

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA890**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri
Dott. Ing. F.Durastanti
Dott. Ing. V.Truffini
Dott. Arch. A.Bracchini
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram
Dott. Ing. F.Pambianco
Dott. Ing. M.Briganti Botta
Dott. Ing. L.Gagliardini
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci
Dott. Ing. A.Signorelli
Dott. Ing. E.Moscatelli
Dott. Ing. A.Bela

Dott. Ing. G.Lucibello
Dott. Arch. G.Guastella
Dott. Geol. M.Leonardi
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi
Dott. Ing. M.Panfilii
Dott. Arch. P.Ghirelli
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci
Dott. Arch. A.Strati
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi
Dott. Ing. V.Piunno
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:

**LOTTO 4
SOTTOVIA
SOTTOVIA AL KM 0+166 - SEC. 82
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04ST01STRRE02B			
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04ST01STRRE02		B	-
B	REVISIONE A SEGUITO DI RAPPORTO DI VERIFICA		NOV 2021	M. BOTTA	F. DURASTANTI	N. GRANIERI
A	EMISSIONE		GIU 2021	M. BOTTA	F. DURASTANTI	N. GRANIERI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3	MATERIALI	6
3.1	CALCESTRUZZO	6
3.1.1	Micropali	6
3.2	ACCIAIO	6
3.2.1	Acciaio di armatura micropali e travi di ripartizione	6
3.2.2	Acciaio armonico per trefoli	6
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	7
5	MODELLO DI CALCOLO	8
5.1	PARAMETRI DI SPINTA DEL TERRENO	8
5.2	PARAMETRI DI DEFORMABILITA' DEL TERRENO	9
5.3	VERIFICA GEOTECNICA DEI TIRANTI	9
6	ANALISI DEI CARICHI E APPROCCI DA NORMATIVA	11
7	RISULTATI DELLE ANALISI	13
7.1	SEZIONE A-A	13
7.1.1	Fasi di calcolo	13
7.1.2	Spostamenti orizzontali SLE	18
7.1.3	Inviluppo sollecitazioni SLU	19
8	VERIFICHE	20
8.1	VERIFICHE GEOTECNICHE	20
8.1.1	Sezione A-A	20
8.2	VERIFICHE STRUTTURALI	21
8.2.1	Sezione A-A	22

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

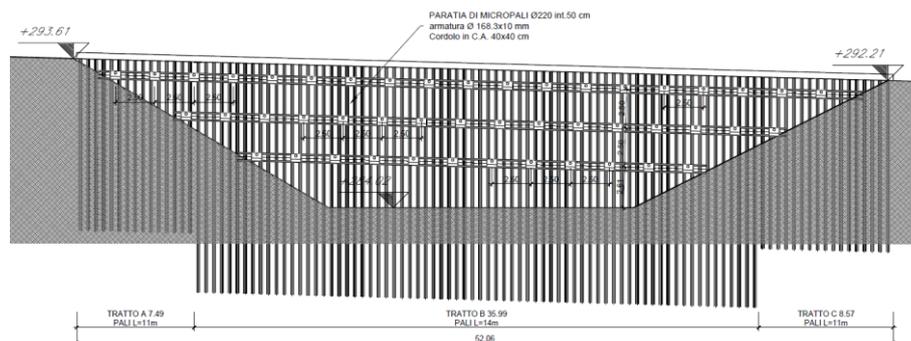
9	DICHIARAZIONI SECONDO §10.2 DELLE NTC2008.....	27
10	ALLEGATI.....	29
	10.1 SEZIONE A-A	29

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

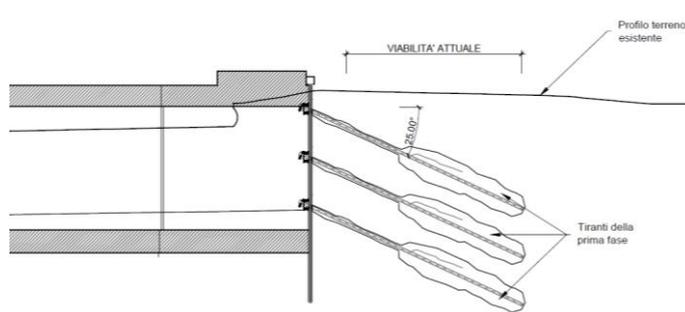
1 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nell'ambito del progetto esecutivo «Itinerario Ragusa - Catania, Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 di "Chiaromonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della "Ragusana"».

