui tiranti

Affinché i tiranti di ancoraggio assolvano al meglio la loro funzione statica di sostegno della parete, è opportuno che il bulbo di fondazione si trovi completamente all'esterno del cuneo di spinta attiva che può nascere a tergo della paratia durante le fasi di costruzione e di esercizio dell'opera.

La geometria del cuneo di spinta attiva nel caso delle paratie multi ancorate può essere determinata secondo vari criteri, nel seguito si fa riferimento allo schema secondo cui il cuneo di spinta è delimitato da una retta inclinata di un angolo pari a $(\phi/2 - \pi/4)$ rispetto alla verticale e passante per il piede della paratia, traslata verso monte di una lunghezza pari a $1.5 \times (a_{max}/g)$:

$$L_E = L_N \cdot \left(1 + 1.5 \cdot \frac{a_g}{g}\right)$$

dove:

L_E lunghezza libera in condizioni sismiche;

L_N lunghezza libera in condizioni statiche;

a_g/g accelerazione del suolo rapportata a quella di gravità.

La Fig. 46 rappresenta graficamente il criterio geometrico adottato per la determinazione del valore minimo del tratto libero d'ancoraggio, le cui verifiche sono riportate in Tab. 43.

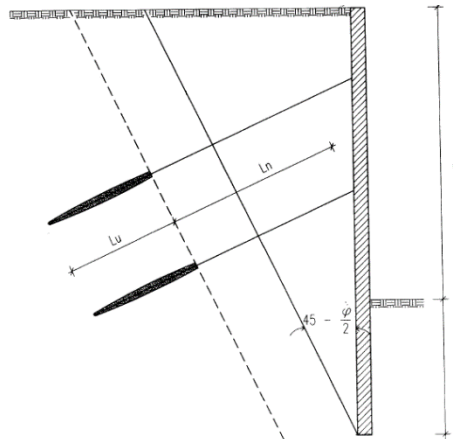


Fig. 46 – Criterio per la determinazione del tratto libero d'ancoraggio dei tiranti

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 63 di 96

Ordine tirante [-]	i [°]	Quota da testa paratia [m]	L _{libera min statica} [m]	L _{libera min sismica} [m]	L _{libera di progetto} [m]
I	0	2.50	8.3	9.20	10
II	20	5.50	6.0	6.68	8
III	20	8.00	4.8	5.38	6
IV	20	10.50	3.7	4.09	5

Tab. 43 – Sezione 1 – Lunghezza libera minima degli ancoraggi

9.1.2.1. Verifiche geotecniche a sfilamento dei tiranti

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 (Rif. [14]) e Viggiani '99 (Rif. [18]). Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto per i tiranti, ricadenti per la maggior parte nel deposito granulare superficiale, un valore caratteristico pari a 250kPa. La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{Ra,p}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a}{\gamma_{Ra,p} \cdot \xi}$$

dove:

- $N_{R,ad}$ resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- D_p diametro di perforazione della fondazione del tirante;
- α coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell' ancoraggio e del cotesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.2 in funzione del tipo di iniezione (IGU) e della tipologia di terreno; nel solo caso dei tiranti del primo ordine si è assunto 1.1, per tenere in conto le maggiori difficoltà realizzative di un tirante orizzontale;
- τ_{ak} tensione resistente a sfilamento caratteristica dell' interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- L_a lunghezza della fondazione del tirante;
- $\gamma_{Ra,p}$ coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi temporanei;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,ad} \geq N_{S,d}$$

Dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell' azione sollecitante sui tiranti.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 64 di 96

Nella tabella seguente è riassunto il calcolo di $N_{R,ad}$:

Verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti											
Ordine Tirante [-]	D_p [mm]	α [-]	τ_{ak} [kPa]	L_a [m]	$\gamma_{Ra,p}$ [-]	ξ_{a3} [-]	$N_{R,ak}$ [kN]	$N_{R,ad}$ [kN]	Condizione [-]	$N_{S,d}$ [kN]	R_d/E_d [-]
I	160	1.1	250	6	1.1	1.8	460.8	418.9	Inviluppo SLU+SLV	297.0	1.41
II	160	1.2	250	7	1.1	1.8	586.4	533.1	Inviluppo SLU+SLV	391.6	1.36
III	160	1.2	250	9	1.1	1.8	754.0	685.4	Inviluppo SLU+SLV	511.5	1.34
IV	160	1.2	250	9	1.1	1.8	754.0	685.4	Inviluppo SLU+SLV	542.7	1.26

Tab. 44 – Sezione 1 – Verifica della resistenza a sfilamento degli ancoraggi

9.1.2.2. Verifiche strutturali a rottura dei tiranti

La resistenza a trazione dell'armatura dei tiranti è valutata secondo la seguente relazione:

$$N_{R,pd} = \frac{f_{p(1)k} \cdot A_{barra}}{\gamma_s}$$

dove:

$N_{R,pd}$ la resistenza a rottura;

$f_{p(1)k}$ la resistenza elastica dell'acciaio alla deformazione dell'1%;

A_{barra} area della barra;

γ_s coefficiente parziale dell'acciaio;

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

Dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell'azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella seguente è riassunto il calcolo di $N_{R,pd}$:

Verifica strutturale dei tiranti									
Ordine Tirante [-]	$f_{p(1)k}$ [MPa]	A_{barra} [mm ²]	D_{barra} [mm]	γ_s [-]	$N_{R,pk}$ [-]	$N_{R,pd}$ [-]	Condizione [-]	$N_{S,d}$ [kN]	R_d/E_d [-]
I	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	297.0	2.24
II	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	391.6	1.70
III	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	511.5	1.30
IV	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	542.7	1.22

Tab. 45 – Sezione 1 – Verifica della resistenza a snervamento degli ancoraggi

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 65 di 96

9.1.3 Verifiche strutturali sulla trave di ripartizione dei tiranti

Per la ripartizione sulla paratia dello sforzo assiale agente nei tiranti d'ancoraggio sono state utilizzate coppie di profilati metallici del tipo HEB180 (acciaio S275).

La verifica di tali elementi strutturali è stata eseguita secondo lo schema di trave continua su infiniti appoggi, soggetta ad un carico uniforme pari al valore dell'azione del singolo tirante distribuito sulla sua zona di competenza, uguale all'interasse orizzontale tra i tiranti stessi (Fig. 47).

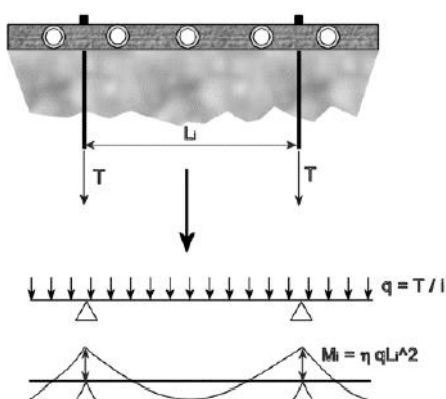


Fig. 47 – Trave di ripartizione: schema statico

Le sollecitazioni sulla trave si determinano:

$$M = q L^2 / 10$$

$$V = 0.6 q L$$

dove:

- L luce della campata, ovvero interasse tra i tiranti, pari a 2.0÷2.4m; le verifiche verranno eseguite considerando il valore massimo L = 2.4m presente localmente tra alcuni tiranti e volto a evitare interferenze con altri elementi strutturali;
- q reazione del tirante a metro lineare, pari a: $q = t_{max} = N_{S,d} / i$
- i interasse di calcolo tra i tiranti, pari a 2.0m per il 1° ordine, 2.4m per i restanti.

I risultati delle verifiche sono riportati nelle seguenti tabelle.

Ordine	Cond.	t_{max}	M_{sd}	T_{sd}
(-)	(-)	(kN/m)	(kNm)	(kN)
1	SLU STR	148.5	59.398	178.194
2		163.2	93.9744	234.936
3		213.1	122.7672	306.918
4		226.1	130.248	325.62

Tab. 46 – Sezione 1 – Determinazione delle azioni sollecitanti sulla trave di ripartizione dei tiranti

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 66 di 96

LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" FINESTRA DI CHIUSA MICROPALI BERLINESE - SEZIONE 1 <u>Verifica delle Travi di Ripartizione - NTC 2008</u>		
<u>Dati del profilato:</u>		
Tipologia di profilato	HEB 180	
Altezza del profilato	h	180 mm
Base del profilato	b	180 mm
Spessore dell'anima	a = t _w	8.5 mm
Spessore delle ali	e = t _f	14 mm
Raggio di curvatura	r	15 mm
Area della sezione	A	6530 mm²
<u>Definizione dell'azione di calcolo:</u>		
Azione massima agente	t _{Ed}	226.1 [kN/m]
Interasse degli elementi di contrasto	i	2.4 [m]
Momento agente sul profilato	M _{Ed}	130.2 [kNm]
Taglio agente sul profilato	V _{Ed}	325.6 [kN]
<u>Calcolo della resistenza di progetto a taglio:</u>		
Tipologia di acciaio	S	275 [MPa]
Coefficiente di sicurezza	γ _{M0}	1.05 [-]
Piano di carico del profilato	Carico nel piano dell'anima	
n° di profilati considerati	n°	2 [-]
Area a taglio del singolo profilato	A _v	2029 mm²
Resistenza di progetto a taglio	R _{c,Rd}	613.61 [kN]
<u>Definizione della tipologia di verifica da condurre:</u>		
Taglio agente sul profilato	V _{Ed}	325.58 [kN]
Resistenza di progetto a taglio	V _{c,Rd}	613.61 [kN]
Rapporto V _{Ed} /V _{c,Rd}	V _{Ed} /V _{c,Rd}	0.53 [-]
Tipologia di verifica	Flessione e taglio	
<u>Verifica strutturale del profilato per flessione retta:</u>		
Momento plastico nel piano dell'anima	W _{pl,y}	481400 mm³
Resistenza di progetto	M _{c,Rd} = M _{pl,Rd}	252.16 [kNm]
Fattore di sicurezza della sezione	FS	1.94 OK
<u>Verifica strutturale per profilato soggetto a flessione e taglio:</u>		
Momento plastico nel piano dell'anima	W _{pl,y}	481400 mm³
Coefficiente di riduzione	ρ	0.003745739 [-]
Resistenza di progetto	M _{y,V,Rd}	252.04 [kNm]
Condizione M _{y,V,Rd} ≤ M _{y,c,Rd}	OK	
Fattore di sicurezza della sezione	FS	1.94 OK

Tab. 47 – Sezione 1 – Report di calcolo per la verifica strutturale della trave di ripartizione

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 67 di 96

9.1.4 Verifiche della profondità di infissione

La profondità d'infissione della paratia nel terreno è stata definita in modo da assicurare un idoneo incastro nei confronti delle spinte orizzontali.

Nel calcolo dell'opera effettuato agli Stati Limite Ultimi, l'avvenuta convergenza del calcolo all'ultimo step di calcolo già garantisce di per sé la stabilità dell'opera nei riguardi della deformazione rotazionale della paratia, rappresentata in Fig. 48.

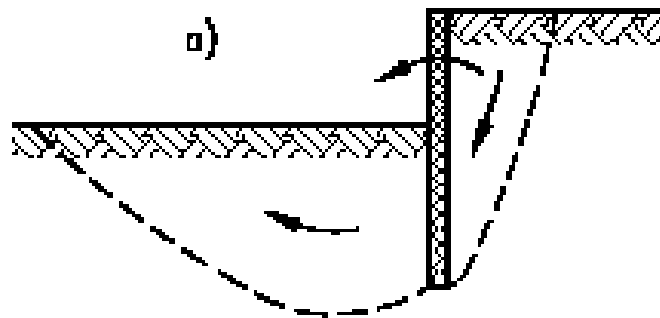


Fig. 48 – Meccanismo di collasso

In Fig. 49, Fig. 50 e Tab. 48 si riporta il rapporto tra la spinta sollecitante e la spinta passiva resistente mobilitata a ciascun step di carico. Il rapporto risulta sempre ≤ 1 per le combinazioni SLU e SLV, e ≤ 0.5 per la combinazione SLE, quindi la verifica è soddisfatta.

