

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche
Dot. Paolo Cucino
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

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

11 - OPERE CIVILI

B2-PIAZZALI AGLI IMBOCCHI DELLE GALLERIE E VIABILITA' DI ACCESSO

Fabbricati tecnologici - Finestra di Funes - Fabbricato AI

Relazione di calcolo opere provvisionali

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	C L	F A 0 9 1 0	0 0 2	C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	E. Maiello	17/12/2021	L.Paone	31/12/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P.Cucino ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dot. Paolo Cucino 20/01/2023 ISCRIZIONE ALBO N° 2216
B	Emissione a seguito di RV-000000128	E. Maiello	18/07/2022	L. Paone	18/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito di RV-000000242	E. Maiello	06/01/2023	L.Paone	09/01/2023	D.Buttafoco (Dolomiti)	10/01/2023	

File: IB0U1BEZZCLFA0910002C.docx

n. Elab.: X

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	2 di 31

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA DEFINITIVA	3
1.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA PROVVISORIA	5
2. NORMATIVA	6
3. ELABORATI DI RIFERIMENTO	7
3.1.1 Documenti correlati	7
4. FASE CONOSCITIVA	8
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	8
4.2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	8
4.2.1 Il regime idraulico.....	8
4.3 CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	9
4.4 SOFTWARE IMPIEGATI	10
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
6. APPROCCI PROGETTUALI – VERIFICHE PARATIE	12
6.1 COMBINAZIONI DI CARICO	12
6.2 OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIE	15
7. VERIFICA PARATIA DI MICROPALI	17
7.1 FASI DI CALCOLO	19
7.1.1 Risultati delle analisi e verifiche	19
8. CONCLUSIONI	30
9. ALLEGATI	31

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	3 di 31

1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo di *Realizzazione del lotto 1 del quadruplicamento della linea ferroviaria Fortezza-Verona – Tratta "Fortezza – Ponte Gardena"*.

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento al fabbricato antincendio in località Ponte Gardena.

1.1 Descrizione dell'opera definitiva

La struttura è costituita da una parte scatolare interrata di dimensioni in pianta 14.20mx6.0m. Lo scatolare è costituito da platea di fondazione, muri in elevazione e soletta di chiusura in calcestruzzo pieno gettato in opera. La platea ha spessore 40cm, i muri e i solai a piano terra 30 cm.

Dallo scatolare interrato si eleva la struttura intelaiata costituita da travi e pilastri in cemento armato.

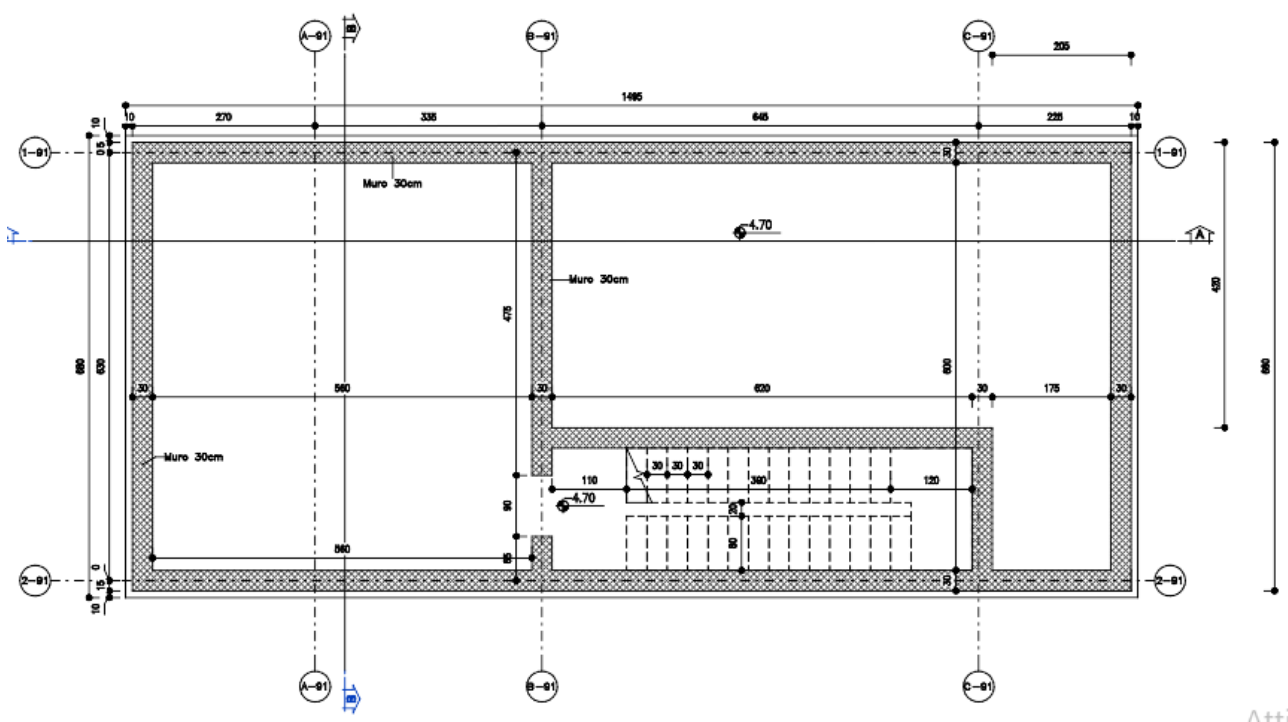


Fig. 1. Pianta fondazioni

La copertura è inclinata ed appoggia sulle travi perimetrali e sul colmo centrale. Il colmo è, a sua volta, sostenuto da una serie di capriate che chiudono i telai in cemento armato. Le capriate sono costituite da travi inclinate e tiranti in cemento armato.

Il solaio di copertura è del tipo a lastre prefabbricate tipo *predalle* autoportanti per la fase di getto. Queste le principali caratteristiche degli elementi strutturali:

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	4 di 31

- *Pilastrini 30x40 cm*
- *Travi inclinate capriate 30cmx25cm*
- *Tiranti capriate: 30cmx30cm*
- *Trave di colmo a forma hmax = 0.40cm, Bmax = 0.60cm*
- *Solaio tipo predalle h = 5+15+5*

