

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



# INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

## LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

### Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

### PROGETTO ESECUTIVO

### IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918

### A - IMPALCATO

### RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due	Valido per costruzione ing. Luca ZACCARIA		
ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Febbraio 2021	ing. Guido Fratini Data: Febbraio 2021	iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n. A1206 Data: Febbraio 2021		-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. FOGLIO

I N 1 7 1 0 Y I 2 C L I V 0 8 A 0 0 0 6 A - - - Di - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	Recepimento prescrizioni Del. CIPE n. 84/2017	ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021	ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021	ing. Giovanni MALAVENDA	Febbraio 2021	Data: Febbraio 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1710YI2CLIV08A0006A
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA				
								
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO				Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 2 di 18

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA.....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE.....</b>	<b>8</b>
5.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	8
5.2	STABILITA' GEOTECNICA E STRUTTURALE DELL'OPERA DI SOSTEGNO .....	8
5.3	STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) .....	9
<b>7</b>	<b>MODELLAZIONE E RISULTATI DELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE .....</b>	<b>10</b>
7.1	MODELLAZIONE DELLA PARATIA .....	10
7.2	RISULTATI DELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE .....	11
7.2.1	STABILITÀ GEOTECNICA DELL'OPERA DI SOSTEGNO (A2+M2+R1).....	11
7.2.2	DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI DI DESIGN SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI (A1+M1+R1 (R3 PER TIRANTI)) .....	11
7.2.3	VERIFICHE STRUTTURALI AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	13
7.2.4	VERIFICHE DEI TIRANTI.....	14
7.2.5	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE.....	16
7.2.6	VERIFICHE A SIFONAMENTO .....	17
	<b>ALLEGATO A – TABULATI DI CALCOLO PROGRAMMA PARATIE .....</b>	<b>18</b>

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  				
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 3 di 18	

## 1 PREMESSA

Il presente documento è stato dapprima aggiornato in esito alle istruttorie e tavoli tecnici con il Committente, quindi a seguito delle specifiche richieste di integrazioni durante la fase di istruttoria e da ultimo per il recepimento del quadro prescrittivo a seguito dell'approvazione del Progetto Definitivo da parte del Cipe con Delibera n.84 del 22.12.2017, in particolare è stata recepita la Prescrizione n. 43 vedi allegato 1.

Il presente documento inoltre si riferisce al 1° Lotto Funzionale Verona-Bivio Vicenza ricompreso tra le progressive pk. 0+000 e pk. 44+250.

Il suddetto Lotto Funzionale Verona-Bivio Vicenza, fino alla pk. 44+250, è costituito dall'unione dei sublotti: il primo (SL01) da Verona (pk. 0+000) a Montebello Vicentino (pk. 32+525) a Bivio Vicenza (pk. 44+250) al fine di consentire l'innesto della linea AV/AC sulla linea storica esistente.

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  				
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 4 di 18	

## 2 NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [3] CEN [Comité Européen de Normalisation, 2003]. Eurocode 8: Design of Structures for earthquake resistance. Document EN 1998-1, Brussels.
- [4] RFI – Manuale di progettazione – Documento n° RFI-DINIC-MA-CS-00-001-C del 20 Settembre 2004
- [5] RFI – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie – Documento n° RFI-DTC-INC-CS-SP-IFT-001-A del 21 Dicembre 2011
- [6] RFI. Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili. Parte II. Sezione 5. Opere in terra e scavi. Rev. A del 30 Giugno 2014

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA				
								
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO				Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 5 di 18

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Acciaio per carpenteria metallica per strutture saldate:

S 275 JR - EN 10025-2 (Fe430 B)

$E_s = 206000 \text{ N/mm}^2$

-Tensione caratteristica di snervamento  $f_d = 275 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo:

C20/25

$R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

$f_{ck} = 0,83 R_{ck} = 20.75 \text{ N/mm}^2$

$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / 1,5 = 11.76 \text{ N/mm}^2$

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 28.75 \text{ N/mm}^2$

$E_c = 22.000 (f_{cm} / 10)^{0,3} = 30.2 \text{ N/mm}^2$

$f_{bd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} / 1,5 = 2.38 \text{ N/mm}^2$

-Sollecitazioni massime in condizioni di esercizio:

+Combinazione rara:  $\sigma_{cmax} = 0,60 \cdot f_{ck} = 12.45 \text{ N/mm}^2$

+Comb. quasi perm:  $\sigma_{cmax} = 0,45 \cdot f_{ck} = 9.34 \text{ N/mm}^2$

Acciaio per armatura micropali:

S 275

$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

-Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  				
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 6 di 18

## 4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione di calcolo afferisce alle opere di presidio provvisionali necessarie alla realizzazione delle sottostrutture del cavalcaferrovia sito al km 38+917,88, nell'ambito della progettazione definitiva della linea AC Verona-Padova.

Lato spalla A, lo scavo raggiunge un'altezza di circa 3m. Data la vicinanza della linea storica, si ritiene necessaria la realizzazione di una paratia di micropali Ø300, di lunghezza 8 m, con un ordine di tiranti, per il sostegno del rilevato ferroviario esistente. L'intervento si estende planimetricamente per circa 23 m, per permettere la realizzazione della fondazione della spalla A senza compromettere la stabilità del rilevato ferroviario.