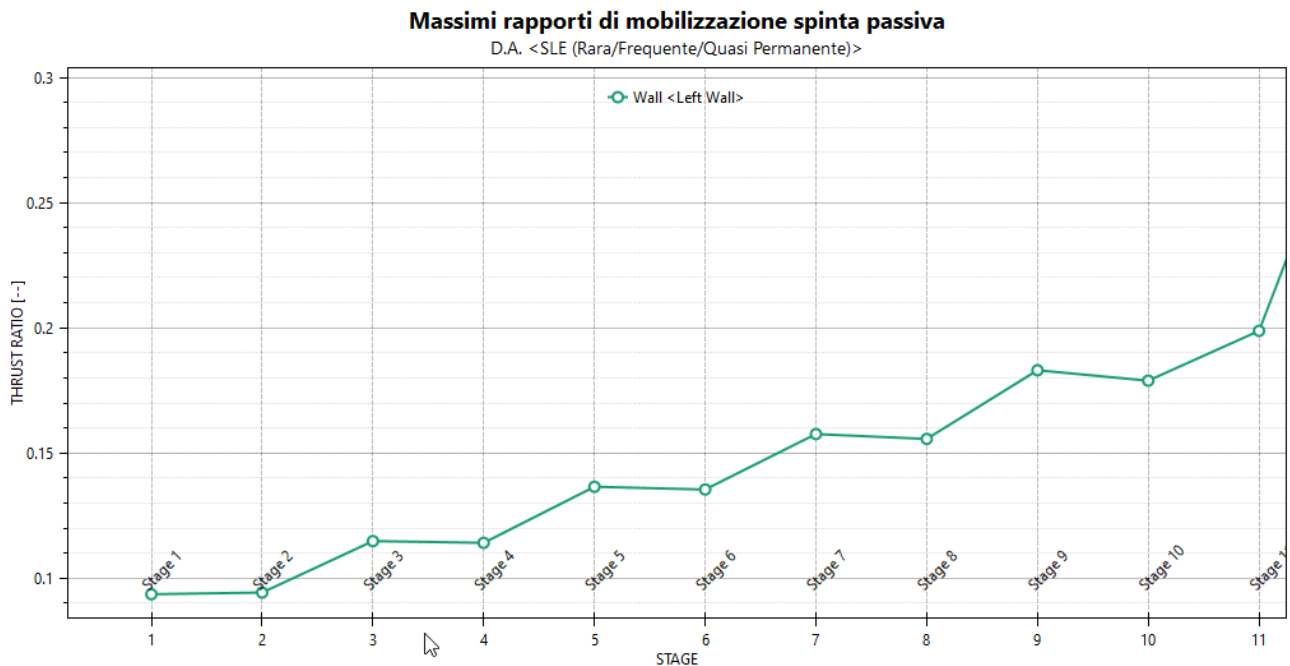


Fig. 49 – Sezione 1 – Percentuale di spinta passiva mobilitata nei vari step di calcolo (SLE)

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 68 di 96

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <A2+M2+R1>

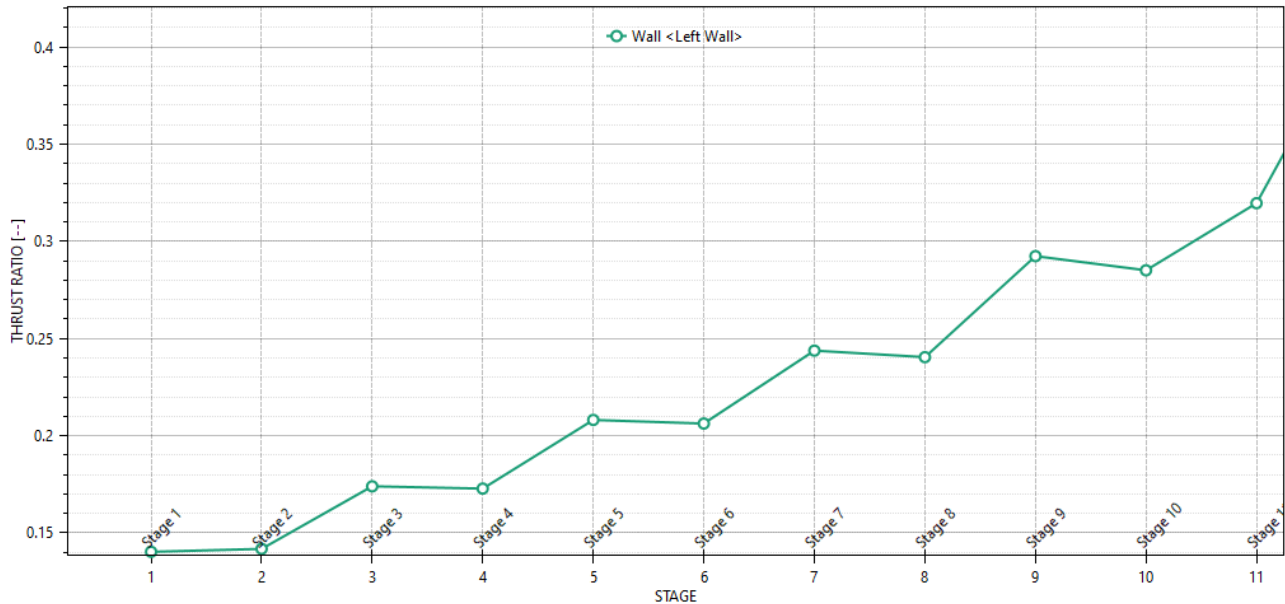


Fig. 50 – Sezione 1 – Percentuale di spinta passiva mobilitata nei vari step di calcolo (SLU)

Stage di calcolo	CONDIZIONE		
	SLE-Rara	SLU-GEO	SLV-GEO
1	0.094	0.14	-
2	0.094	0.142	-
3	0.115	0.174	-
4	0.114	0.173	-
5	0.137	0.208	-
6	0.135	0.206	-
7	0.158	0.244	-
8	0.156	0.24	-
9	0.183	0.292	-
10	0.179	0.285	-
11	0.199	0.32	-
12	-	-	0.441

Tab. 48 – Sezione 1 – Percentuale di spinta passiva mobilitata (SLE-SLU-SLV)

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 69 di 96

9.1.5 Verifiche di stabilità

Al fine di verificare l'adeguatezza dell'intervento progettato, sono state eseguite le opportune verifiche di stabilità.

- Globale: in relazione alle condizioni generali del versante, si è individuando il meccanismo di collasso che coinvolge il sistema terreno - opera di sostegno provvisoria.
- Locale: si sono indagate le condizioni di stabilità della pendenza del mezzo a tergo della paratia senza considerare l'influenza dell'opera di sostegno.

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite per mezzo del codice di calcolo ParatiePlus v.2022 (modulo VSP) (Rif. [23]) scegliendo di utilizzare il Metodo di Bishop semplificato.

Le verifiche di stabilità locale sono state eseguite per mezzo del software Slide (Rif. [24]) adottando il metodo di Bishop semplificato.

Le analisi sono state eseguite con i coefficienti indicati ai § 6.1.2 e § 6.1.3

9.1.5.1. Globale

Nella verifica di stabilità globale, le condizioni indagate sono relative alla situazione di scavo provvisorio per il raggiungimento del fondo scavo sia in fase statica che in fase sismica.

Di seguito si presentano i risultati delle analisi, nel dettaglio si riportano:

- per la combinazione SLU-GEO:
 - Fig. 51: insieme delle superfici critiche analizzate;
 - Fig. 52: superficie critica con FS minimo.
- per la combinazione SLV-GEO:
 - Fig. 53: insieme delle superfici critiche analizzate;
 - Fig. 54: superficie critica con FS minimo.

I modelli di calcolo sono i medesimi utilizzati per i calcoli strutturali e geotecnici della paratia, allungati a monte e a valle per permettere l'analisi di un maggiore numero di superfici critiche.

L'azione sismica di progetto è stata calcolata facendo riferimento al caso di un fronte di scavo, secondo quanto prescritto al §7 delle NTC-2008, e più in dettaglio al §7.11.4, §7.11.3.5.2 e Tabella 7.11.I delle medesime norme. L'accelerazione sismica di progetto (a_{max}/g) è riportata in Tab. 3.

I coefficienti sismici orizzontale e verticale adottati in queste analisi risultano quindi:

$$k_h = \beta \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) = 0.2 \cdot 0.0748 = 0.0145$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.5 \cdot 0.015 = 0.0075$$

In Tab. 49 si riepilogano i risultati delle analisi effettuate. Il fattore di sicurezza minimo è sempre maggiore di 1,1 pertanto le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte.

APPALTATORE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO												
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO.</td> </tr> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0500</td> <td>C</td> <td>70 di 96</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	CL	GA0500	C	70 di 96
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1AEZZ	CL	GA0500	C	70 di 96								

Condizione	FASE	FS	FS minimo
SLU GEO	11	1.954	1,1
SLV GEO	12	1.913	1,1

Tab. 49 – Sezione 1 - Risultati delle analisi di stabilità globale

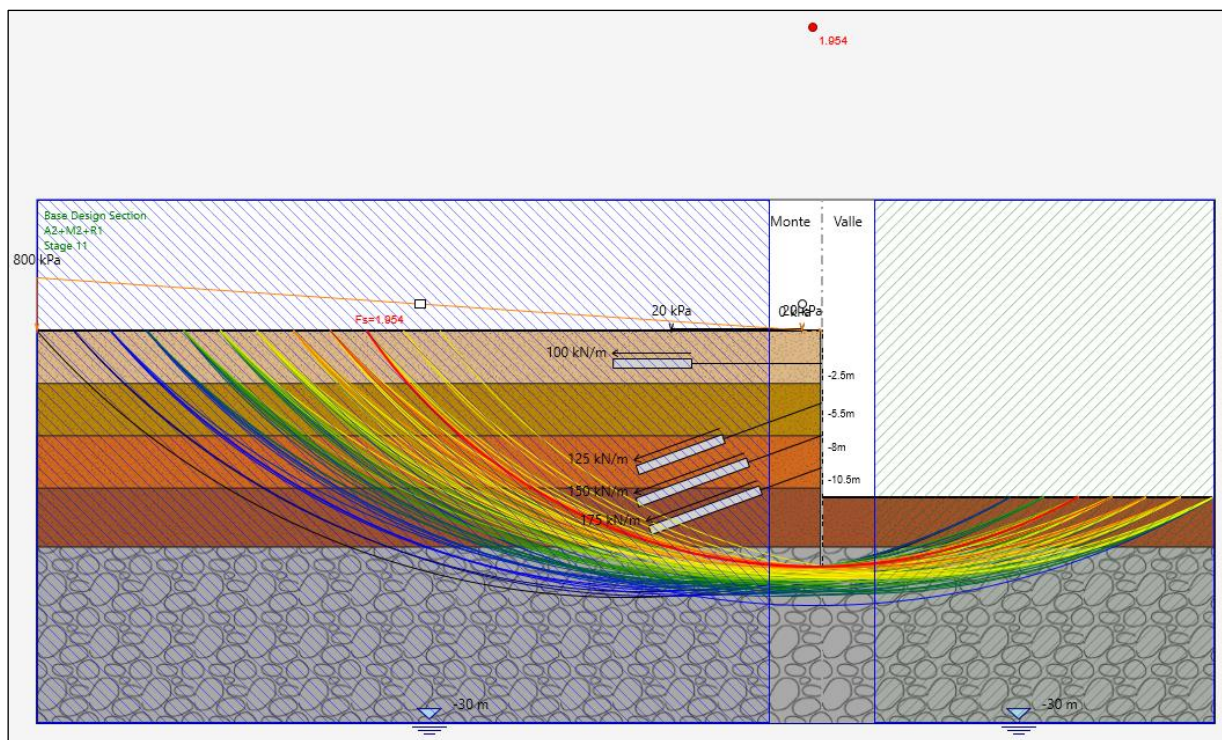


Fig. 51 – Sezione 1 – Analisi di stabilità globale statica SLU GEO – Superfici critiche analizzate

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 71 di 96

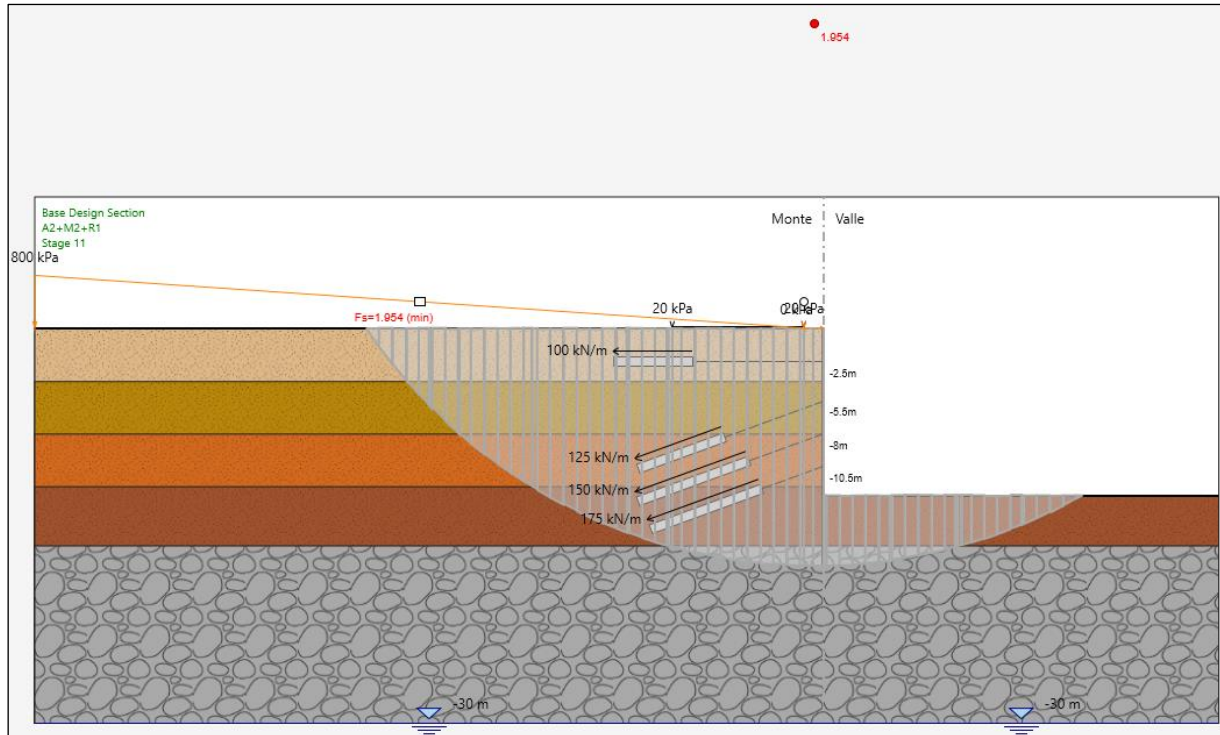


Fig. 52 – Sezione 1 – Analisi di stabilità globale statica SLU GEO – Superficie critica con FS minimo