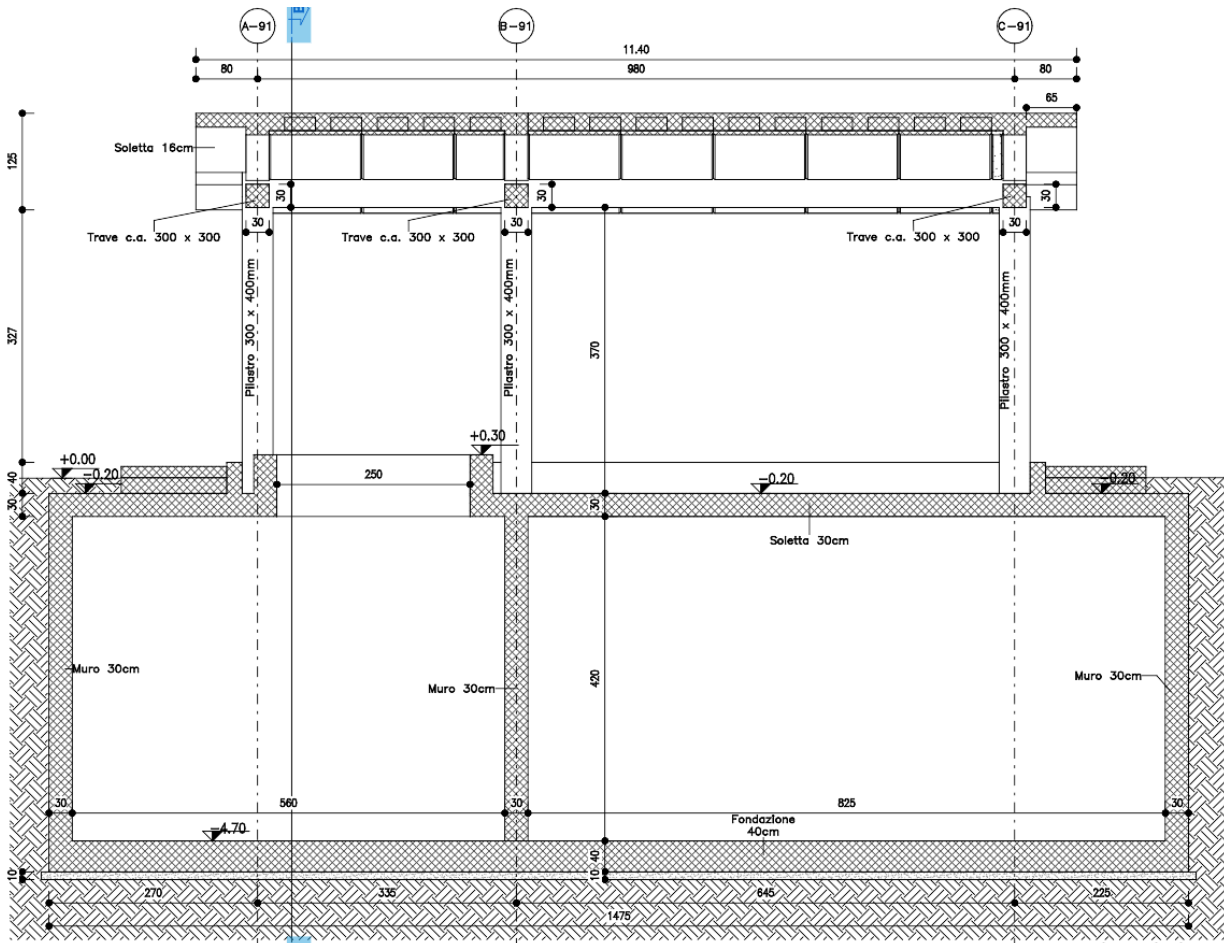


Fig. 2. Sezione verticale

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
11 - OPERE CIVILI		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisoria		IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	5 di 31

1.2 Descrizione dell'opera provvisoria

Al fine di realizzare lo scavo del tratto interrato del fabbricato, viste le considerevoli altezze di scavo, si è reso necessaria la realizzazione di una paratia di micropali provvisoria, su ciascun lato lungo. Il restante tratto sarà invece rimodellato tramite uno scavo 3H:2V che risulta la condizione più favorevole visto il tipo di terreno in esame.

In particolare, l'opera provvisoria sarà costituita da micropali in acciaio 193.7x10 mm con diametro di perforazione 250 mm. Vista la notevole altezza di scavo, è stato necessario realizzare un ordine di vincolo in testa alla paratia.

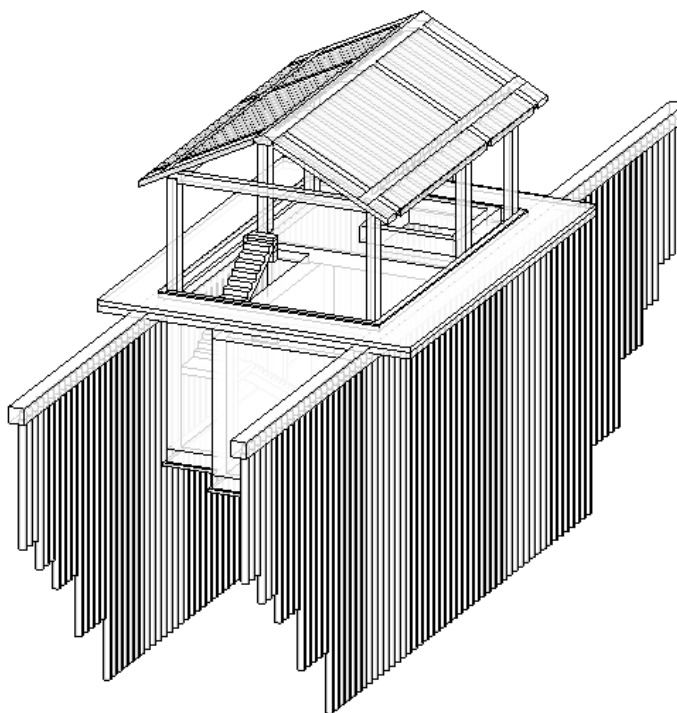


Fig. 3. Vista 3D dell'opera

Essendo l'opera in prossimità delle opere del subplotto 1, non è stato possibile pensare ad un intervento con tiranti. La soluzione proposta invece è quella di un vincolo rappresentato da un puntone in acciaio ad interasse 5 metri (totale di 3 puntone), di diametro 406 mm x 7.1 mm.

Sarà inoltre previsto un cordolo in C.A. sulla paratia di 50 cm x 50 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	6 di 31

2. NORMATIVA

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- [1] Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2008) - DM Infrastrutture 14.01.2008.
- [2] Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 costruzioni e dei carichi e sovraccarichi – C.S.LL.PP. 02.02.2009.
- [3] UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [4] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008".
- [5] P.C.S.LL.PP, "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive"
- [6] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 02/02/2018, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- [7] UNI EN 1992-1-1:2005, Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	7 di 31

3. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l'insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all'opera in esame e riportati in elenco elaborati.

- [8] U.O. Geotecnica tratti all'aperto, documento n.° IB0U1AEZZGEGE0006002B "Opere parte A - Relazione geotecnica di caratterizzazione".
- [9] U.O. Geotecnica tratti all'aperto, documento n.° IB0U1BEZZGEGE0006003B "Opere parte B - Relazione geotecnica di caratterizzazione"

3.1.1 Documenti correlati

I documenti correlati, la cui lettura è consigliata per allargare la conoscenza dell'ambito del quale il presente documento si inquadra, sono:

- [10] C. Viggiani (1999). Fondazioni, Hevelius Edizioni
- [11] M. Bustamante, B. Doix (1985). Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés. Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, Paris, n. 140, nov-dèc 1985 – Ref. 3047, 75-92.
- [12] N. Janbu (1954). Stability analysis of slopes with dimensionless parameters. Harvard Soil Mechanics Sries.
- [13] RFI Rete Ferroviaria Italiana (2017). Manuale di progettazione delle Opere Civili- Parte II- Sezione 2 – Ponti e strutture, revisione B del 22/12/2017, codifica RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisoria	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	8 di 31

4. FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Per una dettagliata descrizione del modello geologico e geotecnico del sito si rimanda alle relazioni geotecniche di caratterizzazione (Rif.[9]).

4.2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dalle opere di imbocco.

Le indagini geotecniche hanno evidenziato che l'imbocco binario pari si sviluppa all'interno di litotipi costituiti da materiale sciolto: i depositi alluvionali recenti *ar*, ghiaia eterometrica sabbiosa, sabbie a volte limi, con ciottoli e blocchi poligenici.

I parametri fisici, di resistenza e di deformabilità sono stati definiti sulla base delle prove in sito effettuate durante l'esecuzione dei sondaggi (prove SPT e prove pressiometriche), sulle prove di laboratorio e sull'analisi visiva delle carote dei suddetti sondaggi.

Per la caratterizzazione delle proprietà geotecniche del litotipo in esame, considerando la componente limosa del materiale indagato, sono stati utilizzati i seguenti parametri geotecnici per le analisi:

Litotipo	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	E (MPa)
<i>ar</i>	20	0	37	50

Tab. 1. Parametri geotecnici unità *ar*.

4.2.1 Il regime idraulico

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate prove Lefranc e prove Lugeon per la determinazione della permeabilità dei materiali sciolti e del substrato roccioso. Sulla base dei risultati ottenuti si assegnano ai depositi alluvionali i seguenti ordini di grandezza di permeabilità: $1 \cdot 10^{-4} \div 10^{-5}$ m/s.