Le strutture sono progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2008.

Nella figura 1 si riporta lo stralcio planimetrico della paratia provvisoria, mentre nella figura 2 la sezione trasversale della stessa.

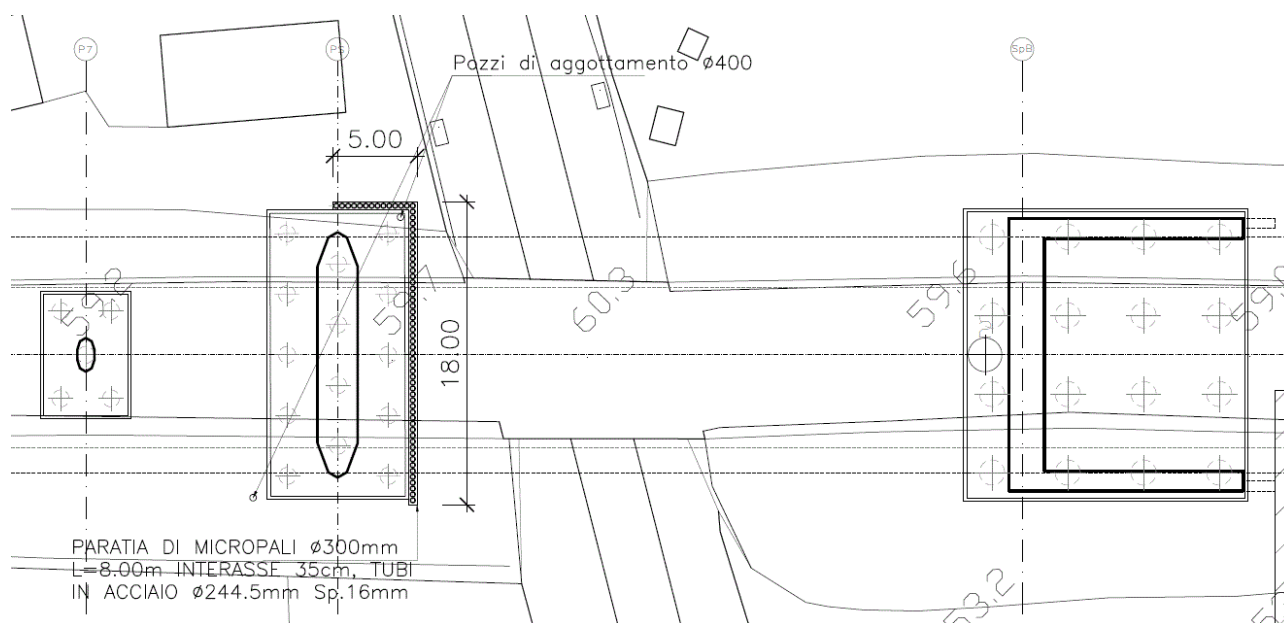


Figura 1: Stralcio planimetrico paratia provvisoria

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> <p>Consorzio IricAV Due</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 7 di 18</p>

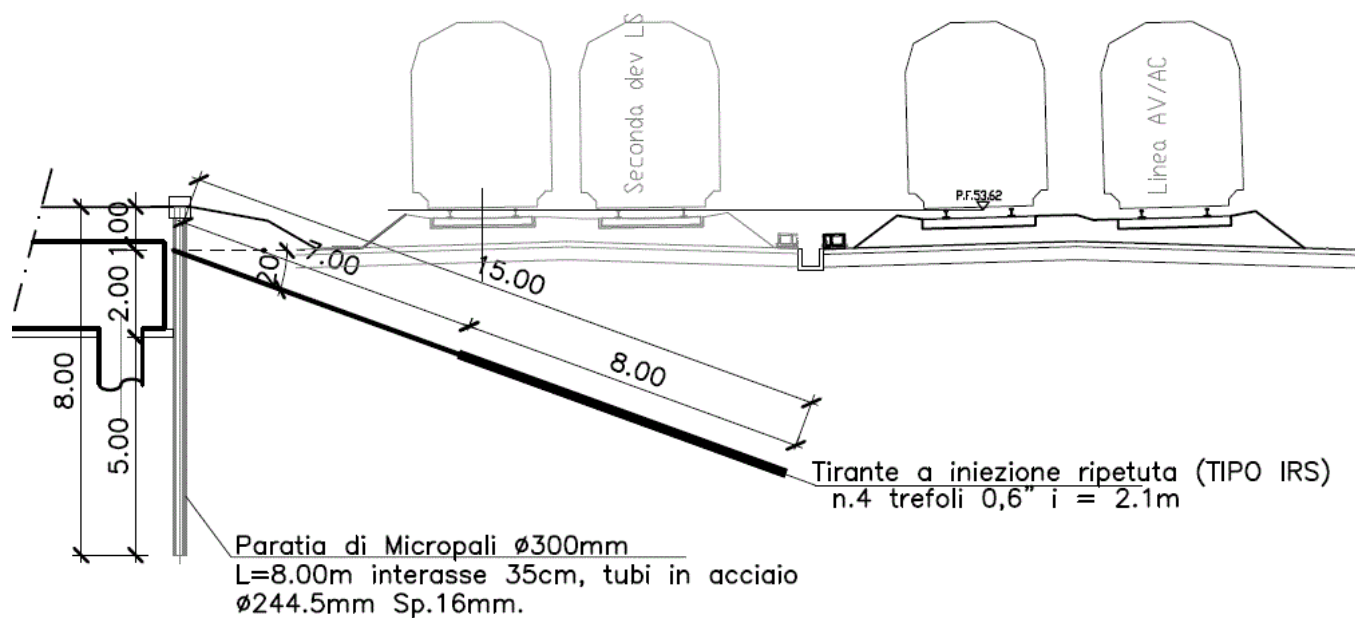


Figura 2: Sezione paratia provvisoria

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA	
					
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO				Progetto IN17	Lotto 10
				Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A
					Foglio 8 di 18