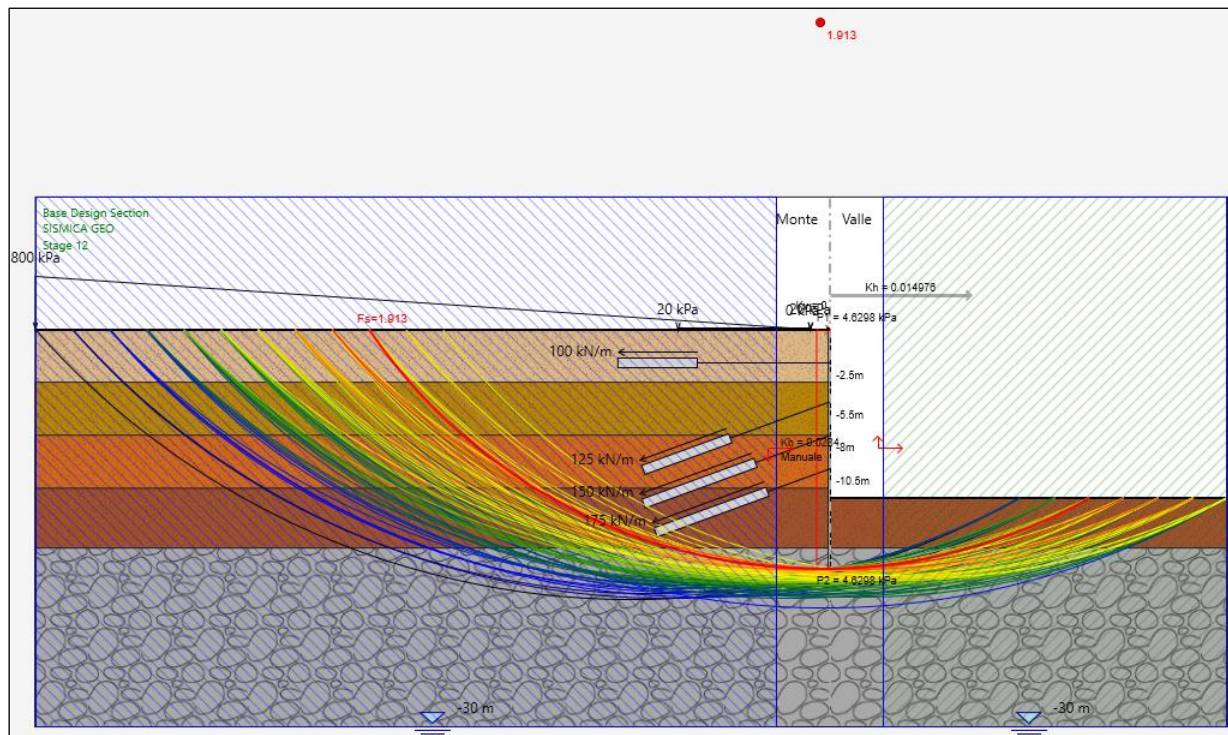


Fig. 53 – Sezione 1 – Analisi di stabilità globale statica SLV GEO – Superfici critiche analizzate

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 72 di 96

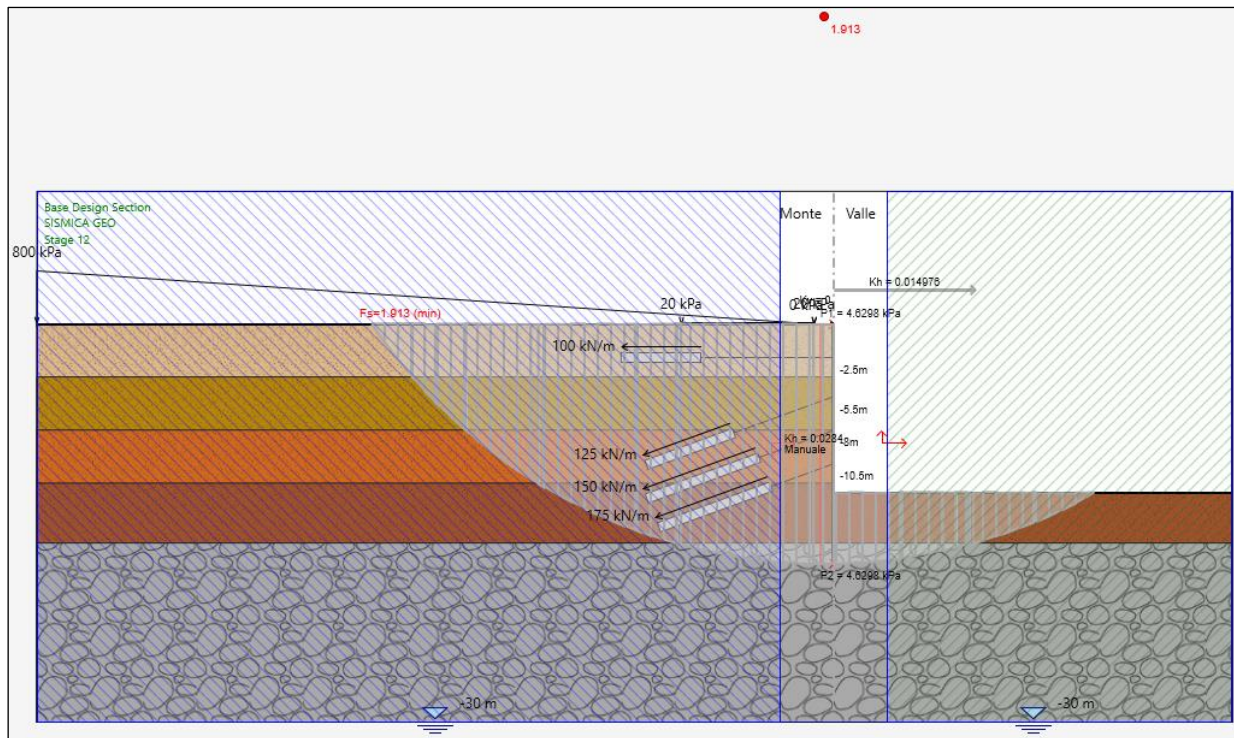


Fig. 54 – Sezione 1 – Analisi di stabilità globale statica SLV GEO – Superficie critica con FS minimo

9.1.5.2. Locale

Nella verifica di stabilità locale le condizioni indagate sono relative ad una situazione di una scarpata generica, posizionata a monte della paratia e inclinata 1:1. Le superfici critiche ricercate quindi non prevedono la presenza della paratia.

Il modello di calcolo considera un pendio inclinato di 30° a monte del fronte di scavo, il quale risulta protetto da uno strato di spritz-beton di spessore 10cm.

Si sono assunti i seguenti parametri di calcolo:

- terreno in sito: $\gamma=20\text{kN/m}^3$, $c'=0\text{kPa}$, $\phi'=33^\circ$
- spritz-beton: $\gamma=25\text{kN/m}^3$, $c'=300\text{kPa}$, $\phi'=33^\circ$

Le analisi sono state svolte considerando sia il caso SLU-GEO che SLV-GEO, adottando le combinazioni di coefficienti di sicurezza parziale di cui al §6.1.2-6.1.3.

L'azione sismica di progetto è stata calcolata facendo riferimento al caso di un fronte di scavo, secondo quanto prescritto al §7 delle NTC-2008, e più in dettaglio al §7.11.4, §7.11.3.5.2 e Tabella 7.11.I delle medesime norme. L'accelerazione sismica di progetto (a_{max}/g) è riportata in Tab. 3.

I coefficienti sismici orizzontale e verticale adottati in queste analisi risultano quindi:

$$k_h = \beta \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) = 0.2 \cdot 0.0748 = 0.0145$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.5 \cdot 0.015 = \pm 0.0075$$

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 73 di 96

I risultati delle analisi condotte sia in fase statica che sismica sono riportati in Tab. 50 in termini di fattori di sicurezza ottenuti. Le superfici critiche analizzate sono riportate in Fig. 55 e Fig. 56 (per maggiore chiarezza espositiva le immagini riportano solo le superfici con fattori di sicurezza <1.5).

Condizione	FASE	FS	FS minimo
SLU GEO	11	1.140	1,1
SLV GEO	12	1.108	1,1

Tab. 50 – Sezione 1 - Risultati delle analisi di stabilità locale

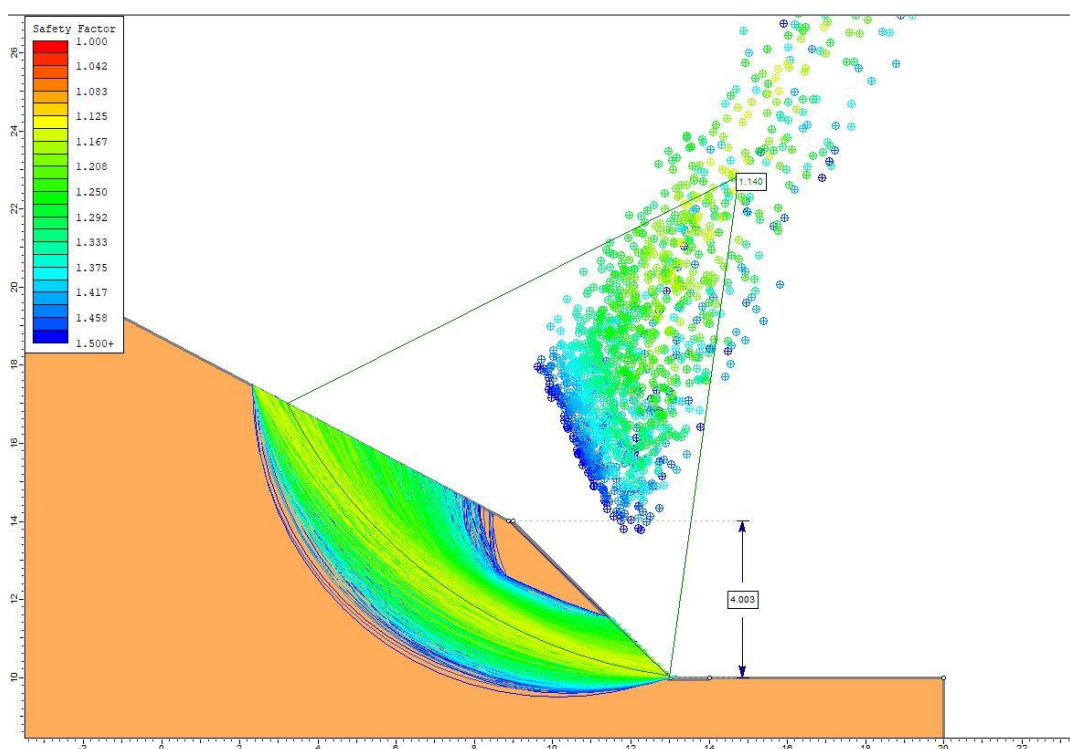


Fig. 55 – Sezione 1 – Analisi di stabilità locale statica SLU GEO

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0500</td> <td>C</td> <td>74 di 96</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	CL	GA0500	C	74 di 96
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1AEZZ	CL	GA0500	C	74 di 96								