Le misure del livello piezometrico hanno mostrato come, verso il fondovalle, il livello di falda coincida spesso con quelli del fiume Isarco, mentre lungo i versanti la circolazione idrica sia spesso concentrata all'interfaccia tra il substrato litoide e le coperture.

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					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 9 di 31

4.3 CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le opere in progetto si trovano nel comune di Ponte Gardena in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 46.60874, Longitudine 11.53623.

Alle strutture di sostegno di tipo provvisoriale, si attribuisce una vita nominale V_N di 10 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 35 anni (DM 14/01/2008).

Alle strutture di sostegno di tipo definitivo, si attribuisce una vita nominale V_N pari a 75 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 risulta pari a $V_R = 112.5$.

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).

$$a_{max} = S_S S_T \left(\frac{a_g}{g} \right)$$

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).

Sulla base delle evidenze riscontrate in sito si assegna una categoria di sottosuolo B in accordo con quanto indicato nella relazione geotecnica (Rif. [8]).

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica per le opere d'imbocco sono riassunti nella seguente tabella:

	Strutture di sostegno provvisoriale
T_R	332
a_g/g	0.056

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	10 di 31

F_0	2.549
Categoria sottosuolo	B
S_s	1.2
Categoria topografica	T1
S_T	1
a_{max}/g	0.067

Tab. 2. Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

4.4 SOFTWARE IMPIEGATI

Le verifiche vengono effettuate tramite:

- Plaxis 2D Bentley Versione 21.01.00479
- Slide2 Rocscience

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	11 di 31

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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.

Micropali	
Tipo	S275
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tipologia iniezione	IGU

Calcestruzzo per cordoli	
Classe di resistenza	C25/30
Valore caratteristico resistenza cubica a 28 giorni	$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$
Valore caratteristico resistenza cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione assiale	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0,85 f_{ck}/1,5 = 14,17 \text{ MPa}$
Modulo di Young a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0,3} = 31476 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio	$\sigma_c = 0,55f_{ck} = 13,75 \text{ MPa}$ (comb. caratteristica) $\sigma_c = 0,40f_{ck} = 10,00 \text{ MPa}$ (comb. quasi perm.)
Verifiche a fessurazione	$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 2,14 \text{ MPa}$

Puntoni	
Tipo	S355
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$

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			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisoria	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 12 di 31

6. APPROCCI PROGETTUALI – VERIFICHE PARATIE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/09.

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

- **Azioni permanenti strutturali (G_1):** peso proprio degli elementi strutturali;
- **Azioni permanenti non strutturali (G_2):** spinta del terreno a monte e a valle dell'opera; carico triangolare distribuito sul piano campagna a monte della struttura di sostegno al fine di simulare il piano campagna non orizzontale;
- **Azioni variabili (Q_k):** carico variabile sul piano campagna atto a simulare la presenza di sovraccarichi variabili in fase costruttiva legato alle varie fasi realizzative;
- **Azione sismica (E):** Accelerazione orizzontale e verticale come definita al par.2.3 .

6.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni di verifica, le azioni nominali, descritte al precedente paragrafo, vanno combinate nei vari Stati Limite di verifica previsti (SLE, SLU, SIS) in accordo a quanto previsto al punto 2.5.3 delle NTC08:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Le Tabelle che seguono meglio specificano i valori dei coefficienti da attribuire ai carichi nominali analizzati separando le opere sotto binario dalle opere stradali e/o non soggette a carichi ferroviari e differenziando in funzione dello stato limite:

- SLU Opere Ferroviarie:

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			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisoria	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 13 di 31

5.2.3.3.1 Requisiti concernenti gli SLU

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.2.V e i coefficienti di combinazione ψ in Tab. 5.2.VI.

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		Coefficiente	F _{Qd} ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_R	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquote di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Nella Tab. 5.2.V il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_B coefficiente parziale del peso proprio del ballast;
- γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- γ_R coefficiente parziale delle azioni variabili.

Figura 1: Tabella 5.2.V – NTC 2008

SLU Opere Stradali:

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	F _{Qd} ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 2: Tabella 5.1.V – NTC 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo opere provvisoria	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C FOGLIO. 14 di 31

SLE Opere Ferroviarie:

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr_1	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	gr_2	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	-
	gr_3	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	gr_4	1,00	$1,00^{(1)}$	0,0
Azioni del vento	Γ_{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 3: Tabella 5.2.VI – NTC 2008

Tabella 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

	Azioni	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	$0,80^{(3)}$	$^{(1)}$	0,0
	Treno di carico SW /0	$0,80^{(3)}$	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	$0,0^{(3)}$	0,80	0,0
	Treno scarico	$1,00^{(3)}$	-	-
	Centrifuga	$^{(2)(3)}$	$^{(2)}$	$^{(2)}$
	Azione laterale (serpeggio)	$1,00^{(3)}$	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Fig. 4. Tabella 5.2.VII – NTC 2008

SLE Opere Stradali:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisoria	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	15 di 31

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento q_s	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_s	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Temperatura	esecuzione	0,8	0,6	0,5
	T_k	0,6	0,6	0,5

Fig. 5. Tabella 5.1.VI – NTC 2008

Le combinazioni allo Stato Limite Ultimo sono di seguito descritte ed analizzate in dettaglio.

Alle precedenti matrici dei coefficienti di combinazione si affiancano i fattori parziali di sicurezza da applicare ai parametri geotecnici del terreno che, come da Normativa, possono seguire due Approcci (§ 6.5.3.1.2).

6.2 OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIE

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 in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- Combinazione fondamentale (SLU);
- Combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è assunto pari a 0,2.

In accordo con il § 6.5.3 di NTC08, le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU GEO e SLU STR):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	16 di 31

Come prescritto dal DM 14/01/2008 per le strutture di sostegno flessibili, è stato adottato l'Approccio 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 14/01/2008):

- Combinazione 1: A1 + M1 + R1
- Combinazione 2: A2 + M2 + R1.

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 (A2+M2+R1); per quanto riguarda le verifiche di stati limite ultimi STR l'analisi è stata condotta la Combinazione 1 (A1+M1+R1).

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008).

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU GEO assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; pertanto, trattandosi di opere provvisionali, in assenza di fabbricati o altre opere da salvaguardare a ridosso delle stesse, non si ritengono necessarie ulteriori valutazioni di verifica nei confronti degli SLE.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità.

Fare riferimento al §2.3 per i dettagli relativi all'applicazione dell'azione sismica nei modelli di calcolo.

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo Plaxis 2D (vers. 21.01.00479).

Le analisi e le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il codice di calcolo Slide2 (versione 9.009).

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					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 17 di 31

7. VERIFICA PARATIA DI MICROPALI

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.