## 5 PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE

### 5.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

In accordo alla normativa nazionale NTC2008 per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

$E_d$  = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

$R_d$  = valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare. Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$  tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.3.1 delle NTC2008).

### 5.2 STABILITA' GEOTECNICA E STRUTTURALE DELL'OPERA DI SOSTEGNO

In accordo a quanto riportato al par.6.5.3.1 della normativa nazionale, la verifica geotecnica e strutturale (GEO and STRU) di un'opera di sostegno dovrà essere condotta considerando le seguenti combinazioni:

#### **Approccio 1 (DA1):**

Combinazione 1 (C1):      A1 + M1 + R1

Combinazione 2 (C2) :      A2 + M2 + R1

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tab.6.2.I, Tab.6.2.II delle NTC2008 (riportate in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e Tabella 1 del presente documento) ed assumendo  $\gamma_{R1}$  uguale ad 1. In condizioni sismiche tutti i coefficienti sulle azioni A1 e A2 sono posti pari a 1.

Come indicato al par.C6.5.3.1 della Circolare del 2009, per le verifiche di stabilità geotecnica (GEO) si fa riferimento all'Approccio 1 - Combinazione 2. Per la



GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA				
								
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO				Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 9 di 18

determinazione delle azioni agenti sugli elementi strutturali (STRU) da usare per le verifiche strutturali si fa riferimento alla all'Approccio 1 - Combinazione 1.

Come indicato al par.C6.6.2 della Circolare del 2009, per le verifiche di sicurezza SLU si fa riferimento Combinazione A1+M1+R3, assumendo  $\gamma_{R3}$  in accordo a quanto riportato nella Tab.6.6.I delle NTC2008.

In accordo a quanto riportato al par.2.4 delle NTC2008, la verifiche in condizioni sismiche di opere provvisorie possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

Tabella 1:Tab. 6.2.IV, NTC 2008

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 2:Tab. 6.6.I, NTC 2008

**Tabella 6.6.I – Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi**

	SIMBOLO $\gamma_R$	COEFFICIENTE PARZIALE
Temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1,1
Permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1,2

### 5.3 STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Per quanto riguarda lo stato limite di servizio (SLE), deve essere verificato che gli effetti attesi delle azioni caratteristiche (cedimenti, rotazioni, vibrazioni) sulle strutture proposte (o quelli indotti, se il caso, sulle strutture adiacenti) siano inferiori al massimo di quelli consentiti, e, quindi, sono compatibili con i requisiti di prestazione strutture.

Le analisi dovranno effettuate considerando i valori caratteristici dei parametri geotecnici dei materiali, con riferimento sia alla resistenza che alla deformabilità (par. 6.2.3.3 delle NTC2008).

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA				
								
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO				Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 10 di 18

## 7 MODELLAZIONE E RISULTATI DELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

### 7.1 MODELLAZIONE DELLA PARATIA

L'analisi d'interazione terreno-struttura, necessaria a determinare le azioni di progetto negli elementi strutturali ed a verificare la stabilità locale dell'opera, è stata svolta con il codice di calcolo PARATIE PLUS 2016.

La stratigrafia utilizzata per il dimensionamento è la seguente:

Profondità da testa paratia	Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
0.0 - 5.0 m	Argilla limosa	18	26	0
5.0 - 15.0 m	Ghiaia	19	37	0
15.0 - 23.0 m	Argilla limosa	18	26	0
23.0 - 34.0 m	Ghiaia	19	37	0
Oltre 34.0 m	Argilla limosa	18	26	0

La falda è stata considerata a -1m da p.c.. L'aggotamento della falda sarà realizzato mediante pozzi da eseguirsi all'interno dello scavo, D=400 mm.

A tergo della paratia è stato considerato il carico ferroviario della linea storica, stimato come il peso dell'armamento e il peso del treno. Il primo, pari a 16 kPa, è stato distribuito su tutta la larghezza del rilevato ferroviario. Il secondo, pari a 54 kPa, è stato distribuito su una larghezza di 2.77m (2.60+2\*0.25\*0.35, essendo 35cm lo spessore del ballast e 1:4 l'angolo di distribuzione del carico).