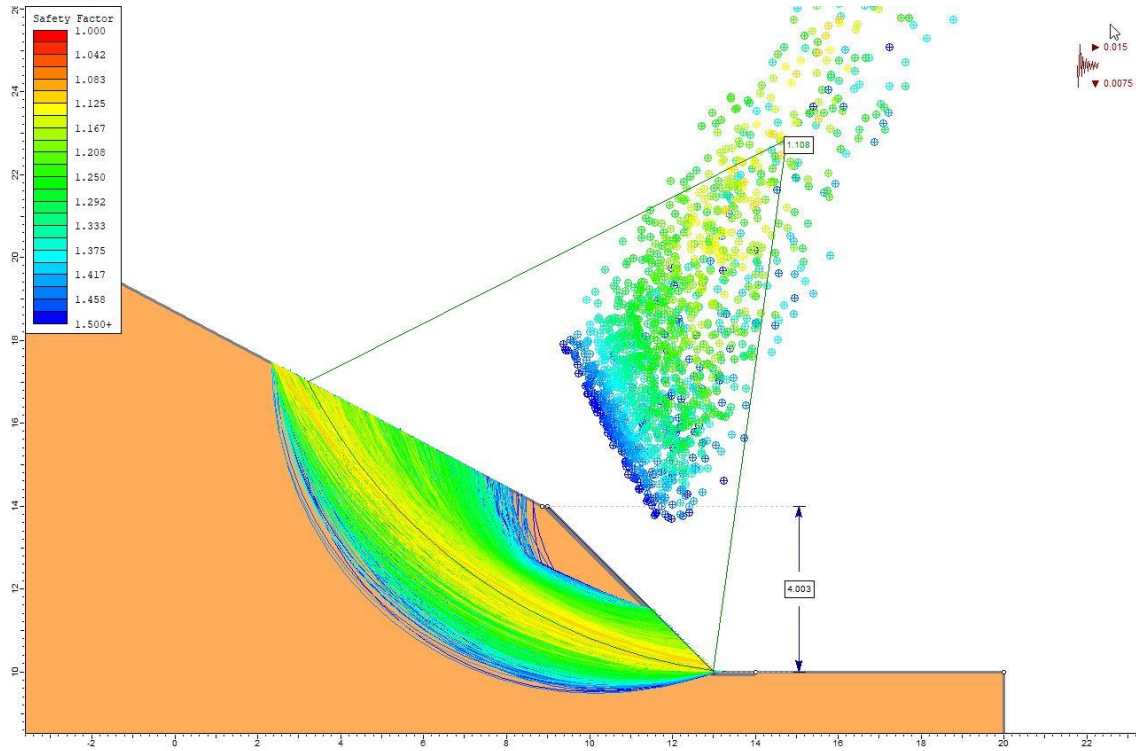


Fig. 56 – Sezione 1 – Analisi di stabilità locale statica SLV GEO

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 75 di 96

9.2 SEZIONE 2

9.2.1 Verifiche strutturali del micropalo

Si riporta di seguito la verifica di resistenza per la sezione del micropalo di diametro $D = 193.7\text{mm}$ e spessore $sp. = 16\text{mm}$, in acciaio S275. La verifica tensionale risulta positiva se è rispettata la disequazione:

$$\sigma_{id} \leq f_{yd}$$

valutata secondo l'equazione (4.2.5) delle NTC-2008:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk}/\gamma_{M0})^2$$

dove: $\sigma_{id}^2 = \sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2$

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0}$$

Si riporta in Fig. 57 l'esito della suddetta verifica.

LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" FINESTRA DI CHIUSA MICROPALI BERLINESE - SEZIONE 2 <u>Calcolo della resistenza strutturale del tubolare</u>				CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (Tab. 4.2.III - NTC 2008) <i>tensione di snervamento</i> ϵ 0.92 [-] <i>normalizzata</i> ϵ^2 0.85 [-] <i>rapporto diametro/spessore</i> d/t 12.1 [-] <i>classe della sezione</i> CLASSE 1			
DATI GEOMETRICI: <i>di diametro esterno del tubolare</i> d 193.7 [mm] <i>spessore del tubolare</i> t 16.0 [mm] <i>di diametro interno del tubolare</i> d_{int} 161.7 [mm] <i>area della sezione del tubolare</i> A 8932.2 [mm ²] <i>momento inerzia tubolare</i> I 3554.3 [cm ⁴] <i>modulo resistenza elastico</i> W 367.0 [cm ³] <i>momento statico di metà sezione</i> $S_{A/2}$ 253.3 [cm ³] <i>tipologia di acciaio</i> S 275 [MPa] <i>coefficiente di sicurezza</i> γ_{M0} 1.05 [-] <i>tensione di snervamento di progett</i> f_{yd} 261.9 [MPa]				SOLLECITAZIONI AGENTI: <i>momento flettente di calcolo</i> M_{Ed} 148.86 [kNm/ml] <i>taglio di calcolo</i> T_{Ed} 158.27 [kN/ml] <i>sfuerzo normale di calcolo</i> N_{Ed} 0 [kN/ml] <i>interasse tubolari</i> i 0.4 [m] <i>momento flettente agente</i> M_{Ed} 59.544 [kNm] <i>taglio agente</i> T_{Ed} 63.308 [kN] <i>sfuerzo normale agente</i> N_{Ed} 0 [kN]			
VERIFICA: <i>equaz. (4.2.5) NTC-2008:</i> $\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk}/\gamma_{M0})^2$				VERIFICA DELLA SEZIONE IN CAMPO ELASTICO: <i>tensione normale</i> $\sigma_{x,Ed}$ 162.3 [MPa] <i>tensione tangenziale</i> τ_{Ed} 14.1 [MPa] <i>sigma ideale (equaz. (4.2.5) NTC-2008)</i> σ_{id} 164.1 [MPa] <i>verifica: $\sigma_{id} \leq f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0}$</i> ok			
				<i>fattore di sicurezza</i> $FS = f_{yd}/\sigma_{id}$ 1.60 VERIFICATO			

Fig. 57 – Sezione 2 – Report di calcolo per la verifica strutturale della sezione del micropalo

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 76 di 96

9.2.2 Verifiche sui tiranti

Affinché i tiranti di ancoraggio assolvano al meglio la loro funzione statica di sostegno della parete, è opportuno che il bulbo di fondazione si trovi completamente all'esterno del cuneo di spinta attiva che può nascere a tergo della paratia durante le fasi di costruzione e di esercizio dell'opera.

La geometria del cuneo di spinta attiva nel caso delle paratie multi ancorate può essere determinata secondo vari criteri, nel seguito si fa riferimento allo schema secondo cui il cuneo di spinta è delimitato da una retta inclinata sull'orizzontale di un angolo pari a $(\pi/4 + \varphi/2)$ e passante per il piede della paratia, traslata verso monte di una lunghezza pari a $1.5 \times (a_{\max}/g)$:

$$L_E = L_N \cdot \left(1 + 1.5 \cdot \frac{a_g}{g}\right)$$

dove:

- L_E lunghezza libera in condizioni sismiche;
- L_N lunghezza libera in condizioni statiche;
- a_g/g accelerazione del suolo rapportata a quella di gravità.

La Fig. 46 rappresenta graficamente il criterio geometrico adottato per la determinazione del valore minimo del tratto libero d'ancoraggio, le cui verifiche sono riportate in Tab. 52.

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	$L_{\text{libera min statica}}$	$L_{\text{libera min sismica}}$	$L_{\text{libera di progetto}}$
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[m]
I	20	2.30	6.6	7.30	7
II	20	5.05	5.3	5.87	6
III	20	8.05	3.9	4.32	5

Tab. 51 – Sezione 2 – Lunghezza libera minima degli ancoraggi

9.2.2.1. Verifiche geotecniche a sfilamento dei tiranti

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 (Rif. [14]) e Viggiani '99 (Rif. [18]). Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto per i tiranti, ricadenti per la maggior parte nel deposito granulare superficiale, un valore caratteristico pari a 250kPa per i primi 2 ordini e 300kPa per il terzo ordine. La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{Ra,p}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a}{\gamma_{Ra,p} \cdot \xi}$$

dove:

- $N_{R,ad}$ resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- D_p diametro di perforazione della fondazione del tirante;

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 77 di 96

- α coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell' ancoraggio e del contesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.2 in funzione del tipo di iniezione (IGU) e della tipologia di terreno;
- τ_{ak} tensione resistente a sfilamento caratteristica dell' interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- L_a lunghezza della fondazione del tirante;
- $\gamma_{Ra,p}$ coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi temporanei;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,ad} \geq N_{S,d}$$

Dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell' azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella seguente è riassunto il calcolo di $N_{R,ad}$:

Verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti											
Ordine Tirante [-]	D_p [mm]	α [-]	τ_{ak} [kPa]	L_a [m]	$\gamma_{Ra,p}$ [-]	ξ_{a3} [-]	$N_{R,ak}$ [kN]	$N_{R,ad}$ [kN]	Condizione [-]	$N_{S,d}$ [kN]	R_d/E_d [-]
I	160	1.2	250	6	1.1	1.8	502.7	457.0	Inviluppo SLU+SLV	352.4	1.30
II	160	1.2	250	7	1.1	1.8	586.4	533.1	Inviluppo SLU+SLV	453.8	1.17
III	160	1.2	300	8	1.1	1.8	804.2	731.1	Inviluppo SLU+SLV	639.5	1.14

Tab. 52 – Sezione 2 – Verifica della resistenza a sfilamento degli ancoraggi

9.2.2.2. Verifiche strutturali a rottura dei tiranti

La resistenza a trazione dell'armatura dei tiranti è valutata secondo la seguente relazione:

$$N_{R,pd} = \frac{f_{p(1)k} \cdot A_{barra}}{\gamma_s}$$

dove:

$N_{R,pd}$ la resistenza a rottura;

$f_{p(1)k}$ la resistenza elastica dell'acciaio alla deformazione dell'1%;

A_{barra} area della barra;

γ_s coefficiente parziale dell' acciaio;

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

Dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell' azione sollecitante sui tiranti.

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 78 di 96

Nella tabella seguente è riassunto il calcolo di $N_{R,pd}$:

Verifica strutturale dei tiranti									
Ordine Tirante [-]	$f_{p(1)k}$ [MPa]	A_{barra} [mm ²]	D_{barra} [mm]	γ_s [m]	$N_{R,pk}$ [-]	$N_{R,pd}$ [-]	Condizione [-]	$N_{s,d}$ [kN]	R_d/E_d [-]
I	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	352.4	1.89
II	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	453.8	1.46
III	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	639.5	1.04

Tab. 53 – Sezione 2 – Verifica della resistenza a snervamento degli ancoraggi

9.2.3 Verifiche strutturali sulla trave di ripartizione dei tiranti

Per la ripartizione sulla paratia dello sforzo assiale agente nei tiranti d'ancoraggio sono state utilizzate coppie di profilati metallici del tipo HEB180 (acciaio S275).

La verifica di tali elementi strutturali è stata eseguita secondo lo schema di trave continua su infiniti appoggi, soggetta ad un carico uniforme pari al valore dell'azione del singolo tirante distribuito sulla sua zona di competenza, uguale all'interasse orizzontale tra i tiranti stessi (Fig. 47).

Le sollecitazioni sulla trave si determinano:

$$M = q L^2 / 10$$

$$V = 0.6 q L$$

dove:

- L luce della campata, ovvero interasse tra i tiranti, pari a 2.0m; le verifiche verranno eseguite considerando L = 2.4m per tenere in conto del maggiore interasse presente localmente tra alcuni tiranti, volto a evitare interferenze con altri elementi strutturali;
- q reazione del tirante a metro lineare, pari a: $q = t_{max} = N_{s,d}/i$
- i interasse di calcolo tra i tiranti, pari a 2.0m.

I risultati delle verifiche sono riportati nelle seguenti tabelle.

Ordine	Cond.	t_{max}	M_{sd}	T_{sd}
(-)	(-)	(kN/m)	(kNm)	(kN)
1	SLU STR	146.8	84.5784	211.446
2		189.1	108.9048	272.262
3		266.4	153.4728	383.682

Tab. 54 – Sezione 2 – Determinazione delle azioni sollecitanti sulla trave di ripartizione dei tiranti

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 79 di 96

LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" FINESTRA DI CHIUSA MICROPALI BERLINESE - SEZIONE 2 <u>Verifica delle Travi di Ripartizione - NTC 2008</u>		
Dati del profilato:		
Tipo di profilato	HEB 180	
Altezza del profilato	h	180 mm
Base del profilato	b	180 mm
Spessore dell'anima	a = t _w	8.5 mm
Spessore delle ali	e = t _f	14 mm
Raggio di curvatura	r	15 mm
Area della sezione	A	6530 mm ²
Definizione dell'azione di calcolo:		
Azione massima agente	t _{Ed}	266.4 [kN/m]
Interasse degli elementi di contrasto	i	2.4 [m]
Momento agente sul profilato	M _{Ed}	153.5 [kNm]
Taglio agente sul profilato	V _{Ed}	383.7 [kN]
Calcolo della resistenza di progetto a taglio:		
Tipologia di acciaio	S	275 [MPa]
Coefficiente di sicurezza	γ _{M0}	1.05 [-]
Piano di carico del profilato	Carico nel piano dell'anima	
n° di profilati considerati	n°	2 [-]
Area a taglio del singolo profilato	A _v	2029 mm ²
Resistenza di progetto a taglio	R _{c,Rd}	613.61 [kN]
Definizione della tipologia di verifica da condurre:		
Taglio agente sul profilato	V _{Ed}	383.68 [kN]
Resistenza di progetto a taglio	V _{c,Rd}	613.61 [kN]
Rapporto V _{Ed} /V _{c,Rd}	V _{Ed} /V _{c,Rd}	0.63 [-]
Tipo di verifica	Flessione e taglio	
Verifica strutturale del profilato per flessione retta:		
Momento plastico nel piano dell'anima	W _{pl,y}	481400 mm ³
Resistenza di progetto	M _{c,Rd} = M _{pl,Rd}	252.16 [kNm]
Fattore di sicurezza della sezione	FS	1.64 OK
Verifica strutturale per profilato soggetto a flessione e taglio:		
Momento plastico nel piano dell'anima	W _{pl,y}	481400 mm ³
Coefficiente di riduzione	ρ	0.062783311 [-]
Resistenza di progetto	M _{y,V,Rd}	250.17 [kNm]
Condizione M _{y,V,Rd} ≤ M _{y,c,Rd}	OK	
Fattore di sicurezza della sezione	FS	1.63 OK

Tab. 55 – Sezione 2 – Report di calcolo per la verifica strutturale della trave di ripartizione

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 80 di 96

9.2.4 Verifiche della profondità di infissione

La profondità d'infissione della paratia nel terreno è stata definita in modo da assicurare un idoneo incastro nei confronti delle spinte orizzontali.