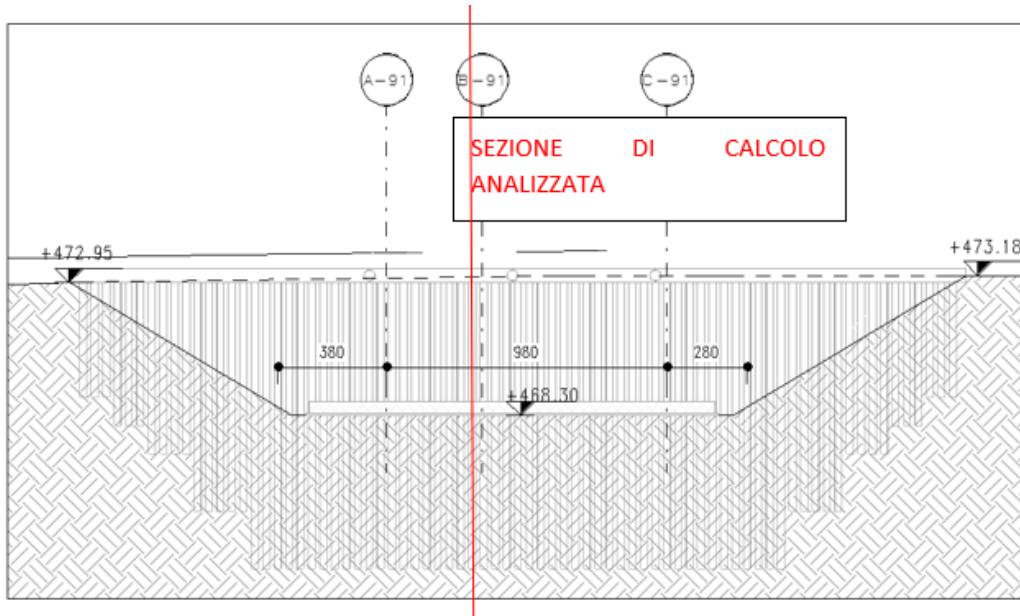


Fig. 6. : Sezione di calcolo

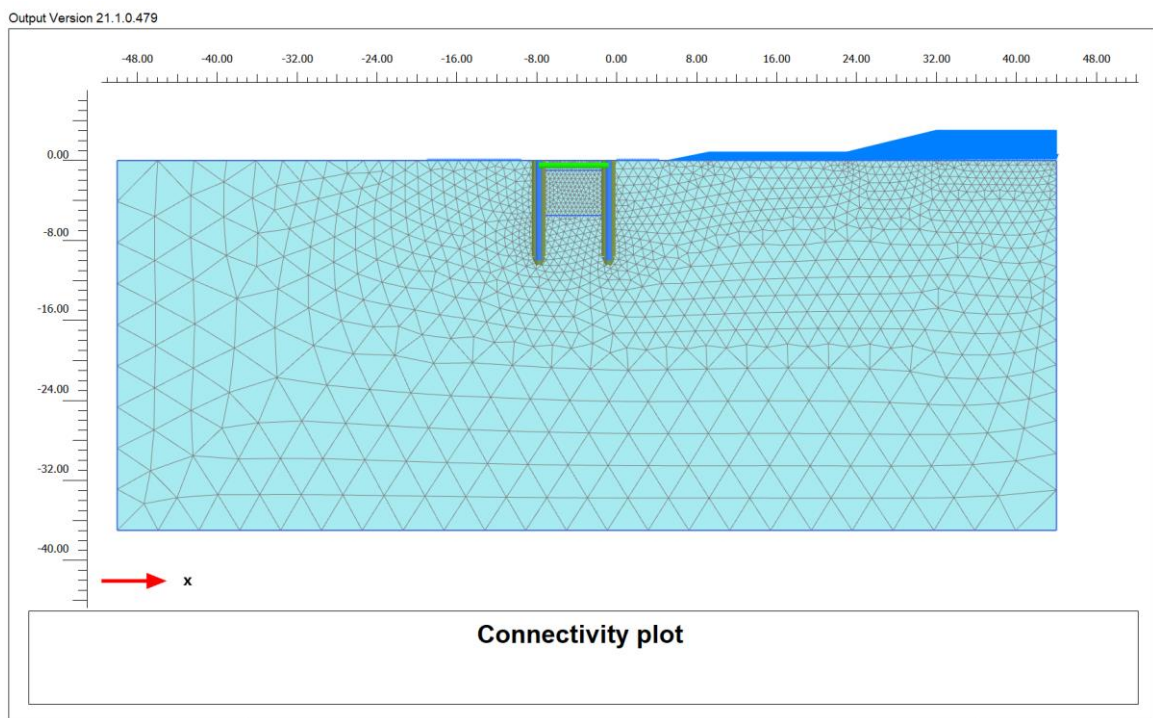


Fig. 7. Modello di calcolo: geometria, stratigrafia e carichi applicati.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
11 - OPERE CIVILI		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisionali		IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	18 di 31

Tipologia struttura di sostegno	Micropali $\Phi 193.7/10\text{mm}$, $i = 0.4\text{m}$
Puntone provvisorio	406.4mm x 7.1 mm
Altezza paratia	10m
Altezza libera paratia	5.5m
Sovraccarichi permanenti a monte della paratia	-
Sovraccarichi variabili a monte della paratia	Carico variabile da traffico dovuto ai mezzi di cantiere

Tab. 3. Parametri geotecnici di calcolo

Ai fini delle analisi della paratia in esame, si considerano i soli parametri del terreno sottostante, che interferisce con la paratia. Il terreno superiore viene trattato come un sovraccarico.

I parametri utilizzati nelle analisi sono i seguenti:

Terreno	Comb.	γ (kN/m ³)	c (kPa)	φ (°)	E (MPa)
ar	M1	20	0	37	50
	M2	20	0	31	50

γ = peso dell'unità di volume
c = coesione efficace (valore di calcolo)
 φ = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)
E' = modulo di Young

Tab. 4. Parametri geotecnici di calcolo

Terreno	Comb.	Cat. Sottosuolo	a_g/g	S_s	S_T	α	β	k_H
ar	SLV	B	0.056	1.2	1	1	0.486	0.0326

Tab. 5. Parametri per il calcolo dell'azione sismica fase provvisoria

La falda, è stata assunta a quota -4 m dal piano campagna.

La paratia è stata schematizzata con elemento plate, mentre il puntone con node to node anchor.

Di seguito si riportano le caratteristiche inserite:

Paratie		
EI	(kN m ² /m)	27906.86359
EA	(kN/m)	6892493.056
W	(kN/m/m)	4.20054107
Puntone		
EA	(kN)	1.871E6
i	(m)	5

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			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 19 di 31

7.1 FASI DI CALCOLO

L'analisi è articolata nelle seguenti fasi (si rimanda all'allegato pertinente per maggiori dettagli in merito):

- Fase provvisoria di scavo:
 - a. Condizione geostatica;
 - b. Applicazione dei carichi permanenti dovuti al pendio;
 - c. Realizzazione delle paratie;
 - d. Scavo fino a quota -0.50 dal piano campagna;
 - e. Installazione del puntone provvisorio a quota -0.50 m;
 - f. Scavo fino alla quota di fondo scavo e abbassamento del livello di falda;
 - g. Applicazione del sisma tramite azione pseudo-statica.

Le fasi vengono applicate due volte ai fini di generare la combinazione A2- M2 per le verifiche GEO.

7.1.1 Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti in sintesi ed illustrati in maggior dettaglio nell'allegato pertinente (All. [1]).

7.1.1.1. VERIFICHE SLU GEO

Verifica di stabilità dell'opera di sostegno:

Per la verifica di stabilità si valuta la percentuale di spinta passiva mobilitata in corrispondenza della massima altezza di scavo, per la combinazione A2+M2+R1 (GEO) statica e sismica. I coefficienti di sicurezza sono incorporati nei coefficienti parziali che si riferiscono all'approccio di calcolo prescelto: pertanto nei riguardi di una verifica allo Stato Limite Ultimo, la spinta sollecitante potrebbe, al limite, eguagliare la resistenza passiva di progetto.

A livello di modellazione numerica, state ripetute tutte le fasi di scavo secondo la combinazione A2+M2, abbattendo le resistenze dei materiali e amplificando le sollecitazioni agenti, le convergenze delle fasi modellate assicura il soddisfacimento delle verifiche richieste da normativa.

Inoltre, a fondo scavo è stata valutata la spinta passiva mobilitata, come riportato nelle tabelle seguenti.