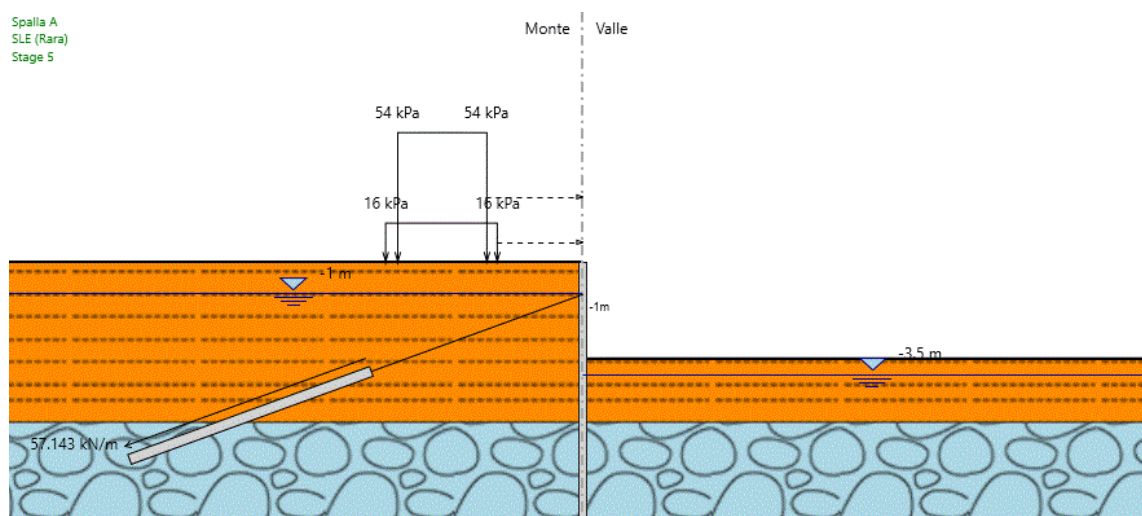


Figura 3: Modello della paratia. I diversi colori rappresentano i diversi strati analizzati.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 11 di 18

## 7.2 RISULTATI DELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Nel seguito si riassumono i principali risultati ottenuti, mentre in allegato A si riportano i relativi tabulati di calcolo con esplicitati tutti i dati di input e output delle verifiche condotte.

### 7.2.1 STABILITÀ GEOTECNICA DELL'OPERA DI SOSTEGNO (A2+M2+R1)

La verifica è stata condotta, in accordo alla normativa NTC 2008 secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2.

La convergenza raggiunta dal programma PARATIE con limitati spostamenti, assicura l'equilibrio dell'opera anche in presenza di parametri di resistenza al taglio dei terreni fattorizzati.

Nella seguente figura si riporta il riepilogo delle risultanti delle spinte sulle paratie con riferimento alla condizione di carico nominale (SLE).

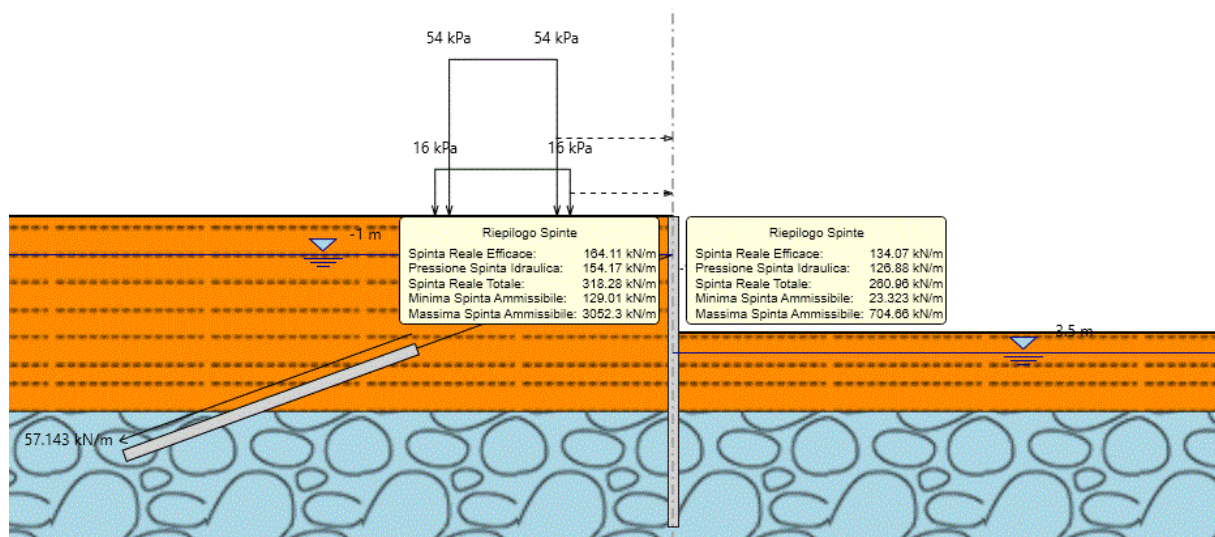


Figura 4: Riepilogo spinte (SLE)

Dal suo esame si evince che con riferimento alla condizione di carico nominale (SLE) la massima spinta resistente è convenientemente superiore alla massima spinta agente.

### 7.2.2 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI DI DESIGN SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI (A1+M1+R1 (R3 PER TIRANTI))

Per quanto concerne le verifiche strutturali, in accordo all'Approccio 1.