In particolare questo documento riguarda la progettazione strutturale e geotecnica delle opere provvisorie necessarie per la realizzazione del sottovia al km 0+166 - sec. 82. L'opera prevista è una paratia di micropali collegati da un cordolo di testa di sezione 40x40 cm; sono inoltre previsti tre ordini di tiranti attivi.



Prospetto paratia provvisoria



Sezione trasversale paratia provvisoria

Si individua la seguente sezione di studio (Sezione A-A):

H_{scavo} (m)	$L_{paratia}$ (m)	Micropali Diametro D/int (mm)	Micropali Armatura D/sp (mm)	Livelli tiranti	Travi di ripartizione
9.55	14.0	220/500	168.3/10	1° livello (-1.40 m da testa cordolo)	2 HEA200
				2° livello (-3.90 m da testa cordolo)	
				3° livello (-6.40 m da testa cordolo)	

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Le caratteristiche dei tiranti sono riportate nella tabella sottostante:

Livello	Angolo di inclinazione α [°]	Interasse orizzontale [m]	Lunghezza libera [m]	Lunghezza fondazione [m]	Metodo iniezione	ϕ perforazione [cm]	n° trefoli 0.6"	Pretiro [kN]
1°	25	2.5	10	12	IGU	20	4	150
2°								250
3°								350

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano le normative assunte come riferimento per la progettazione.

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge n. 64 del 02/02/1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- Circolare Min. LL.PP. n. 252 del 15 ottobre 1996 istruzioni per l'applicazione "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 09.01.1996;
- D.M. 16 gennaio 1996 "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- Circolare Min. LL.PP. n. 156 del 04 luglio 1996 Istruzioni per l'applicazione "Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16 gennaio 1996;
- UNI EN 206: Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- EC 2: Progettazione delle strutture cementizie;
- EC 7: Progettazione geotecnica;
- OPCM 3274 della Presidenza Consiglio dei Ministri del 25 marzo 2003 "Normativa sismica";
- OPCM 3519 del 28.04.2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

3 MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per le opere in progetto.

3.1 CALCESTRUZZO

3.1.1 Micropali

Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di calcolo, f_{cd}	14.11 MPa
Classe di consistenza Slump	S5

3.2 ACCIAIO

3.2.1 Acciaio di armatura micropali e travi di ripartizione

Tipo	S355
Resistenza caratteristica, f_{yk}	355.0 MPa
Resistenza di calcolo, f_{yd}	338.1 MPa

3.2.2 Acciaio armonico per trefoli

Tensione caratteristica al carico massimo, f_{ptk}	1860.0 MPa
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale, $f_{p(1)k}$	1670.0 MPa
Tensione di calcolo, f_{pd}	1452.1 MPa

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

I dati relativi ai terreni e alla falda sono stati desunti dalla relazione geotecnica. Di seguito viene riportata la caratterizzazione geotecnica in corrispondenza dell'opera.

Strato	Unità geotecnica	z [m da p.c.]	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	σ_c (MPa)	RQD	GSI	E (MPa)
1	Qcs – sabbia limosa	0 – 7.5	19-21	38-42	0	-	-	-	-	50
2	Pvl-R2 – roccia	7.5 – 15.1	23-25	-	-	-	30-40	40	50	300-600

La falda è collocata a -9.55 m da p.c.