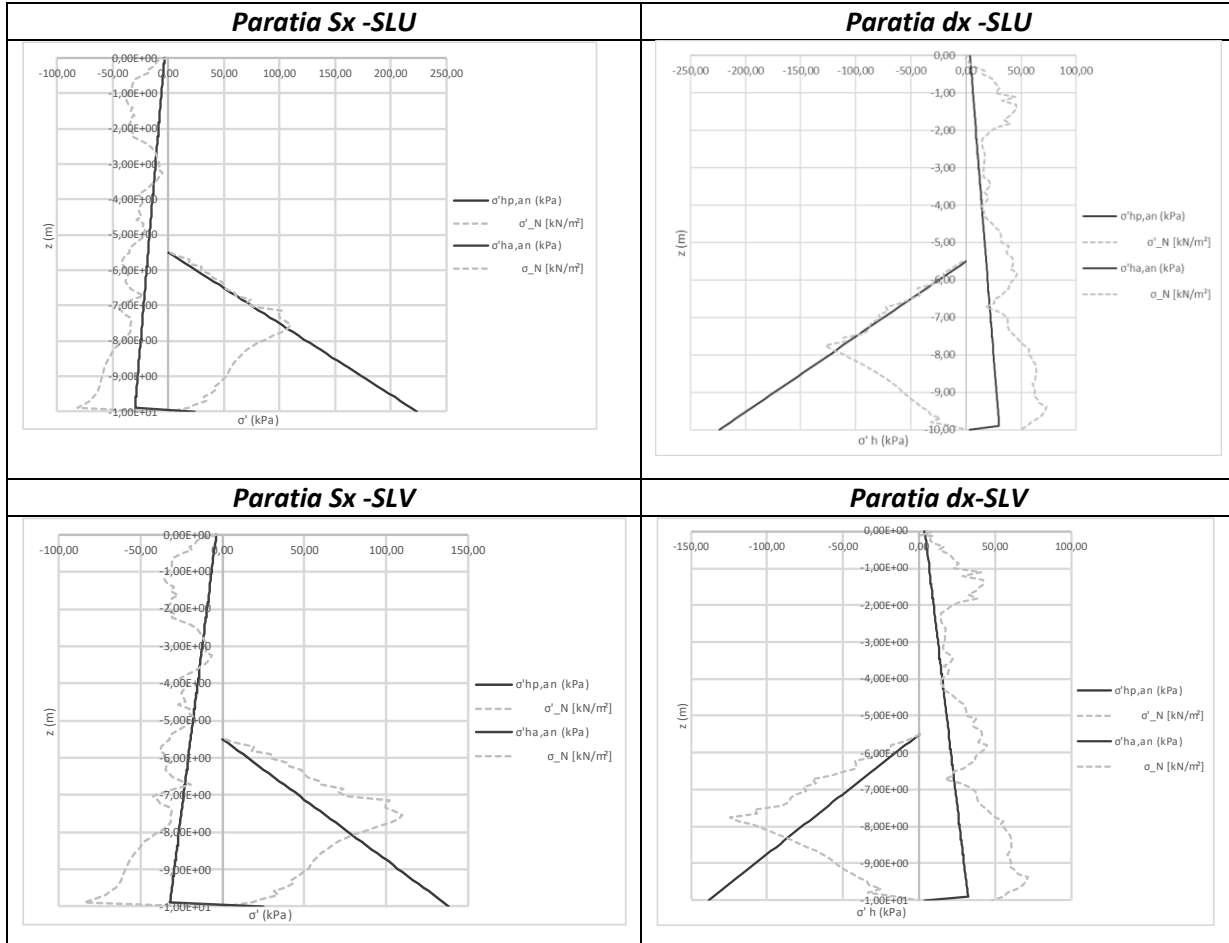
Comb.	γ (kN/m ³)	c (kPa)	φ (°)	δ (°)	k_a (-)	k_p (-)	k_{ah} (-)	k_{ph} (-)	R_p (%) (PARATIA DX)
M2 - SLU	20	0	31,1	21	0,285	5,315	0,267	4,971	55

Tab. 6. : Coefficienti di spinta in condizioni SLU

Comb.	γ (kN/m ³)	c (kPa)	φ (°)	δ (°)	k_a (-)	k_p (-)	k_{ah} (-)	k_{ph} (-)	R_p (%) (PARATIA DX)
M2 - SLV	20	0	31,1	21	-	-	0,285	3,076	86

Tab. 7. Coefficienti di spinta in condizioni 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 20 di 31



Tab. 8. Spinte sulla paratia di micropali in condizioni SLU

La verifica di stabilità è quindi soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo opere provvisoria	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	21 di 31

Verifica di stabilità globale del sistema opera – globale:

Per le verifiche di stabilità ci si è avvalsi del software di calcolo SLIDE2 (Rocscience Inc.). Le verifiche sulla stabilità sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite implementato (nel software utilizzato) con la formulazione di Bishop.

In considerazione del contesto geotecnico sostanzialmente omogeneo ed isotropo vengono analizzate superfici di scorrimento circolari. Considerato lo scopo dell'analisi le superfici di scorrimento indagate sono definite in modo tale da non intersecare l'opera di sostegno, limitando l'estensione del cerchio critico a tergo della paratia, per circoscrivere il dominio di calcolo al solo volume significativo, evitando di verificare superfici di scivolamento che coinvolgano volumi di terreno eccessivamente grandi e non rappresentative della condizione reale. Le analisi sono condotte mediante il metodo dell'equilibrio limite implementato (nel software utilizzato) con la formulazione di Bishop.

A monte della paratia è previsto un carico variabile pari a $Q1 = 20$ kPa per simulare la presenza di eventuali mezzi di cantiere. Il coefficiente per i carichi variabili $Q1$ in combinazione sismica (SLV) è preso uguale a 0,2. Il carico variabile in un modello SLV è, dunque calcolato $Q1 = 0,2 \times 20$ kPa = 4 kPa.

Nel prospetto che segue sono riportati i coefficienti di riduzione utilizzati:

		<i>SLU</i>	<i>SLV</i>
		(A2+M2)	(A2+M2+E)
<i>Azioni</i>	<i>Permanenti</i>	1	1
	<i>Variabili</i>	1.3	1
<i>Parametri del terreno</i>	$\tan \phi'$	1.25	1.25
	c'	1.25	1.25
	c_u	1.4	1.4

Tab. 9. Coefficienti sulle azioni e sui materiali utilizzati

Le azioni sismiche pseudo-statiche sono sintetizzate nella seguente tabella:

<i>Categoria sottosuolo</i>	<i>Parametri sismici</i>				
	a_g	a_{max}	β	k_h	k_v
	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]
B	0,056	0,067	0,20	0,0134	0,0067

Tab. 10. Azione sismica adottata nel modello SLIDE2

I risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate. In tabella sono riportati i gradi di sovra resistenza (R_d/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto $E_d (=E \cdot \gamma_E)$ ottenuti secondo la formulazione di Bishop e per ciascuna combinazione delle azioni. Al fine di cogliere l'effetto derivante dalla riduzione dei parametri geotecnici di resistenza, secondo i coefficienti del gruppo M2, nel prospetto che segue sono riportati anche i risultati dell'analisi condotta con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

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			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisoria	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 22 di 31

Ai fini della verifica di stabilità, il progettista ha ritenuto non necessario la simulazione degli ancoraggi delle paratie del subplotto 1 all'interno del modello, essendo queste inglobate all'interno della superficie globale del pendio.

Nella successiva tabella si riportano i coefficienti di sicurezza ottenuti.

Combinazione	Formulazione
	Bishop
"SLU - A2+M2"	1,767
"SLV + SISMA "	1,673
"SLV - SISMA "	1,670

Tab. 11. Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale

Eseguendo il calcolo mediante il D.M. 14/01/2008, Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), il coefficiente parziale γ_R vale 1,1; quindi considerando la resistenza di progetto $R_d = R/\gamma_R$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

per cui la verifica di stabilità globale può considerarsi soddisfatta.