Nel calcolo dell'opera effettuato agli Stati Limite Ultimi, l'avvenuta convergenza del calcolo all'ultimo step di calcolo già garantisce di per sé la stabilità dell'opera nei riguardi della deformazione rotazionale della paratia, rappresentata in Fig. 48.

In Fig. 58, Fig. 59 e Tab. 56 si riporta il rapporto tra la spinta sollecitante e la spinta passiva resistente mobilitata a ciascun step di carico. Il rapporto risulta sempre ≤ 1 per le combinazioni SLU e SLV, e ≤ 0.5 per la combinazione SLE, quindi la verifica è soddisfatta.

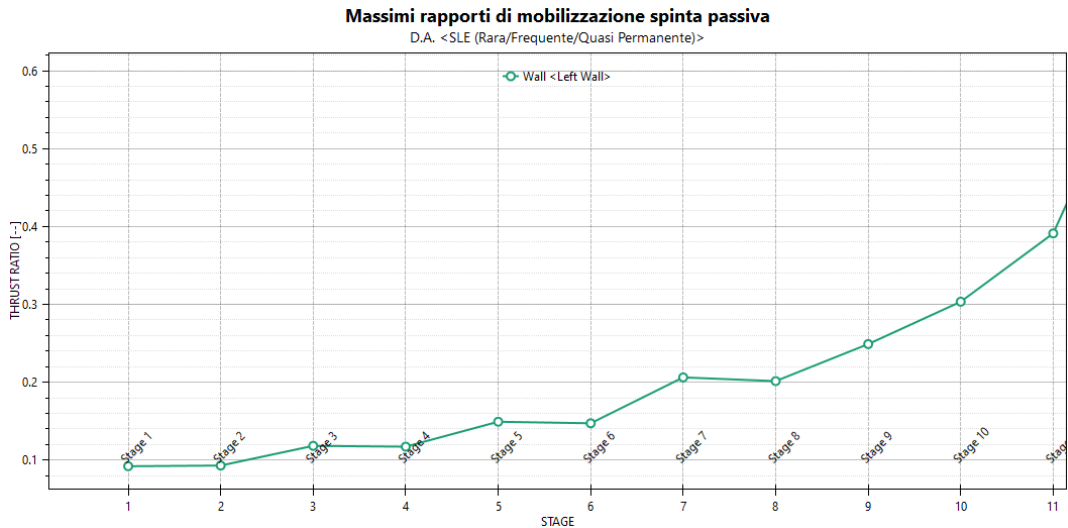


Fig. 58 – Sezione 2 – Percentuale di spinta passiva mobilitata nei vari step di calcolo (SLE)

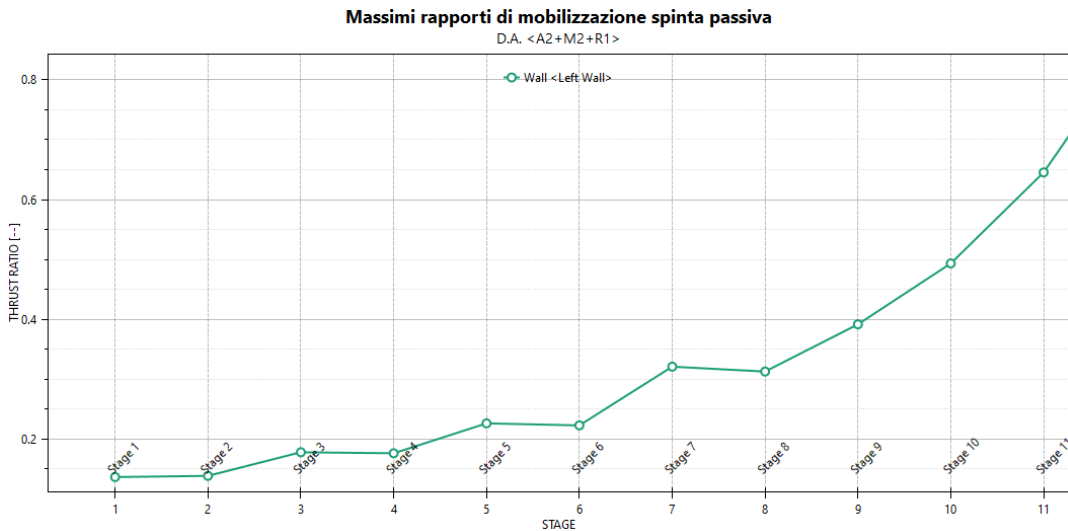


Fig. 59 – Sezione 2 – Percentuale di spinta passiva mobilitata nei vari step di calcolo (SLU)

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 81 di 96

Stage di calcolo	CONDIZIONE		
	SLE-Rara	SLU-GEO	SLV-GEO
1	0.092	0.136	-
2	0.093	0.138	-
3	0.118	0.178	-
4	0.117	0.176	-
5	0.149	0.226	-
6	0.147	0.223	-
7	0.206	0.321	-
8	0.202	0.313	-
9	0.249	0.391	-
10	0.303	0.493	-
11	0.391	0.645	-
12	-	-	0.906

Tab. 56 – Sezione 2 – Percentuale di spinta passiva mobilitata (SLE-SLU-SLV)

9.2.5 Verifiche di stabilità

Al fine di verificare l'adeguatezza dell'intervento progettato, sono state eseguite le opportune verifiche di stabilità.

- Globale: in relazione alle condizioni generali del versante, si è individuando il meccanismo di collasso che coinvolge il sistema terreno - opera di sostegno provvisoria.
- Locale: si sono indagate le condizioni di stabilità della pendenza del mezzo a tergo della paratia senza considerare l'influenza dell'opera di sostegno.

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite per mezzo del codice di calcolo ParatiePlus (modulo VSP) scegliendo di utilizzare il Metodo di Bishop semplificato.

Per le verifiche di stabilità locale si rimanda a quelle eseguite per la Sezione 1 (§ 9.1.5.2) in quanto le condizioni sono le medesime, o localmente migliori.

Le analisi sono state eseguite con i coefficienti indicati al § 6.1.2.

9.2.5.1. Globale

Nella verifica di stabilità globale, le condizioni indagate sono relative alla situazione di scavo provvisorio per il raggiungimento del fondo scavo sia in fase statica che in fase sismica.

Di seguito si presentano i risultati delle analisi, nel dettaglio si riportano:

- per la combinazione SLU-GEO:

APPALTATORE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 82 di 96

- Fig. 60: insieme delle superfici critiche analizzate;
- Fig. 61: superficie critica con FS minimo.
- per la combinazione SLV-GEO:
 - Fig. 62: insieme delle superfici critiche analizzate;
 - Fig. 63: superficie critica con FS minimo.

I modelli di calcolo sono i medesimi utilizzati per i calcoli strutturali e geotecnici della paratia, allungati a monte e a valle per permettere l'analisi di un maggiore numero di superfici critiche.

In Tab. 57 si riepilogano i risultati delle analisi effettuate. Il fattore di sicurezza minimo è sempre maggiore di 1,1 pertanto le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte.

Condizione	FASE	FS	FS minimo
SLU GEO	11	1.564	1,1
SLV GEO	12	1.537	1,1

Tab. 57 – Sezione 2 - Risultati delle analisi di stabilità globale

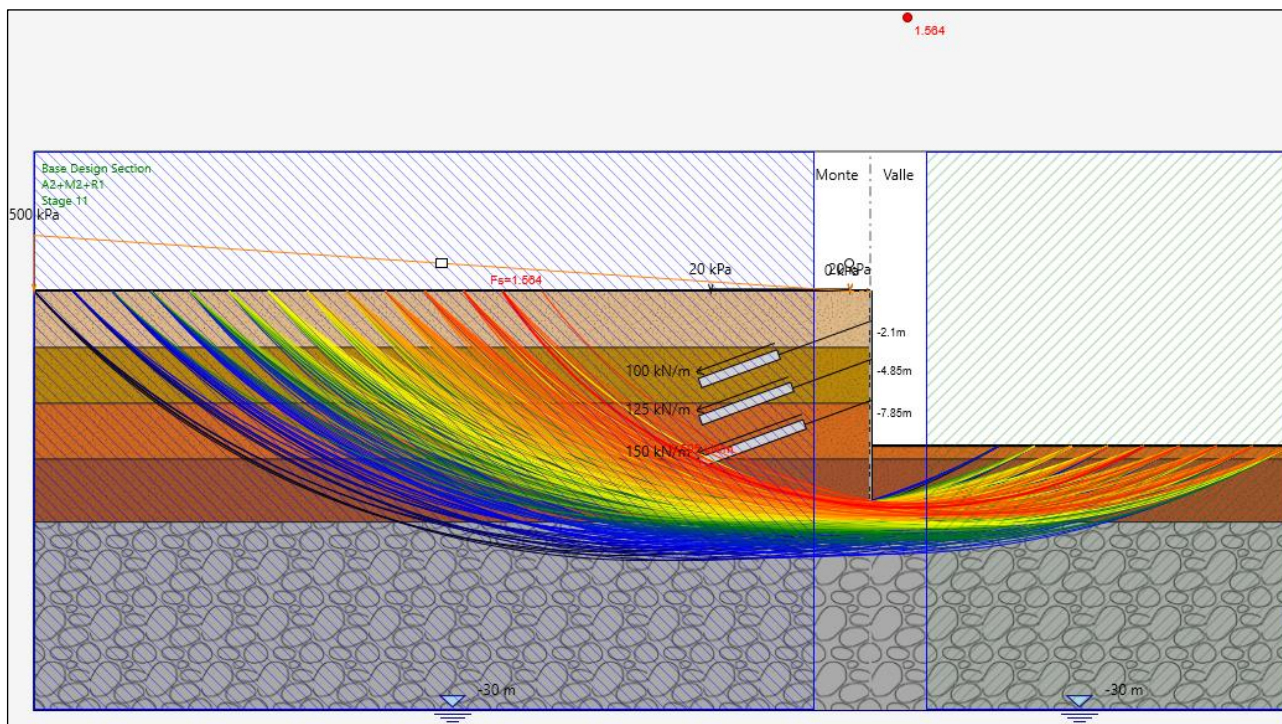


Fig. 60 – Sezione 2 – Analisi di stabilità globale statica SLU GEO – Superfici critiche analizzate

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 83 di 96

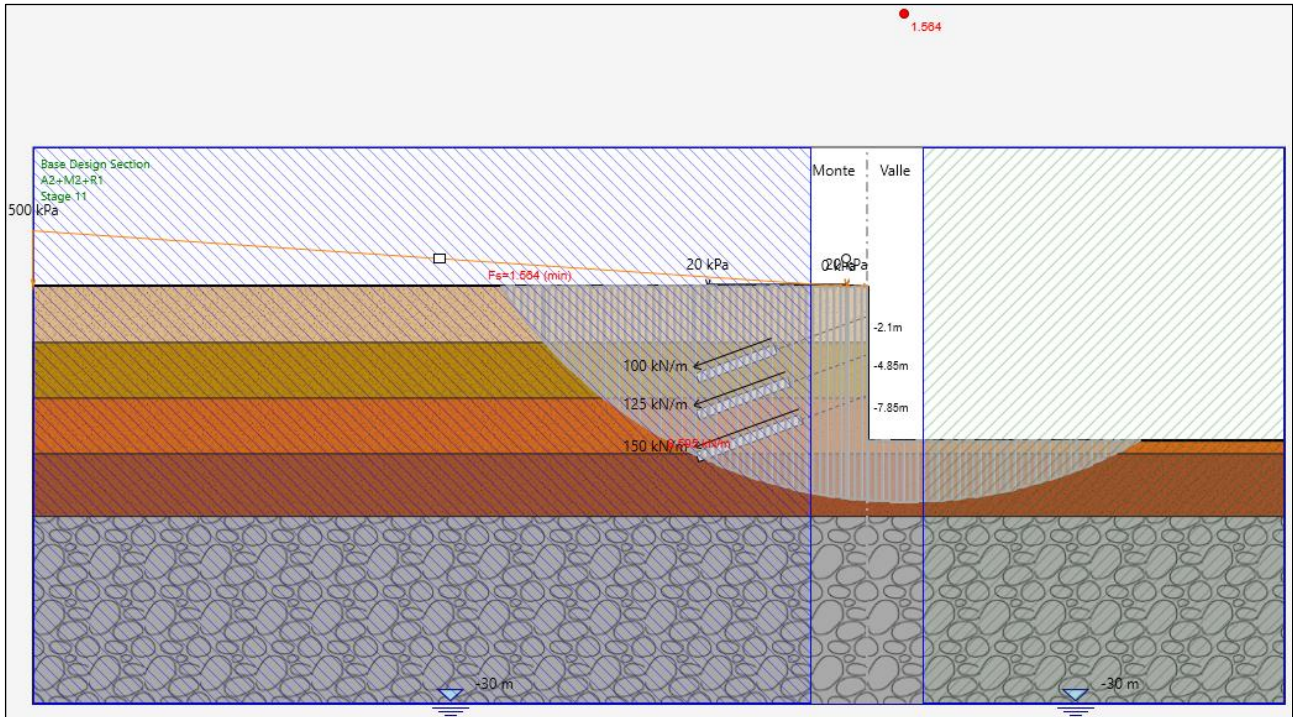


Fig. 61 – Sezione 2 – Analisi di stabilità globale statica SLU GEO – Superficie critica con FS minimo