Per la roccia si assumono le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 40^\circ$
- $c' = 0 \text{ kPa}$

I parametri geotecnici utilizzati nell'analisi sono riportati nella seguente tabella:

Strato	Unità geotecnica	z [m da p.c.]	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E (MPa)
1	Qcs – sabbia limosa	0 – 7.5	20	38	0	50
2	Pvl-R2 – roccia	7.5 – 15.1	24	40	0	450

Per il terreno da rilevato si assumono le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 35^\circ$
- $c' = 0 \text{ kPa}$

5 MODELLO DI CALCOLO

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

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

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

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

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

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

5.1 PARAMETRI DI SPINTA DEL TERRENO

I parametri di spinta sono:

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

con: $K_o =$ coefficiente di spinta a riposo

$\sigma'v =$ tensione verticale efficace

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

con: $K_a =$ coefficiente di spinta attiva, funzione di φ' e δ_a

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

$\delta_a =$ angolo di attrito terreno-paratia

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

con: $K_p =$ coefficiente di spinta passiva, funzione di φ' e δ_p

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

$\delta_p =$ attrito terreno-paratia;

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

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

5.2 PARAMETRI DI DEFORMABILITA' DEL TERRENO

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

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

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

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

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

con

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

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

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

5.3 VERIFICA GEOTECNICA DEI TIRANTI

Per la verifica allo sfilamento si è fatto riferimento ai risultati di metodi di calcolo analitici corretti in funzione del numero delle verticali di indagine esaminate.

Come metodo di calcolo si è fatto riferimento alle indicazioni di Bustamante e Doix (1985) da cui deriva:

$$(R_{ac})_{\min} = \pi \alpha D L_{fondazione} \times q_s$$

in cui:

- α = coefficiente di incremento del diametro di perforazione D dei tiranti che tiene conto della metodologia di iniezione e della natura dei terreni interessati;
- D = diametro di perforazione dei tiranti;
- $L_{fondazione}$ = lunghezza del tratto di fondazione del tirante;
- q_s = aderenza caratteristica terreno-fondazione funzione del tipo di terreno e delle sue caratteristiche meccaniche e delle modalità di iniezione.

La resistenza caratteristica R_{ak} è data dalla seguente relazione:

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{ac})_{media}}{\xi_{a3}} ; \frac{(R_{ac})_{\min}}{\xi_{a4}} \right\}$$

essendo ξ_{a3} ed ξ_{a4} dei fattori di correlazione funzione del numero di verticali indagate, definiti nella tabella sottostante.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Tabella 6.6.III: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine.

numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

La resistenza allo sfilamento di progetto è data dalla seguente espressione:

$$R_{a,d} = R_{ak} / \gamma_{Ra,p} \quad \text{per tiranti permanenti}$$

$$R_{a,d} = R_{ak} / \gamma_{Ra,t} \quad \text{per tiranti temporanei}$$

in cui i coefficienti parziali sono pari a:

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

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

6 ANALISI DEI CARICHI E APPROCCI DA NORMATIVA

I carichi considerati nel modello di calcolo si riferiscono ai carichi permanenti associati alla spinta del terreno ed i carichi variabili associati al traffico stradale, che si considera uniformemente distribuito e pari a 20 kN/m².

Poiché le opere in oggetto sono classificabili, secondo il NTC 2008, come "Opere provvisorie – Opere provvisoriale – Strutture in fase costruttive", è prevista una vita nominale ≤ 10 anni. Premesso ciò e considerato che tali opere hanno una durata in progetto inferiore a 2 anni, per quanto riportato al §2.4.1-NTC 2008, le verifiche sismiche sono state omesse.

Le analisi di verifica della paratia sono state effettuate secondo le NTC 2008 tenendo conto di possibili SLU di tipo geotecnico e di tipo strutturale. Nello specifico sono state effettuate le verifiche dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per raggiungimento della resistenza del terreno con rotazione attorno ad un punto della paratia stessa;
 - sfilamento della fondazione dei tiranti;
 - instabilità globale dell'insieme terreno-opera.
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;
 - verifiche tiranti;
 - verifiche travi di ripartizione.