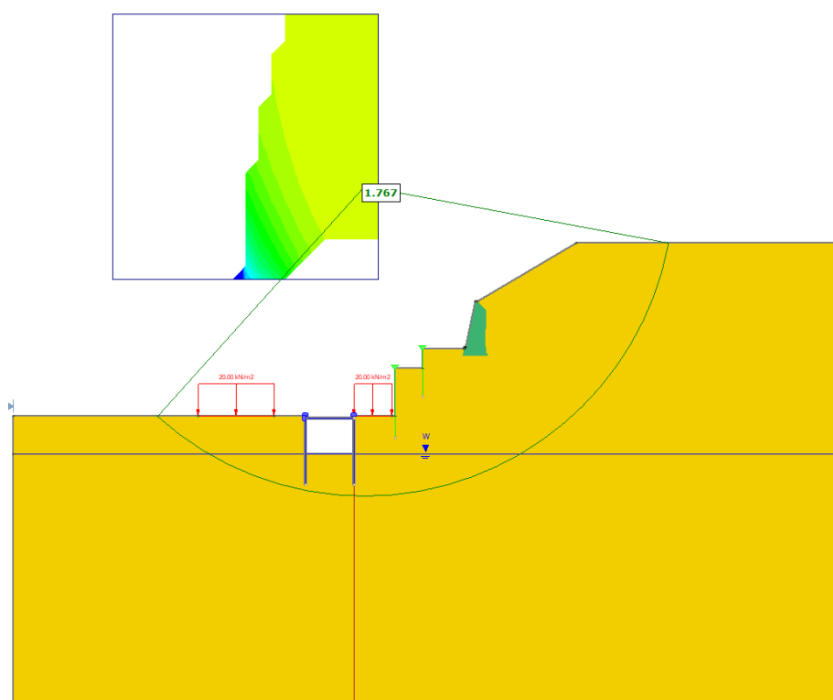


Fig. 8. Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica (A2+M2)

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			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 23 di 31

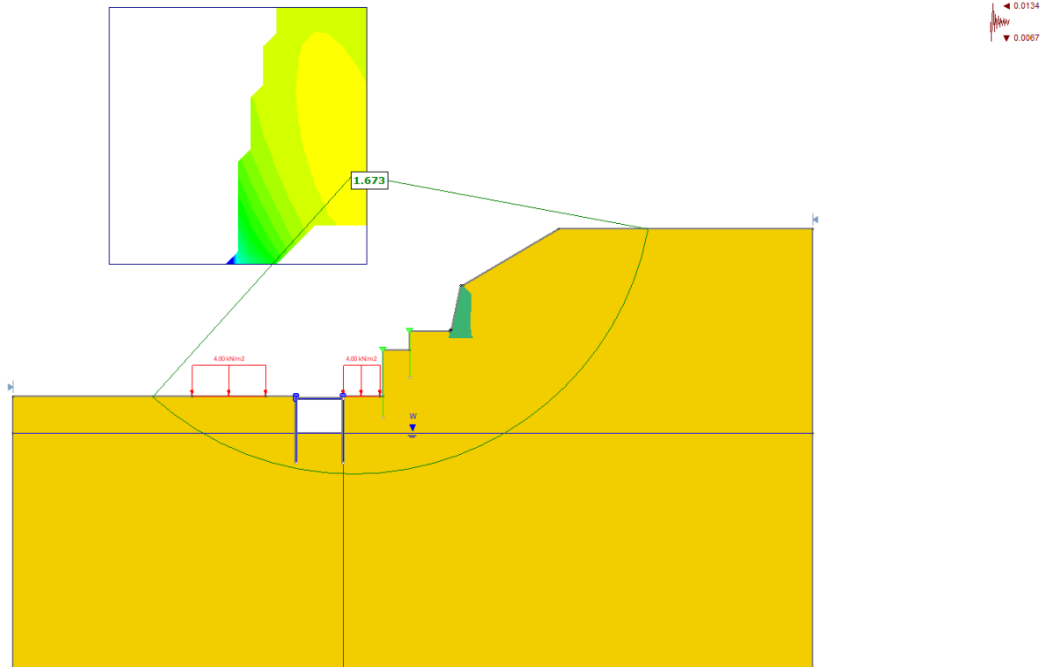


Fig. 9. Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica (SLV+E)

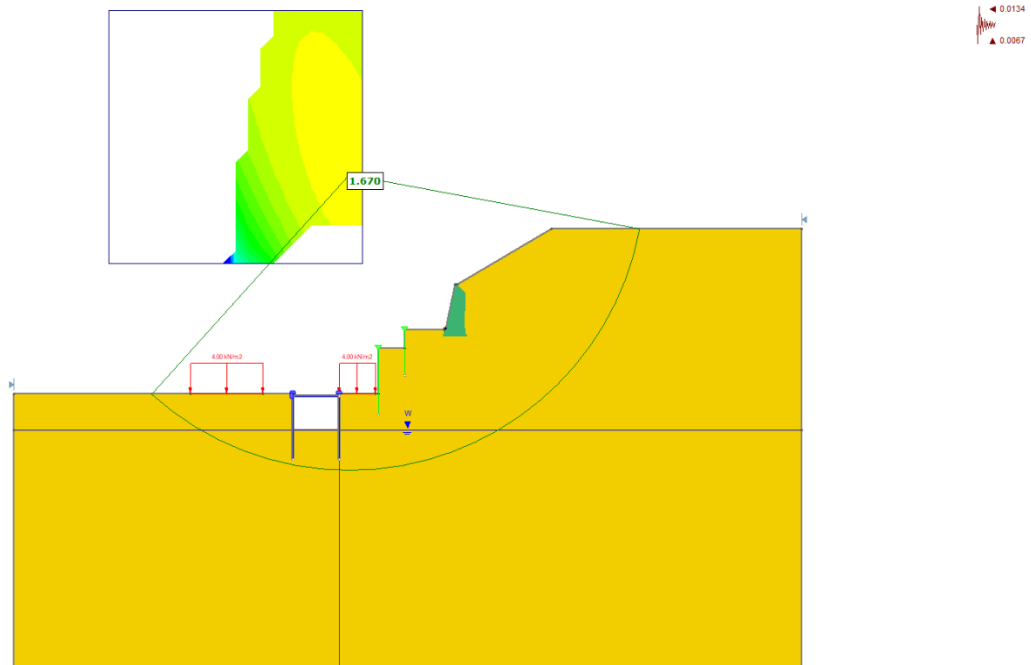


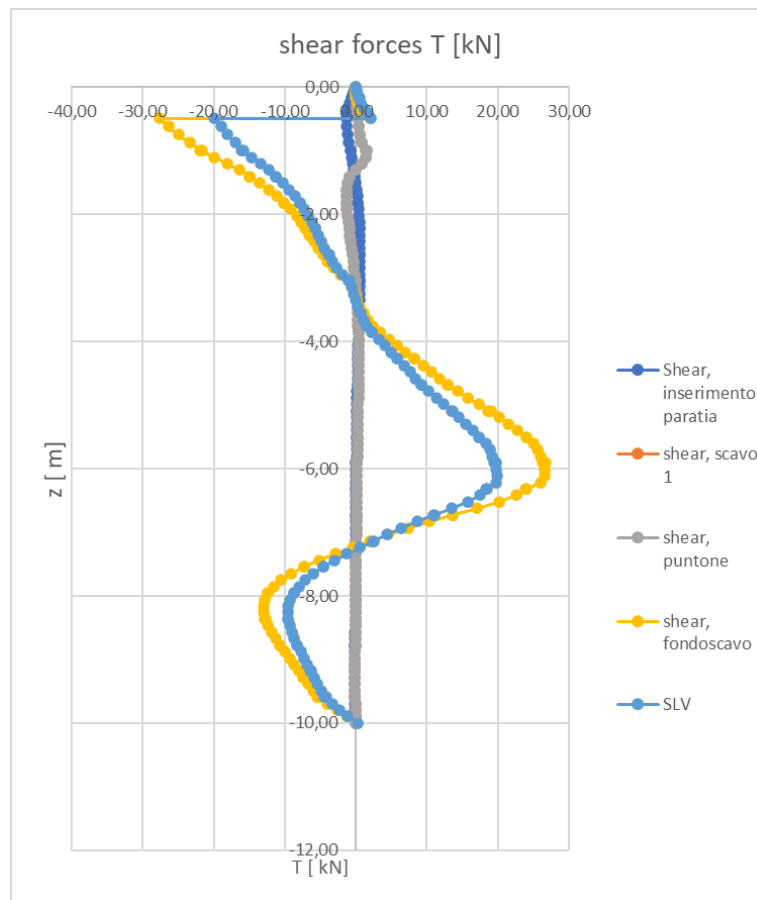
Fig. 10. Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica (SLV-E)