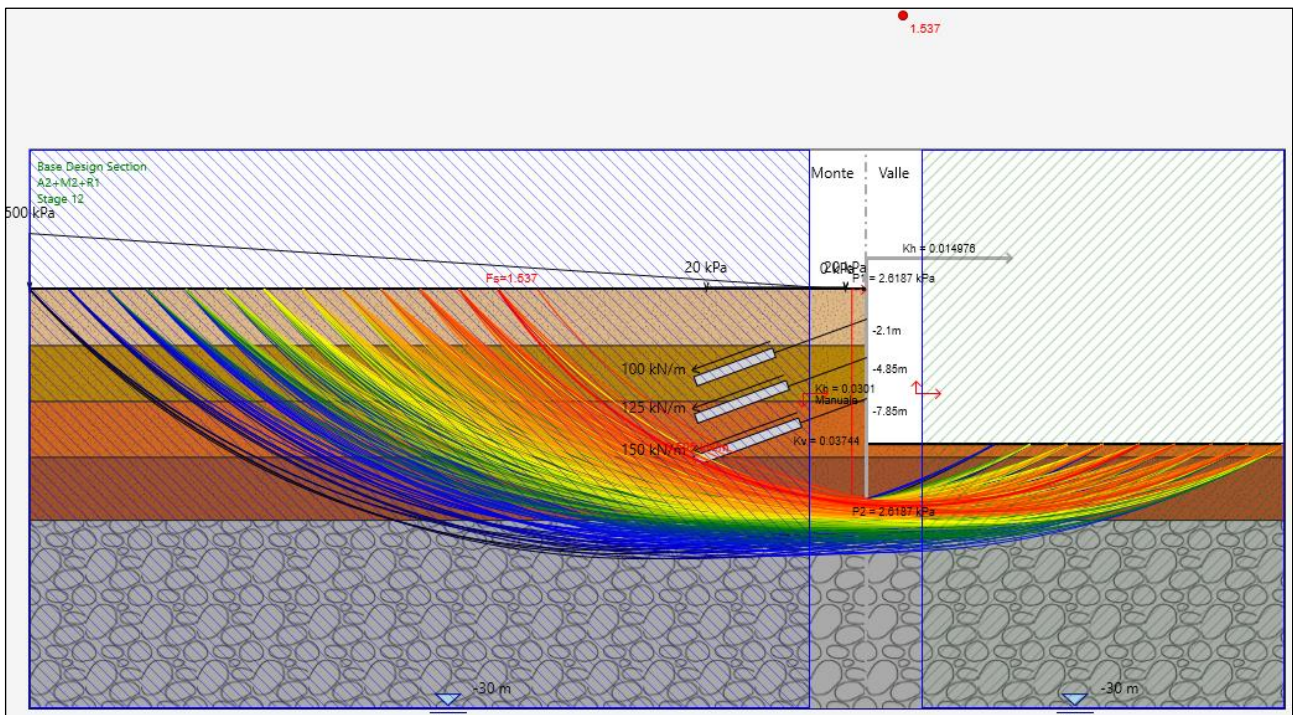


Fig. 62 – Sezione 2 – Analisi di stabilità globale statica SLV GEO – Superfici critiche analizzate

APPALTATORE:	webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 84 di 96

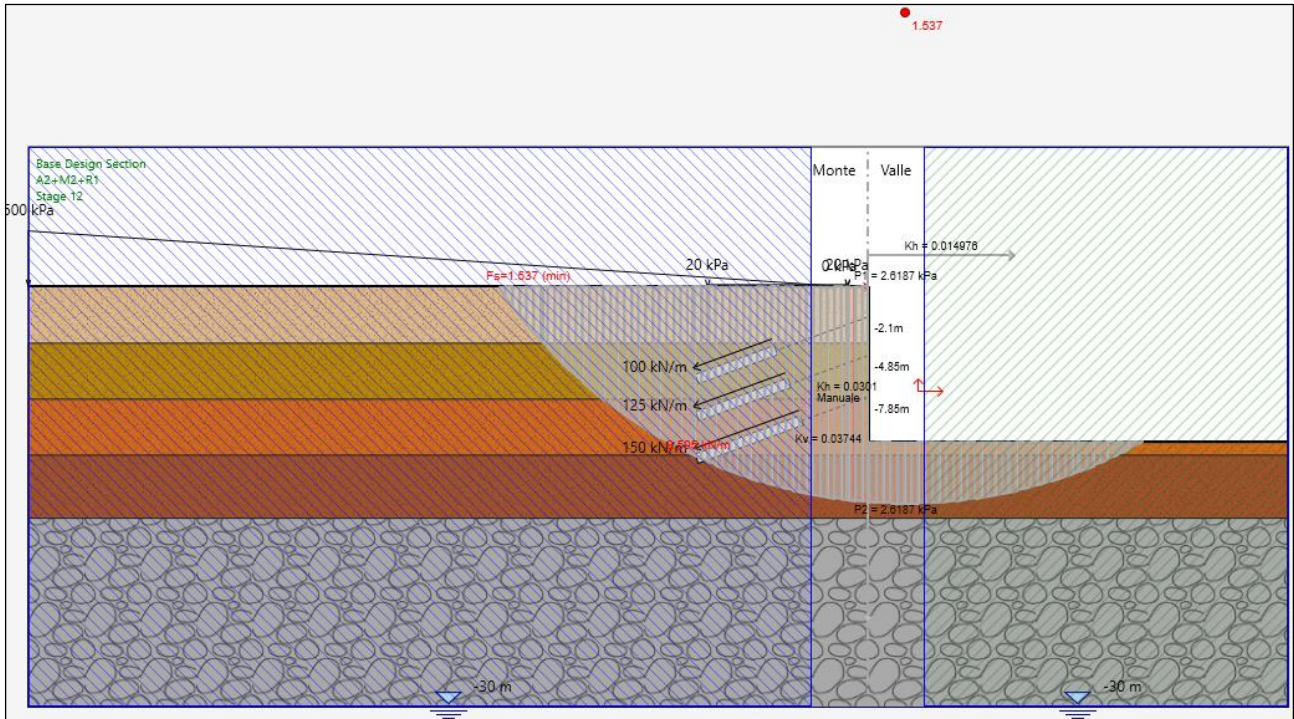


Fig. 63 – Sezione 2 – Analisi di stabilità globale statica SLV GEO – Superficie critica con FS minimo

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 85 di 96

SEZIONE 3

9.2.6 Verifiche strutturali del micropalo

Si riporta di seguito la verifica di resistenza per la sezione del micropalo di diametro $D = 193.7\text{mm}$ e spessore $sp. = 16\text{mm}$, in acciaio S275. La verifica tensionale risulta positiva se è rispettata la disequazione:

$$\sigma_{id} \leq f_{yd}$$

valutata secondo l'equazione (4.2.5) delle NTC-2008:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk}/\gamma_{M0})^2$$

dove: $\sigma_{id}^2 = \sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2$

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0}$$

Si riporta in Fig. 64 l'esito della suddetta verifica.

LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" FINESTRA DI CHIUSA MICROPALI BERLINESE - SEZIONE 3 <u>Calcolo della resistenza strutturale del tubolare</u>		CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (Tab. 4.2.III - NTC 2008) <i>tensione di snervamento</i> ϵ 0.92 [-] <i>normalizzata</i> ϵ^2 0.85 [-] <i>rapporto diametro/spessore</i> d/t 12.1 [-] <i>classe della sezione</i> CLASSE 1	
DATI GEOMETRICI: <i>diámetro esterno del tubolare</i> d 193.7 [mm] <i>spessore del tubolare</i> t 16.0 [mm] <i>diámetro interno del tubolare</i> d_{int} 161.7 [mm] <i>area della sezione del tubolare</i> A 8932.2 [mm ²] <i>momento inerzia tubolare</i> I 3554.3 [cm ⁴] <i>modulo resistenza elastico</i> W 367.0 [cm ³] <i>momento statico di metà sezione</i> $S_{A/2}$ 253.3 [cm ³] <i>tipologia di acciaio</i> S 275 [MPa] <i>coefficiente di sicurezza</i> γ_{M0} 1.05 [-] <i>tensione di snervamento di progett</i> f_{yd} 261.9 [MPa]		SOLLECITAZIONI AGENTI: <i>momento flettente di calcolo</i> M_{Ed} 69.07 [kNm/ml] <i>taglio di calcolo</i> T_{Ed} 91.96 [kN/ml] <i>sfuerzo normale di calcolo</i> N_{Ed} 0 [kN/ml] <i>interasse tubolari</i> i 0.4 [m] <i>momento flettente agente</i> M_{Ed} 27.628 [kNm] <i>taglio agente</i> T_{Ed} 36.784 [kN] <i>sfuerzo normale agente</i> N_{Ed} 0 [kN]	
VERIFICA: <i>equaz. (4.2.5) NTC-2008:</i> $\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk}/\gamma_{M0})^2$		VERIFICA DELLA SEZIONE IN CAMPO ELASTICO: <i>tensione normale</i> $\sigma_{x,Ed}$ 75.3 [MPa] <i>tensione tangenziale</i> τ_{Ed} 8.2 [MPa] <i>sigma ideale (equaz. (4.2.5) NTC-2008)</i> σ_{id} 76.6 [MPa] <i>verifica: $\sigma_{id} \leq f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0}$</i> ok	
		<i>fattore di sicurezza</i> $FS = f_{yd}/\sigma_{id}$ 3.42	VERIFICATO

Fig. 64 – Sezione 3 – Report di calcolo per la verifica strutturale della sezione del micropalo

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 86 di 96

9.2.7 Verifiche sui tiranti

Affinché i tiranti di ancoraggio assolvano al meglio la loro funzione statica di sostegno della parete, è opportuno che il bulbo di fondazione si trovi completamente all'esterno del cuneo di spinta attiva che può nascere a tergo della paratia durante le fasi di costruzione e di esercizio dell'opera.

La geometria del cuneo di spinta attiva nel caso delle paratie multi ancorate può essere determinata secondo vari criteri, nel seguito si fa riferimento allo schema secondo cui il cuneo di spinta è delimitato da una retta inclinata sull'orizzontale di un angolo pari a $(\pi/4 + \varphi/2)$ e passante per il piede della paratia, traslata verso monte di una lunghezza pari a $1.5 \times (a_{\max}/g)$:

$$L_E = L_N \cdot \left(1 + 1.5 \cdot \frac{a_g}{g}\right)$$

dove:

- L_E lunghezza libera in condizioni sismiche;
- L_N lunghezza libera in condizioni statiche;
- a_g/g accelerazione del suolo rapportata a quella di gravità.

La Fig. 46 rappresenta graficamente il criterio geometrico adottato per la determinazione del valore minimo del tratto libero d'ancoraggio, le cui verifiche sono riportate in Tab. 58.

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	$L_{\text{libera min statica}}$	$L_{\text{libera min sismica}}$	$L_{\text{libera di progetto}}$
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[m]
I	20	2.00	4.8	5.38	6
II	20	5.00	3.4	3.83	5

Tab. 58 – Sezione 3 – Lunghezza libera minima degli ancoraggi

9.2.7.1. Verifiche geotecniche a sfilamento dei tiranti

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 (Rif. [14]) e Viggiani '99 (Rif. [18]). Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto per i tiranti, ricadenti per la maggior parte nel deposito granulare superficiale, un valore caratteristico pari a 250kPa per il primo ordine e 300kPa per il secondo ordine. La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{Ra,p}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a}{\gamma_{Ra,p} \cdot \xi}$$

dove:

- $N_{R,ad}$ resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 87 di 96

- D_p diametro di perforazione della fondazione del tirante;
- α coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell' ancoraggio e del cotesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.2 in funzione del tipo di iniezione (IGU) e della tipologia di terreno;
- τ_{ak} tensione resistente a sfilamento caratteristica dell' interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- L_a lunghezza della fondazione del tirante;
- $\gamma_{Ra,p}$ coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi temporanei;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,ad} \geq N_{S,d}$$

Dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell' azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella seguente è riassunto il calcolo di $N_{R,ad}$:

Verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti											
Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ak}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ_{a3}	$N_{R,ak}$	$N_{R,ad}$	Condizione	$N_{S,d}$	R_d/E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[-]
II	160	1.2	250	7	1.1	1.8	586.4	533.1	Inviluppo SLU+SLV	409.4	1.30
III	160	1.2	300	8	1.1	1.8	804.2	731.1	Inviluppo SLU+SLV	483.0	1.51

Tab. 59 – Sezione 3 – Verifica della resistenza a sfilamento degli ancoraggi

9.2.7.2. Verifiche strutturali a rottura dei tiranti

La resistenza a trazione dell'armatura dei tiranti è valutata secondo la seguente relazione:

$$N_{R,pd} = \frac{f_{p(1)k} \cdot A_{barra}}{\gamma_s}$$

dove:

- $N_{R,pd}$ la resistenza a rottura;
- $f_{p(1)k}$ la resistenza elastica dell'acciaio alla deformazione dell'1%;
- A_{barra} area della barra;
- γ_s coefficiente parziale dell' acciaio;

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 88 di 96

Dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell' azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella seguente è riassunto il calcolo di $N_{R,pd}$:

Verifica strutturale dei tiranti									
Ordine Tirante [-]	$f_{p(1)k}$ [MPa]	A_{barra} [mm ²]	D_{barra} [mm]	γ_s [m]	$N_{R,pk}$ [-]	$N_{R,pd}$ [-]	Condizione [-]	$N_{S,d}$ [kN]	R_d/E_d [-]
II	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	409.4	1.62
III	950	804.2	32.0	1.15	764.0	664.4	Inviluppo SLU+SLV	483.0	1.38

Tab. 60 – Sezione 3 – Verifica della resistenza a snervamento degli ancoraggi

9.2.8 Verifiche strutturali sulla trave di ripartizione dei tiranti

Per la ripartizione sulla paratia dello sforzo assiale agente nei tiranti d'ancoraggio sono state utilizzate coppie di profilati metallici del tipo HEB180 (acciaio S275).