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

Le verifiche relative al dimensionamento geotecnico, ad eccezione della verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera, sono state effettuate con la combinazione 2 (A2+M2+R1) che prevede l'amplificazione delle azioni variabili e permanenti e la riduzione dei parametri di resistenza a taglio, mentre risultano unitari i coefficienti γ_R sulla resistenza globale del terreno.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera è stata effettuata con la combinazione A2+M2+R2 che prevede l'amplificazione delle azioni variabili e permanenti, la riduzione dei parametri di resistenza a taglio, e l'utilizzo di coefficienti γ_R sulla resistenza globale del terreno maggiori dell'unità.

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_M	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

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

		Coefficiente	EQU ⁽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

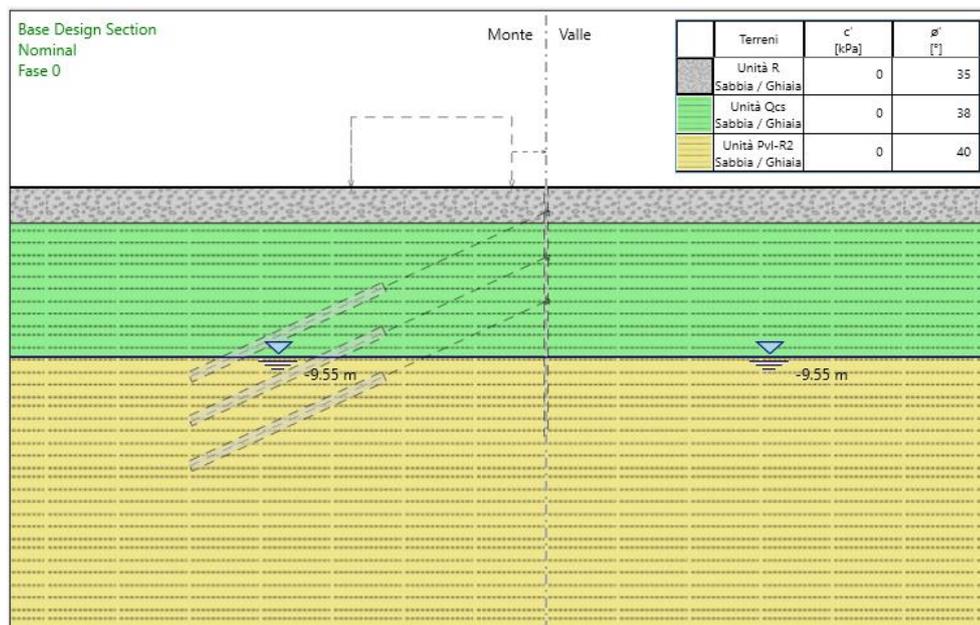
7 RISULTATI DELLE ANALISI

7.1 SEZIONE A-A

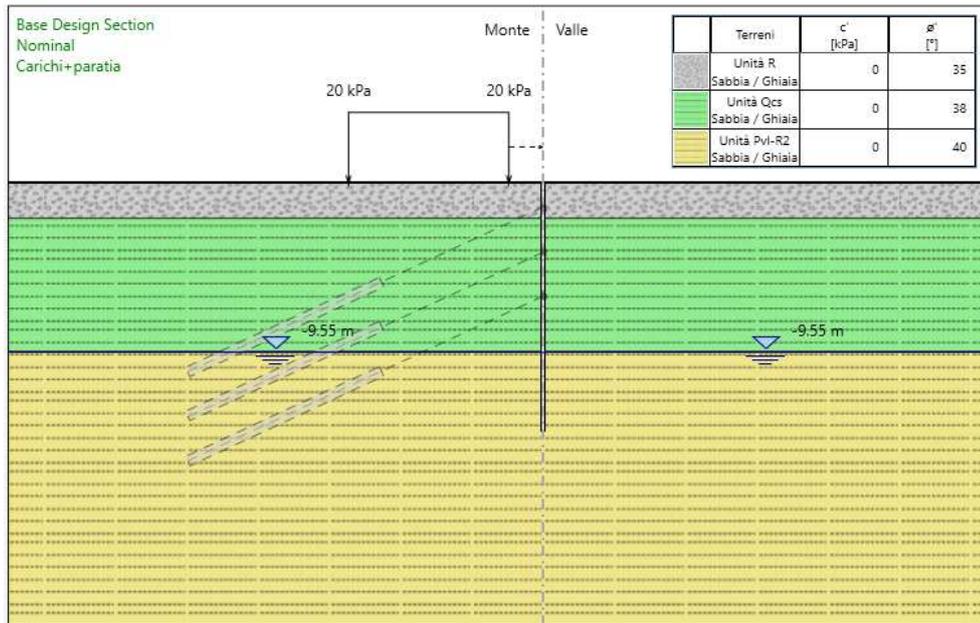
L'analisi si compone complessivamente di 9 fasi di calcolo:

7.1.1 Fasi di calcolo

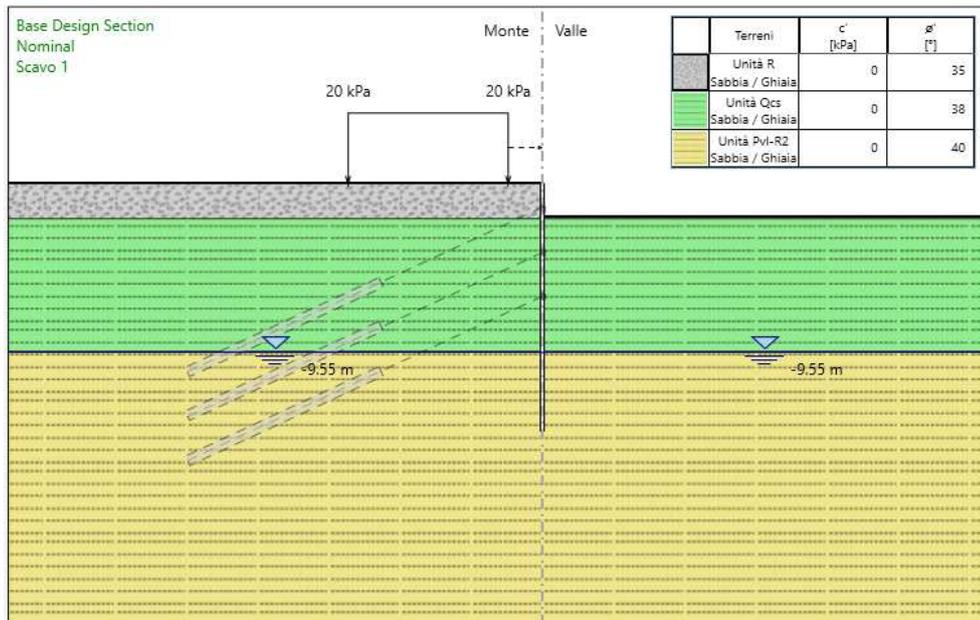
- 1) Ricostruzione dello stato tensionale
- 2) Attivazione paratia di micropali, carichi variabili ($q=20$ kPa carico stradale)
- 3) Scavo di 1.90 m
- 4) Inserimento 1° livello di tiranti
- 5) Scavo di 4.40 m
- 6) Inserimento 2° livello di tiranti
- 7) Scavo di 6.90 m
- 8) Inserimento 3° livello di tiranti
- 9) Scavo di 9.55 m (fondo scavo)