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			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 24 di 31

7.1.1.2. VERIFICHE SLU STR e SLV

Verifica di resistenza strutturale della paratia di micropali:

Le verifiche strutturali eseguite per i micropali costituenti la paratia provvisoria sono state svolte in accordo alle NTC08 (Rif.[1]). Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi di momento flettente e sforzo di taglio allo SLU e allo SLV per la fase provvisoria a fondo scavo:



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				
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	25 di 31

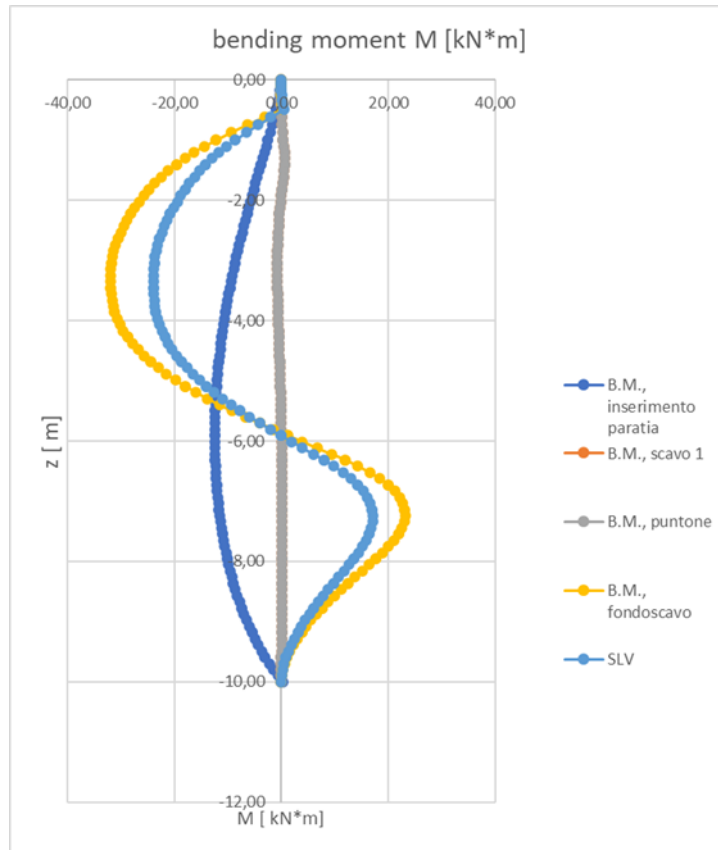


Fig. 11. Momento flettente e sforzo di taglio allo SLU e SLV

In sintesi, le sollecitazioni massime ottenute dall'analisi sono le seguenti.

Condizione	Soll. Max.	M_{ed}	T_{ed}	A_{tubo}	A_v	W_{el}	σ_{Ed}	τ_{Ed}	σ_{id}	FS
[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
SLU	Momento	31,7	27,6	5771	3674	252100	125,74	9,56	126,11	2,07
SLV	Momento	24	20				95,20	6,93	95,36	2,75

Tab. 12. Verifica a flessione allo SLU e 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 26 di 31

Verifica dei puntoni metallici

I puntoni metallici posti sulla sommità della paratia sono realizzati con una sezione tubolare $\varnothing 406.4\text{mm}$ avente spessore 7.1mm.

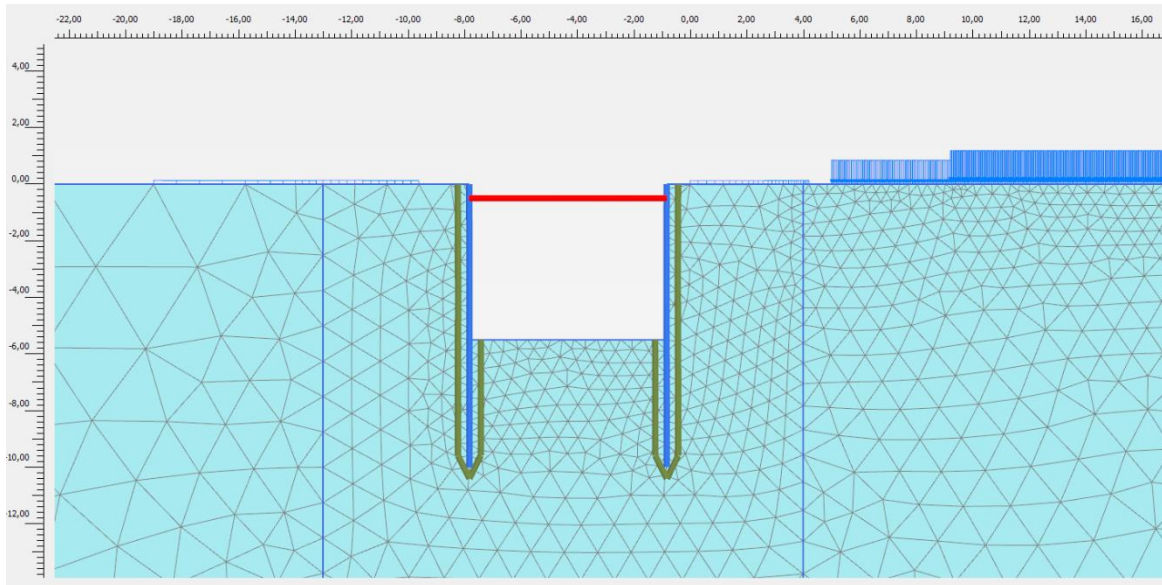


Fig. 12. Modello di calcolo

Le sollecitazioni massime, definite nelle due combinazioni saranno:

Structural element	Node	Local number	X [m]	Y	N [kN]	N_min [kN]	N_max [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	2259,00	1,00	-7,82	-0,50	-284,09	-284,09	0,09
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	3412,00	2,00	-0,83	-0,50	-284,09	-284,09	0,09

Tab. 13. Sollecitazione massima agente nei puntoni metallici SLU

Structural element	Node	Local number	X [m]	Y	N [kN]	N_min [kN]	N_max [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	2259,00	1,00	-7,82	-0,50	-275,40	-284,09	0,09
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	3412,00	2,00	-0,83	-0,50	-275,40	-284,09	0,09

Tab. 14. Sollecitazione massima agente nei puntoni metallici SLV

Pertanto, su ogni singolo puntone, la massima sollecitazione agente sarà pari a:

$$N_{slu} = 285 \text{ kN}$$

$$N_{slv} = 276 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni massime agenti sul puntone, considerando anche gli effetti termici ed il peso proprio, sono definite di seguito:

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				
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 27 di 31	

GEOMETRIA

Luce	L	<u>7</u>	[m]
Diametro	D	<u>406,4</u>	[mm]
Spessore	s	<u>7,1</u>	[mm]
Area	A	<u>89,10</u>	[cm ²]
Massa per unità di lunghezza	M	69,94	[kg/m]
Inerzia	I	<u>1,7756E+04</u>	[cm ⁴]
Peso proprio	q	0,7	[kN/m]
Peso totale	P	490	[kg]
Deformazione da peso proprio	e _{pp}	0,6	[mm]
Taglio PP	V	2,4	[kN]
Momento PP	M _{Ed}	4,3	[kNm]

CARICHI ESTERNI

	SLU	SLV	
Sforzo normale nei puntoni	<u>284</u>	<u>275</u>	[kN]
Momento dovuto alle imperfezioni	0,17	0,16	[kNm]
Taglio dovuto alle imperfezioni	0,10	0,09	[kN]