La verifica di tali elementi strutturali è stata eseguita secondo lo schema di trave continua su infiniti appoggi, soggetta ad un carico uniforme pari al valore dell'azione del singolo tirante distribuito sulla sua zona di competenza, uguale all'interasse orizzontale tra i tiranti stessi (Fig. 47).

Le sollecitazioni sulla trave si determinano:

$$M = q L^2 / 10$$

$$V = 0.6 q L$$

dove:

- L luce della campata, ovvero interasse tra i tiranti, pari a 2.0m; le verifiche verranno eseguite considerando $L = 2.4m$ per tenere in conto del maggiore interasse presente localmente tra alcuni tiranti, volto a evitare interferenze con altri elementi strutturali;
- q reazione del tirante a metro lineare, pari a: $q = t_{max} = N_{S,d} / i$
- i interasse di calcolo tra i tiranti, pari a 2.0m.

I risultati delle verifiche sono riportati nelle seguenti tabelle.

Ordine (-)	Cond. (-)	t_{max} (kN/m)	M_{sd} (kNm)	T_{sd} (kN)
1	SLU	170.6	98.2608	245.652
2	STR	201.2	115.9128	289.782

Tab. 61 – Sezione 3 – Determinazione delle azioni sollecitanti sulla trave di ripartizione dei tiranti

APPALTATORE: webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 89 di 96

LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" FINESTRA DI CHIUSA MICROPALI BERLINESE - SEZIONE 3 <u>Verifica delle Travi di Ripartizione - NTC 2008</u>		
<u>Dati del profilato:</u>		
<i>Tipo di profilato</i>	HEB 180	
<i>Altezza del profilato</i>	h	180 mm
<i>Base del profilato</i>	b	180 mm
<i>Spessore dell'anima</i>	a = t _w	8.5 mm
<i>Spessore delle ali</i>	e = t _f	14 mm
<i>Raggio di curvatura</i>	r	15 mm
<i>Area della sezione</i>	A	6530 mm²
<u>Definizione dell'azione di calcolo:</u>		
<i>Azione massima agente</i>	t _{Ed}	201.2 [kN/m]
<i>Interasse degli elementi di contrasto</i>	i	2.4 [m]
<i>Momento agente sul profilato</i>	M _{Ed}	115.9 [kNm]
<i>Taglio agente sul profilato</i>	V _{Ed}	289.8 [kN]
<u>Calcolo della resistenza di progetto a taglio:</u>		
<i>Tipologia di acciaio</i>	S	275 [MPa]
<i>Coefficiente di sicurezza</i>	γ _{M0}	1.05 [-]
<i>Piano di carico del profilato</i>	Carico nel piano dell'anima	
<i>n° di profilati considerati</i>	n°	2 [-]
<i>Area a taglio del singolo profilato</i>	Av	2029 mm²
<i>Resistenza di progetto a taglio</i>	R _{c,Rd}	613.61 [kN]
<u>Definizione della tipologia di verifica da condurre:</u>		
<i>Taglio agente sul profilato</i>	V _{Ed}	289.78 [kN]
<i>Resistenza di progetto a taglio</i>	V _{c,Rd}	613.61 [kN]
<i>Rapporto V_{Ed}/V_{c,Rd}</i>	V _{Ed} /V _{c,Rd}	0.47 [-]
<i>Tipo di verifica</i>	Flessione retta	
<u>Verifica strutturale del profilato per flessione retta:</u>		
<i>Momento plastico nel piano dell'anima</i>	W _{pl,y}	481400 mm³
<i>Resistenza di progetto</i>	M _{c,Rd} = M _{pl,Rd}	252.16 [kNm]
<i>Fattore di sicurezza della sezione</i>	FS	2.18 OK
<u>Verifica strutturale per profilato soggetto a flessione e taglio:</u>		
<i>Momento plastico nel piano dell'anima</i>	W _{pl,y}	481400 mm³
<i>Coefficiente di riduzione</i>	ρ	0.003079133 [-]
<i>Resistenza di progetto</i>	M _{v,V,Rd}	252.06 [kNm]
<i>Condizione M_{v,V,Rd} ≤ M_{v,c,Rd}</i>	OK	
<i>Fattore di sicurezza della sezione</i>	FS	2.17 OK

Tab. 62 – Sezione 3 – Report di calcolo per la verifica strutturale della trave di ripartizione

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 90 di 96

9.2.9 Verifiche della profondità di infissione

La profondità d'infissione della paratia nel terreno è stata definita in modo da assicurare un idoneo incastro nei confronti delle spinte orizzontali.

Nel calcolo dell'opera effettuato agli Stati Limite Ultimi, l'avvenuta convergenza del calcolo all'ultimo step di calcolo già garantisce di per sé la stabilità dell'opera nei riguardi della deformazione rotazionale della paratia, rappresentata in Fig. 48.

In Fig. 65, Fig. 66 e Tab. 63 si riporta il rapporto tra la spinta sollecitante e la spinta passiva resistente mobilitata a ciascun step di carico. Il rapporto risulta sempre ≤ 1 per le combinazioni SLU e SLV, e ≤ 0.5 per la combinazione SLE, quindi la verifica è soddisfatta.

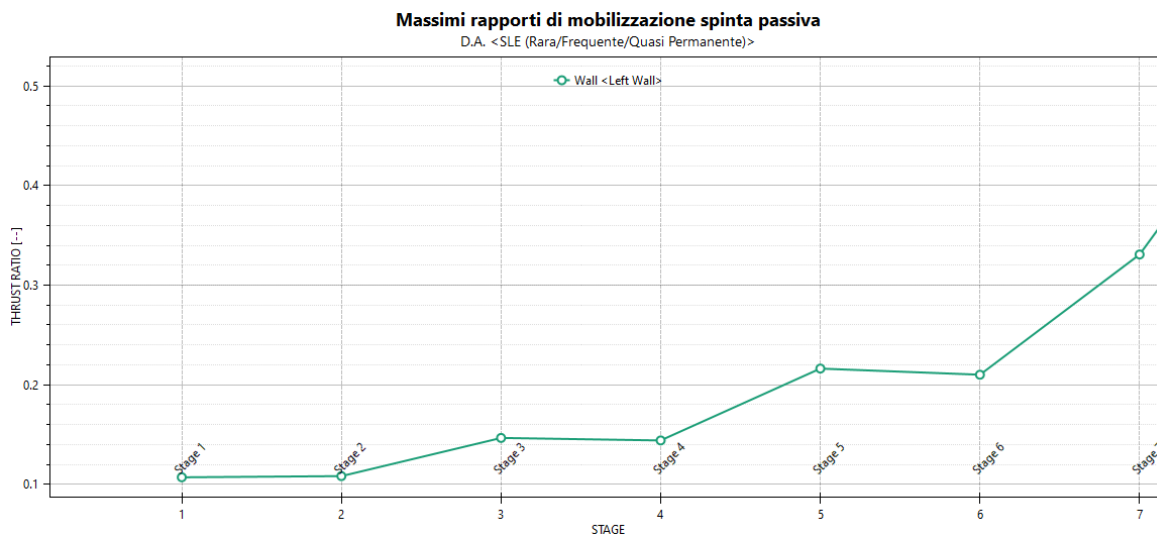


Fig. 65 – Sezione 3 – Percentuale di spinta passiva mobilitata nei vari step di calcolo (SLE)

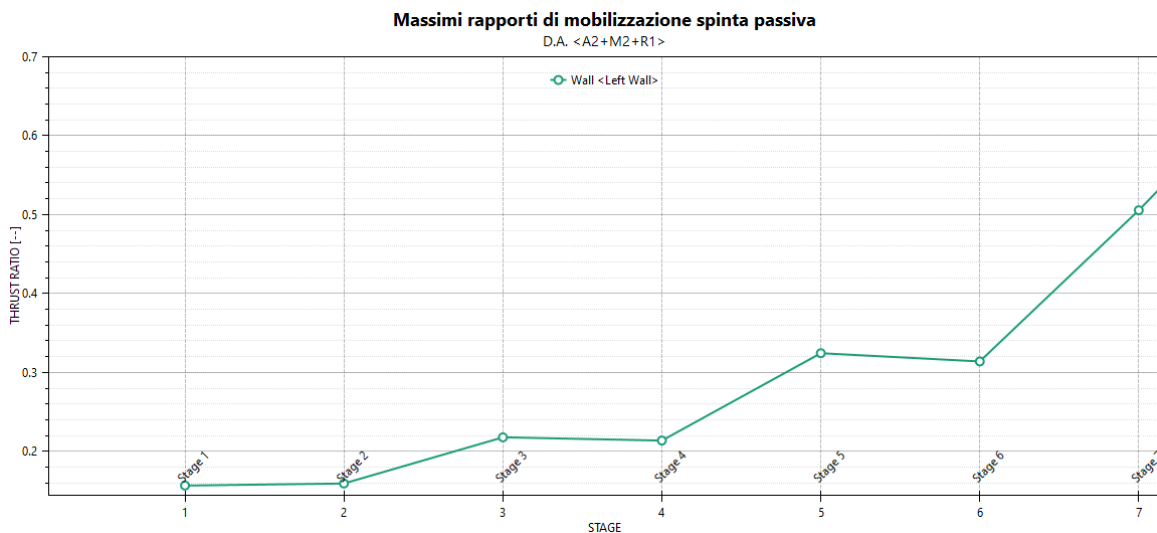


Fig. 66 – Sezione 3 – Percentuale di spinta passiva mobilitata nei vari step di calcolo (SLU)

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 91 di 96

Stage di calcolo	CONDIZIONE		
	SLE-Rara	SLU-GEO	SLV-GEO
1	0.107	0.157	-
2	0.108	0.159	-
3	0.147	0.218	-
4	0.144	0.214	-
5	0.216	0.324	-
6	0.21	0.314	-
7	0.331	0.505	-
8	-	-	0.743

Tab. 63 – Sezione 3 – Percentuale di spinta passiva mobilitata (SLE-SLU-SLV)

9.2.10 Verifiche di stabilità

Al fine di verificare l'adeguatezza dell'intervento progettato, sono state eseguite le opportune verifiche di stabilità.

- Globale: in relazione alle condizioni generali del versante, si è individuando il meccanismo di collasso che coinvolge il sistema terreno - opera di sostegno provvisoria.
- Locale: si sono indagate le condizioni di stabilità della pendenza del mezzo a tergo della paratia senza considerare l'influenza dell'opera di sostegno.

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite per mezzo del codice di calcolo ParatiePlus (modulo VSP) scegliendo di utilizzare il Metodo di Bishop semplificato.

Per le verifiche di stabilità locale si rimanda a quelle eseguite per la Sezione 1 (§ 9.1.5.2) in quanto le condizioni sono le medesime, o localmente migliori.

Le analisi sono state eseguite con i coefficienti indicati al § 6.1.2.

9.2.10.1. Globale

Nella verifica di stabilità globale, le condizioni indagate sono relative alla situazione di scavo provvisorio per il raggiungimento del fondo scavo sia in fase statica che in fase sismica.

Di seguito si presentano i risultati delle analisi, nel dettaglio si riportano:

- per la combinazione SLU-GEO:
 - Fig. 67: insieme delle superfici critiche analizzate;
 - Fig. 68: superficie critica con FS minimo.
- per la combinazione SLV-GEO:
 - Fig. 69: insieme delle superfici critiche analizzate;

APPALTATORE: webuild  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 92 di 96

- Fig. 70: superficie critica con FS minimo.

I modelli di calcolo sono i medesimi utilizzati per i calcoli strutturali e geotecnici della paratia, allungati a monte e a valle per permettere l'analisi di un maggiore numero di superfici critiche.

In Tab. 64 si riepilogano i risultati delle analisi effettuate. Il fattore di sicurezza minimo è sempre maggiore di 1,1 pertanto le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte.