Per la combinazione 1 (A1+M2+R1 (R3 per tiranti)) i valori di progetto delle sollecitazioni negli elementi strutturali ( $E_d$ ) sono stati determinati applicando i coefficienti parziali per

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA		
						
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 12 di 18

le azioni  $\gamma_A$ , agli effetti delle azioni valutati dalle analisi di interazione condotte con i parametri caratteristici. In particolare:

- $\gamma_{A1} = 1.3$  è stato applicato agli effetti indotti dai carichi permanenti ( $E_{k,PL}$ )
- $\gamma_{A1} = 1.5$  è stato applicato agli incrementi degli effetti indotti dai carichi variabili ( $E_{k,VL}$ )

Conseguentemente, i valori di progetto degli effetti delle azioni agenti sugli elementi strutturali, che devono essere confrontati con le relative resistenze di progetto, sono pari a:

$$E_d = 1.3 E_{k,PL} + 1.5 (E_{k,TOT} - E_{k,PL}).$$

Nelle seguenti figure si riportano le sollecitazioni di design lungo i pali.

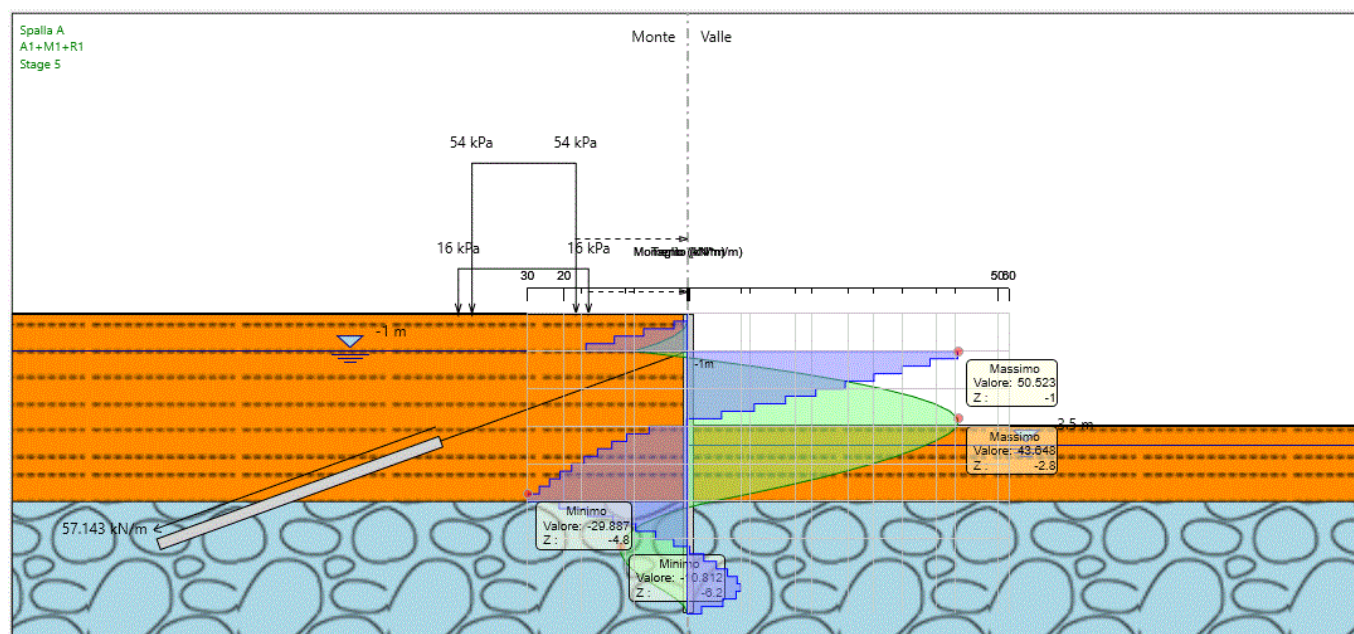


Figura 5: Sollecitazioni di design sugli elementi strutturali  
Verifica SLU (A1+M1+R1) – kN\*m/ml e kN/ml