CARICO TERMICO

Altitudine di riferimento	a _s	500	[m]
Zona I			
Temperatura massima	T _{max}	<u>41</u>	[C]
Temperatura minima	T _{min}	<u>-11</u>	[C]
Modulo elastico	E	<u>210000</u>	[Mpa]
Coeff. di dilatazione termica	α	<u>1,20E-05</u>	[-]
Area	A	8910	[mm ²]
Temperatura di messa in opera	T ₀	<u>10</u>	[C]
Delta termico	ΔT	31,00	[C]
Sforzo normale	N _{max}	696,05	[kN]
Momento dovuto alle imperfezioni	M _{imp}	0,41	[kNm]
Taglio dovuto alle imperfezioni	V _{imp}	0,23	[kN]

COMBINAZIONE DEI CARICHI

	SLU	SLV	
Azione assiale	1	1	
Peso proprio	1,3	1	
Termica	1,5	0	

SOLLECITAZIONI

	SLU	SLV	
Sforzo assiale	1328	275	[kN]
Taglio	4	3	[kN]
Momento flettente	6	4	[kNm]

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatari:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL	SIST	M Ingegneria		
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
Relazione di calcolo opere provvisionali	IBOU	1BEZZ	CL	FA0910002	C	28 di 31	

VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITA' PER PROFILI CAVI A SEZIONE CIRCOLARE														
Dati INPUT				Dati OUTPUT										
Caratteristiche acciaio				Dati geometrici										
Qualità acciaio:	UNI EN 10210 S 355 H	Diametro esterno	Spessore	Classe della sezione	Area sezione trasversale	Momento inerzia	Raggio giratore inerzia	Modulo resistente elastico	Modulo resistente plastico	massa per unità di lunghezza	Superf. per unità di lunghezza	Lunghezza per tonnellata		
f_{yk}	355 [Mpa]	D	T	3	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	M	As	L/1t		
f_{tk}	510 [Mpa]	[mm]	[mm]		[cm ²]	[cm ⁴]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[kg/m]	[m ² /m]	[m]		
		406,4	7,1		89,07	17756,34	14,12	873,84	1132,15	69,92	1,28	14,30		
Geometria sezione				Verifiche secondo NTC2018 - §4.2										
D =	406,4 [mm]	Verifica a trazione (4.2.4.1.2.1)				$N_{p1,Rd} =$	3011,25	$N_{Ed} / N_{p1,Rd} =$						
t =	7,1 [mm]	Verifica a compressione (4.2.4.1.2.2)				$N_{c,Rd} =$	3011,25	$N_{Ed} / N_{c,Rd} =$		0,44	verifica soddisfatta			
Lunghezza e vincoli asta				Verifica a flessione retta (4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6)				$M_{c,Rd} =$	295,44	$M_{y,Ed} / M_{c,Rd} =$		0,02	verifica soddisfatta	
L =	7,00 [m]	Verifica a taglio (4.2.4.1.2.4)				$V_{c,Rd} =$	1106,79	$V_{Ed} / V_{c,Rd} =$		0,00	verifica soddisfatta			
$\beta =$	1,00 [-]	Verifica a presso/tenso-flessione retta (4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.9)				Sez. Classe 1-2 $M_{N,Rd} =$	$M_{Ed} / M_{N,Rd} =$							
Sollecitazioni agenti				Verifica stabilità membrature compresse (4.2.4.1.3.1)				$N_{b,Rd} =$	2621,27	$N_{Ed} / N_{b,Rd} =$		0,51	verifica soddisfatta	
$N_{Ed} =$	-1328,17 [kN]	Verifica stabilità membrature presso-inflesse (4.2.4.1.3.3)				$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,eq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,eq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} = 0,53$								
$V_{Ed} =$	3,63 [kN]													
$M_{y,Ed} =$	6,35 [kNm]													
$\psi =$	1,00													

La sezione adottata risulta verificata.

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			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 29 di 31

7.1.1.3. VERIFICHE SLE – DEFORMAZIONI

Nelle figure seguente è riportata la deformata dei diaframmi di pali allo SLE e la stima dei cedimenti in superficie mediante sezione eseguita nella fase di fondo scavo. Il massimo spostamento orizzontale risulta di 6mm. Le deformazioni risultano compatibili con la funzionalità dell'opera.

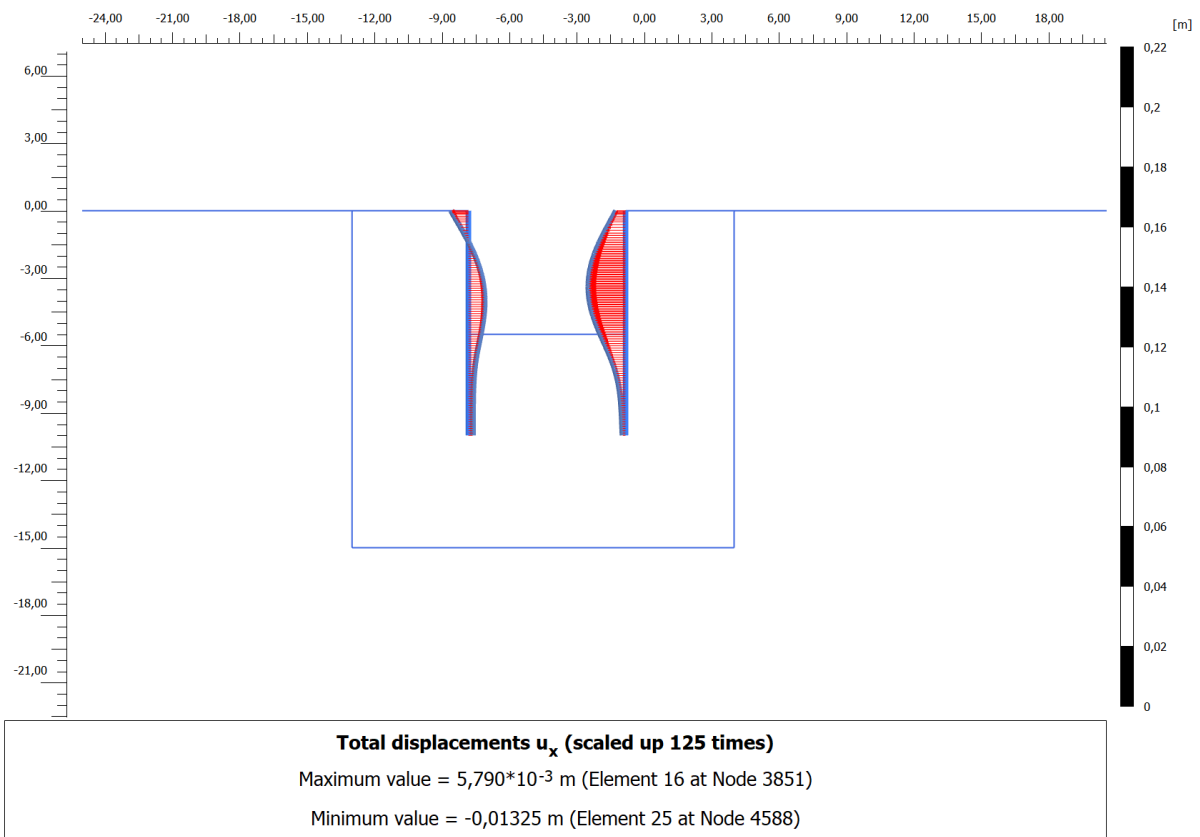


Fig. 13. Spostamenti u_x nella fase di fondoscavo - SLE

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 30 di 31

8. CONCLUSIONI

La presente relazione tratta la progettazione delle opere provvisorie utili per la realizzazione del fabbricato antincendio.

Le soluzioni progettuali previste sono state verificate nelle condizioni ritenute più significative per il comportamento delle opere e sono state condotte tutte le verifiche previste dalla Normativa a dimostrazione dell'adeguatezza e dell'efficacia delle soluzioni progettuali sia in fase costruttiva sia nella configurazione finale ed in condizioni sismiche.

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						
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0910002	REV. C	FOGLIO. 31 di 31

9. ALLEGATI