Condizione	FASE	FS	FS minimo
SLU GEO	7	1.821	1,1
SLV GEO	8	1.762	1,1

Tab. 64 – Sezione 3 - Risultati delle analisi di stabilità globale

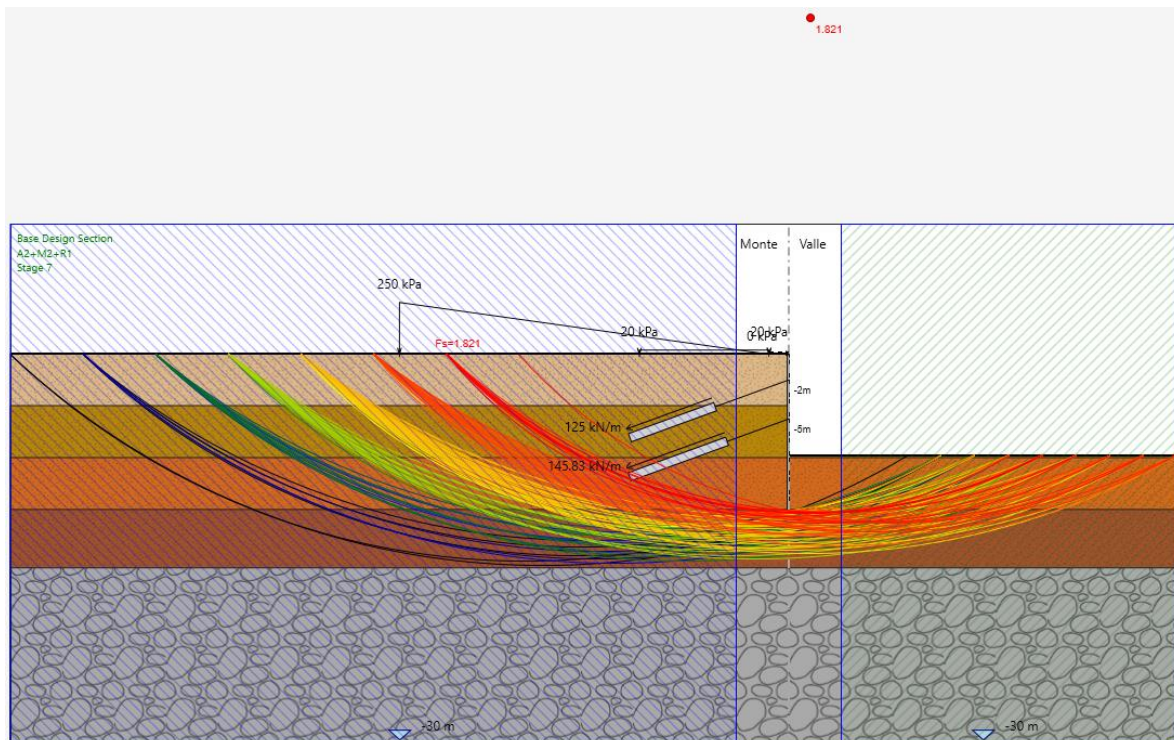


Fig. 67 – Sezione 3 – Analisi di stabilità globale statica SLU GEO – Superfici critiche analizzate

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 93 di 96

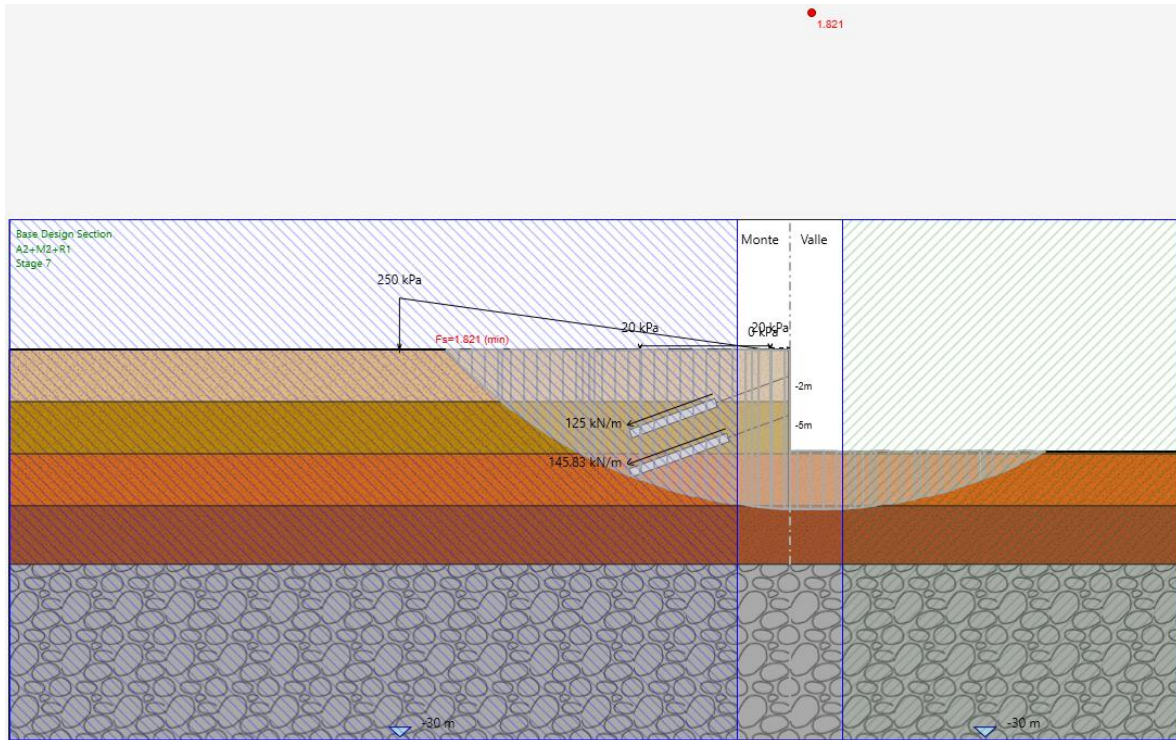


Fig. 68 – Sezione 3 – Analisi di stabilità globale statica SLU GEO – Superficie critica con FS minimo

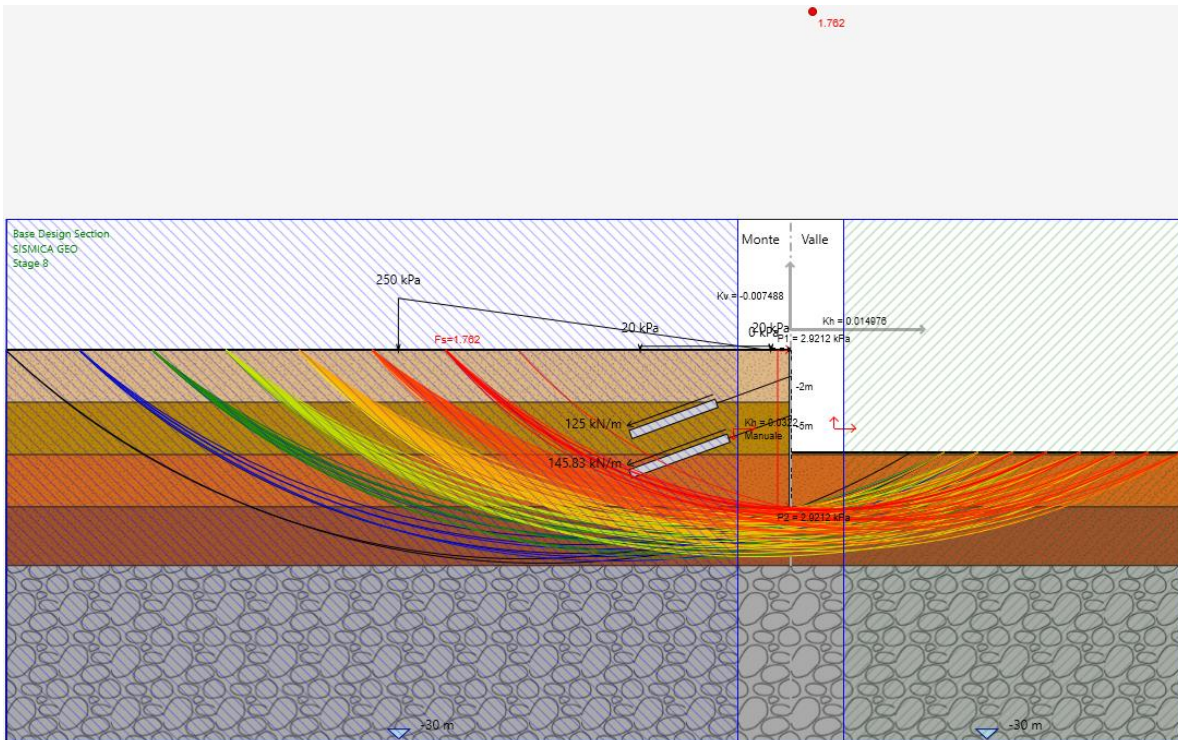


Fig. 69 – Sezione 3 – Analisi di stabilità globale statica SLV GEO – Superfici critiche analizzate

APPALTATORE:	webuild   Implenia	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0500	REV. C	FOGLIO. 94 di 96

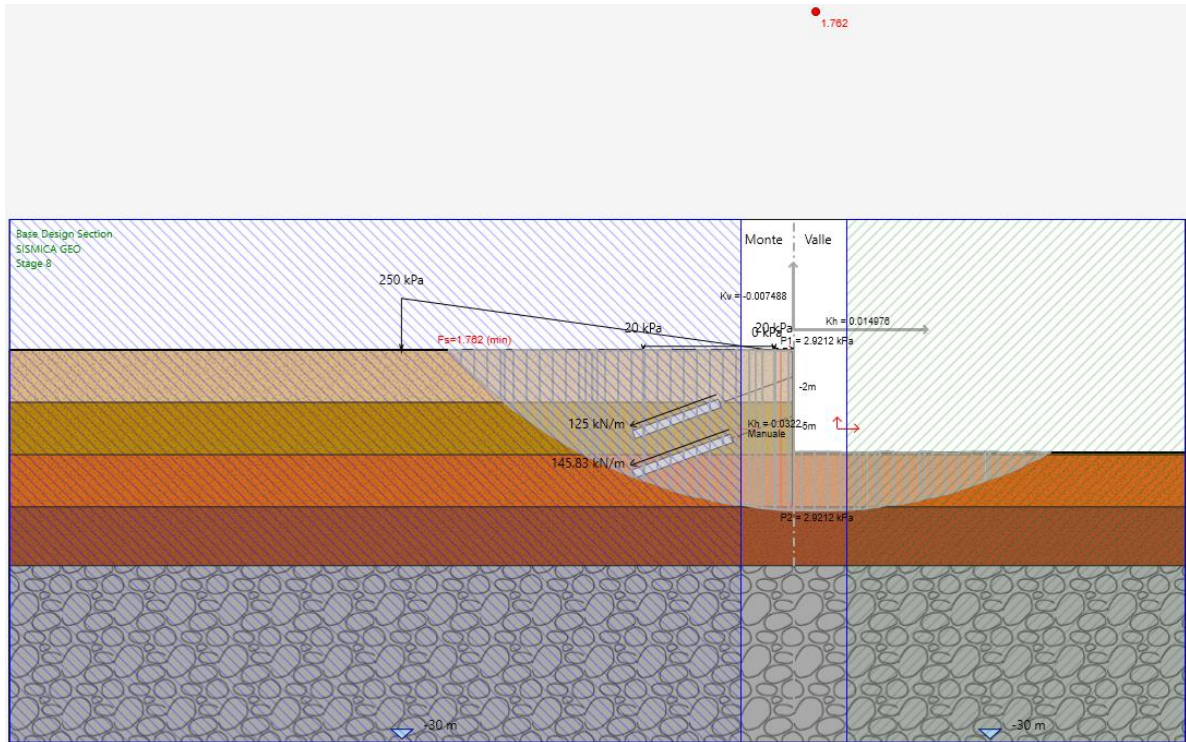


Fig. 70 – Sezione 3 – Analisi di stabilità globale statica SLV GEO – Superficie critica con FS minimo

APPALTATORE:  	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST													
08 - GALLERIE Finestra Chiusa - Relazione di calcolo delle opere di imbocco	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0500</td> <td>C</td> <td>95 di 96</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	CL	GA0500	C	95 di 96
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1AEZZ	CL	GA0500	C	95 di 96								

10. ALLEGATI

Si allegano alla presente relazione i seguenti elaborati:

10.1 ALLEGATO 1

Titolo: RISULTATI DELLE ANALISI DI VERIFICA DELLE PARATIE DI IMBOCCO – SEZIONE 1

Documento – Formato A4

Pagine: 584

10.2 ALLEGATO 2

Titolo: RISULTATI DELLE ANALISI DI VERIFICA DELLE PARATIE DI IMBOCCO – SEZIONE 2

Documento – Formato A4

Pagine: 579

10.3 ALLEGATO 3

Titolo: RISULTATI DELLE ANALISI DI VERIFICA DELLE PARATIE DI IMBOCCO – SEZIONE 3

Documento – Formato A4

Pagine: 307