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 13 di 18</p>	

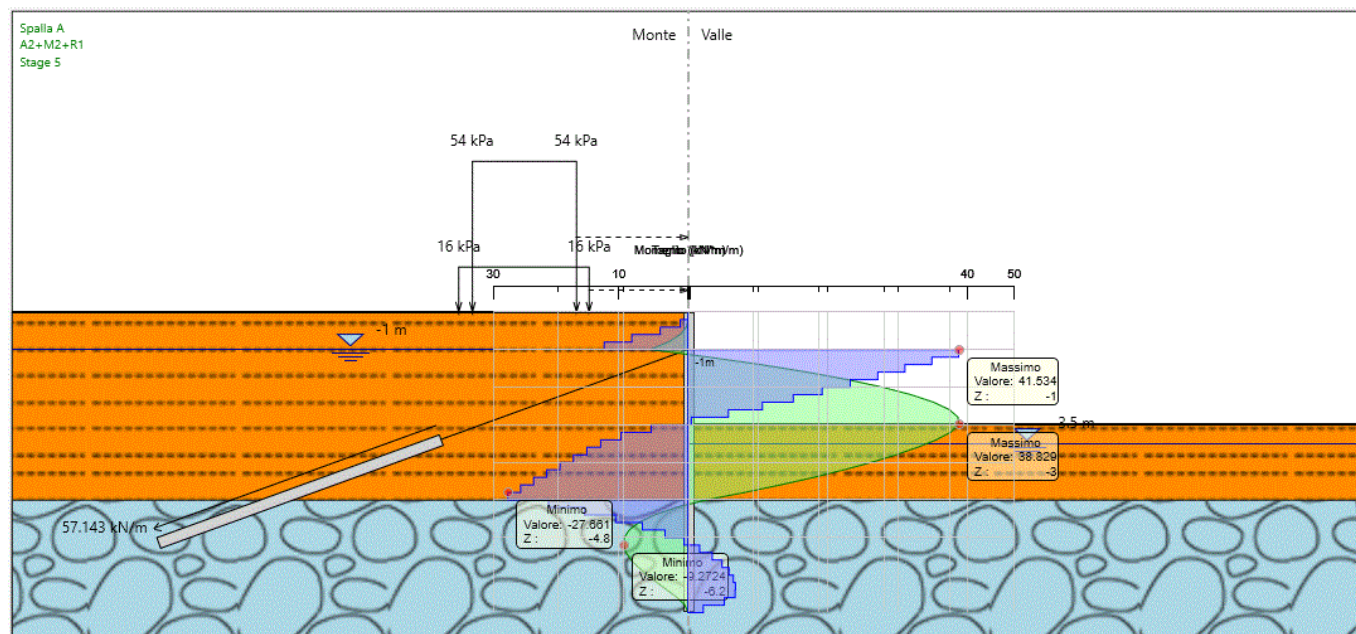


Figura 6: Sollecitazioni di design sugli elementi strutturali

Verifica SLU (A2+M2+R1) – kN\*m/ml e kN/ml

### 7.2.3 VERIFICHE STRUTTURALI AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Si adottano per i micropali le seguenti armature:

tubo di acciaio D=244.5mm e sp=16 mm.

Nelle seguenti figure si riporta, diagrammati per le differenti combinazioni di carico, il coefficiente di sfruttamento della sezione resistente in c.a. ( $E_d/R_d$ ). Dal loro esame si osserva che il coefficiente di sfruttamento è sempre inferiore all'unità e pertanto le verifiche sono soddisfatte.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 14 di 18	

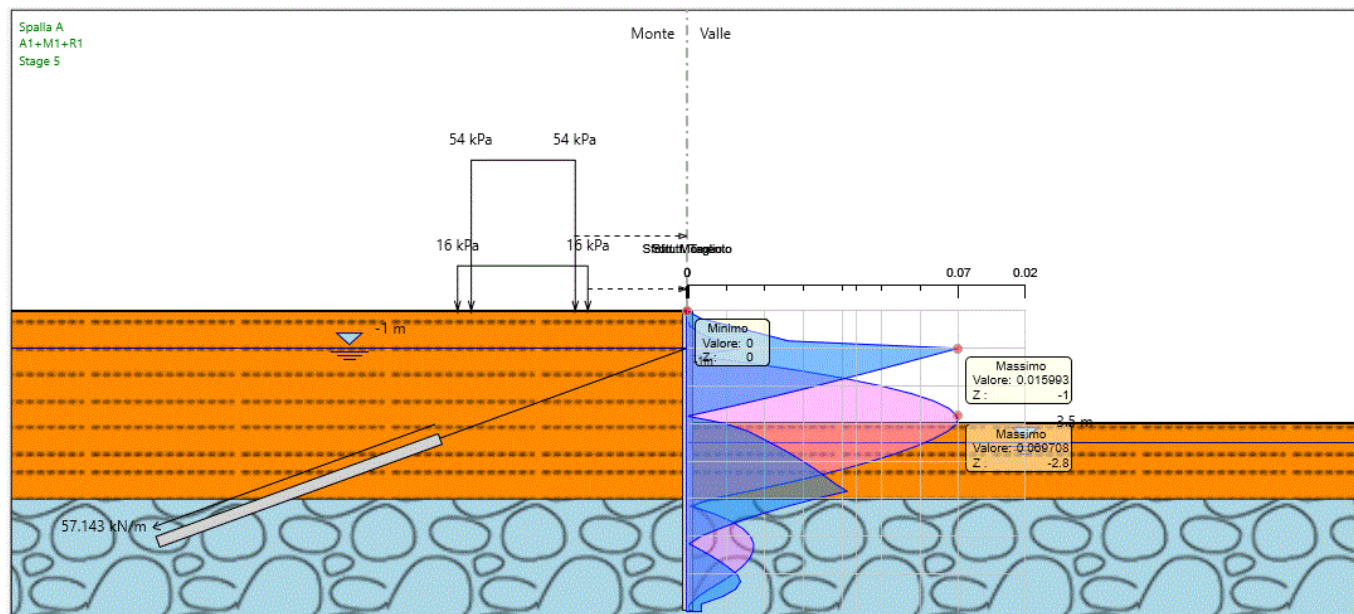


Figura 7: Coefficiente di sfruttamento sugli elementi strutturali  
Verifica SLU (A1+M1+R1)

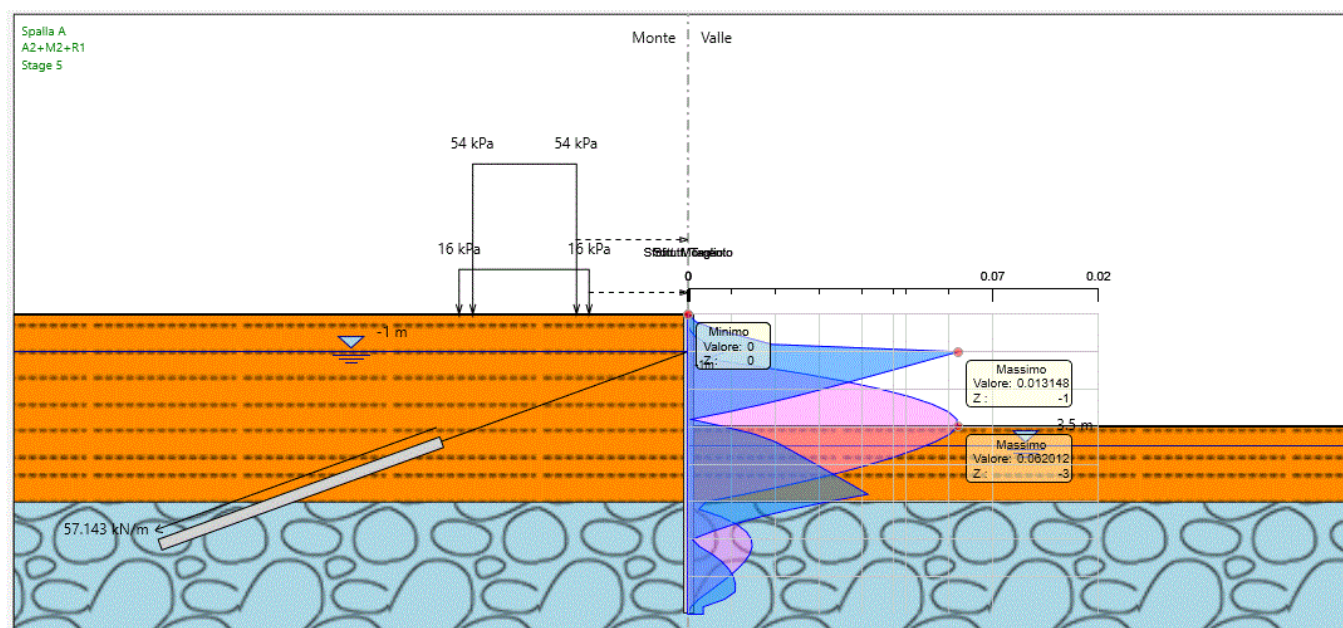


Figura 8: Coefficiente di sfruttamento sugli elementi strutturali  
Verifica SLU (A2+M2+R1)

## 7.2.4 VERIFICHE DEI TIRANTI

Si adotta un sistema di ancoraggio con le seguenti caratteristiche:

	Distanza dal p.c. [m]	Llibera [m]	Lbulbo [m]	Inclinazione [°]	Metodo iniezione	Passo [m]	Precarico [kN]
Tirante 1	1	7	8	20	IRS	2.1	120

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA				
								
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO				Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 15 di 18

Le massime sollecitazioni in kN/m sui tiranti sono pari a:

Combinazione	Tirante 1
A1+M1+R1 (R3)	166,74
A2+M2+R1	130,76

I tiranti risulteranno verificati se le azioni derivanti dalle due combinazioni a SLU risulteranno inferiori o uguali alla resistenza di progetto GEO (capacità portante a sfilamento del bulbo lato terreno) ed alla resistenza di progetto STR (resistenza dei trefoli di acciaio).

La resistenza di progetto lato acciaio (resistenza STR) è definita come:

$$R_d = A \cdot f_{yd}$$

dove A è l'area dei trefoli;

$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio armonico dei trefoli, pari alla tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  $f_y$ , del valore di 1670 N/mm<sup>2</sup> per il tipo di acciaio utilizzato, ridotta del coefficiente  $\gamma_M$  pari a 1.15.

La resistenza di progetto a sfilamento del bulbo (resistenza GEO) è definita come:

$$R_d = R / (\zeta \cdot \gamma_R)$$

con  $\gamma_R$  coefficiente parziale della resistenza, pari a 1.1 (tiranti provvisori);

$\zeta$  fattori di correlazione pari a 1.8;

R resistenza allo sfilamento, che può essere valutata secondo un'usuale espressione del tipo di quelle proposte da Bustamante e Doix (1985):

$$R = \alpha \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot q_s$$

dove:

$\alpha$  è un coefficiente di iniezione;

D è il diametro nominale della perforazione;

L è la lunghezza del bulbo di ancoraggio;

$q_s$  è la resistenza tangenziale all'interfaccia fra zona iniettata e terreno.

Nel caso in esame si sono assunti i seguenti parametri:

Argilla limosa

$$\alpha = 1,4$$

$$q_s = 150 \text{ kPa}$$

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA				
								
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO				Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 16 di 18

Ghiaia

$$\alpha = 1,8$$

$$q_s = 350 \text{ kPa}$$

Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati delle verifiche lato acciaio (STR) e lato terreno (GEO) dei tiranti.

Dal loro esame si evince che le verifiche sono soddisfatte risultando sempre le resistenze di progetto superiori alle azioni.

Design Assumption: A1+M1+R1

Tiranti

Puntoni

Travi di Ripartizione in Acciaio

Travi di Ripartizione in Calcestruzzo

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	155.99	380.8	844.11	0.41	0.185	✓	✓
Tieback	Stage 4	164.69	380.8	844.11	0.432	0.195	✓	✓
Tieback	Stage 5	166.74	380.8	844.11	0.438	0.198	✓	✓

Figura 15: Tiranti - Verifica SLU (A1+M1+R1 (R3))

Design Assumption: A2+M2+R1

Tiranti

Puntoni

Travi di Ripartizione in Acciaio

Travi di Ripartizione in Calcestruzzo

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	119.99	380.8	844.11	0.315	0.142	✓	✓
Tieback	Stage 4	128.3	380.8	844.11	0.337	0.152	✓	✓
Tieback	Stage 5	130.76	380.8	844.11	0.343	0.155	✓	✓

Figura 16: Tiranti - Verifica SLU (A2+M2+R1)

## 7.2.5 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE

Come si evince dalla figura riportata di seguito gli spostamenti orizzontali lungo le opere di sostegno risultano contenuti e compatibili con gli elementi al contorno.



GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA	
					
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A
					Foglio 17 di 18

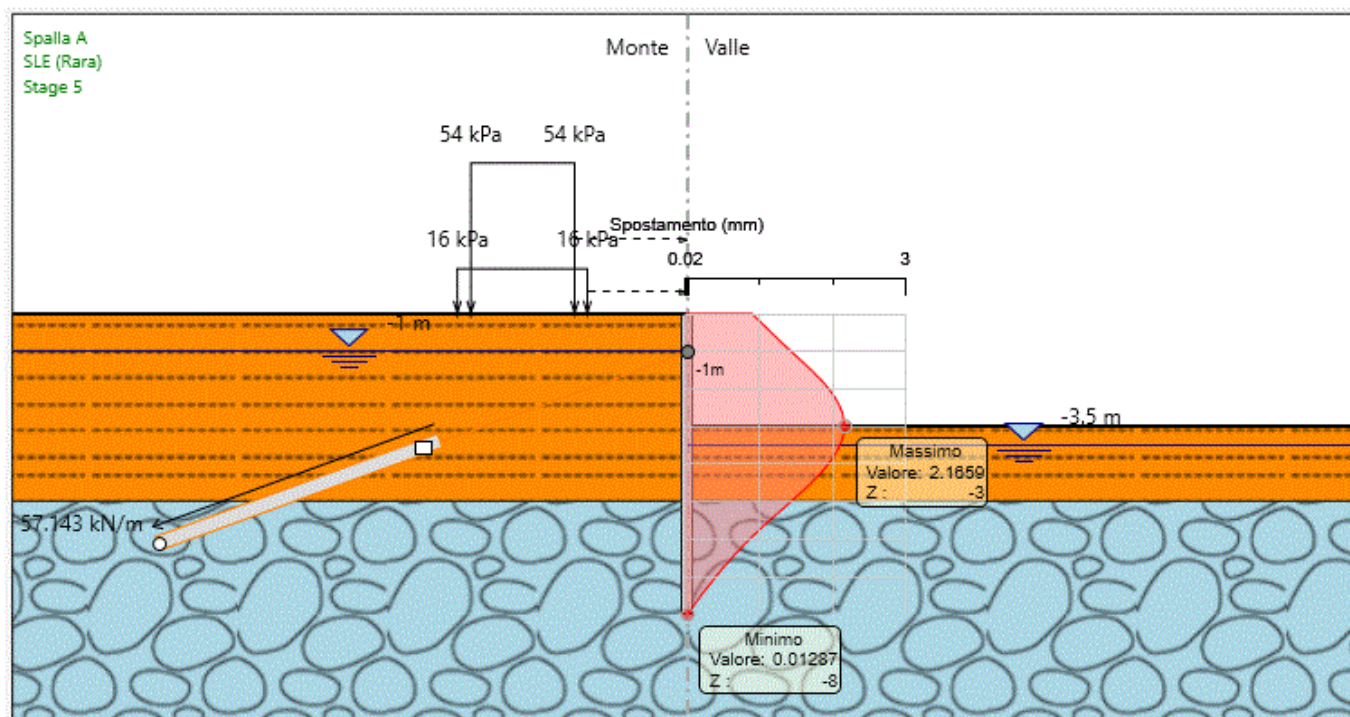


Figura 9: Spostamenti orizzontali lungo i pali

## 7.2.6 VERIFICHE A SIFONAMENTO

La verifica a sifonamento è stata condotta con riferimento al punto più critico ovvero la base della paratia. Si è verificato che la sottospinta dell'acqua  $u_{\text{insta}}$  opportunamente fattorizzata ( $u_{\text{insta,d}}$ ) risulti inferiore alla pressione del terreno  $\sigma_t$  convenientemente ridotta ( $\sigma_{t,d}$ ).

I coefficienti parziali adottati sono:

- per le forze stabilizzanti: 0,9;
- per quelle instabilizzanti: 1,3.

Si ha dunque:

$$u_{\text{insta,d}} = 81,25 \text{ kPa} < \sigma_{t,d} = 83,25 \text{ kPa}$$

La verifica risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  				
IV08 - CAVALCAFERROVIA AL Km 38 + 918 A - IMPALCATO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 CL IV 08 A 0 006	Rev. A	Foglio 18 di 18	

## ALLEGATO A – TABULATI DI CALCOLO PROGRAMMA PARATIE