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

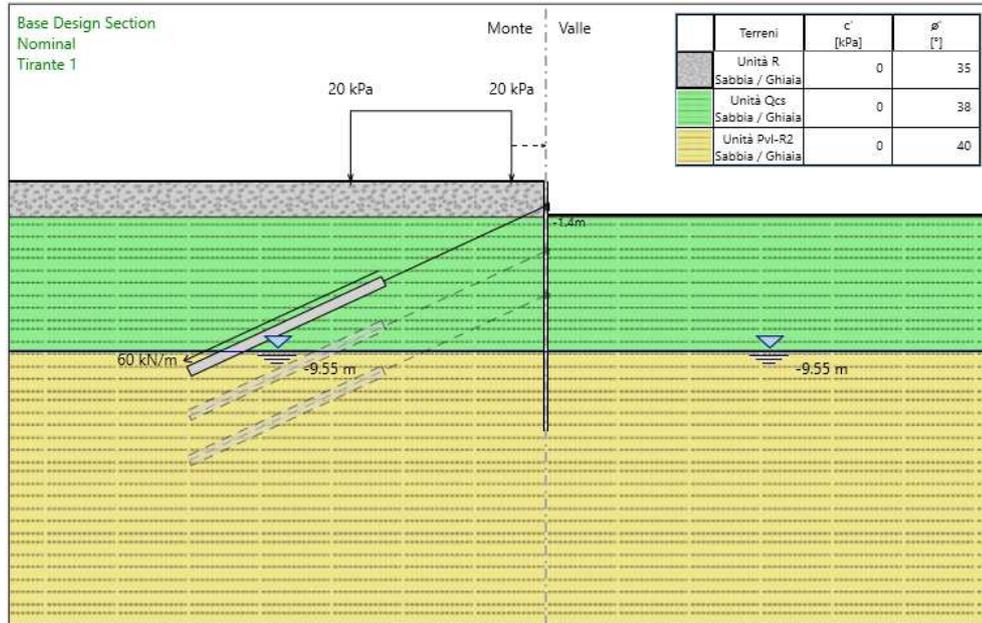


Fase 2

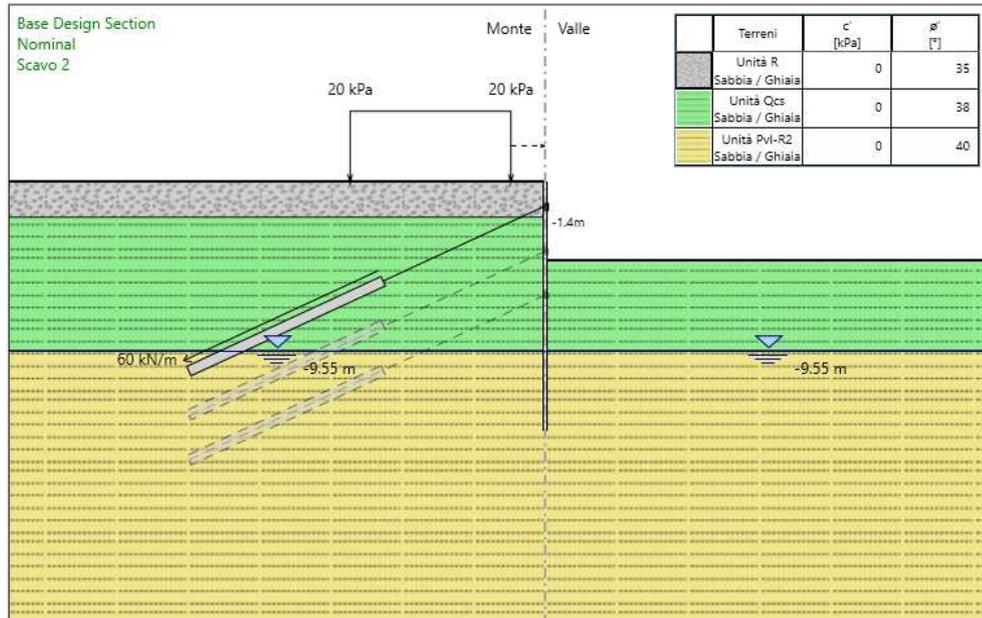


Fase 3

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

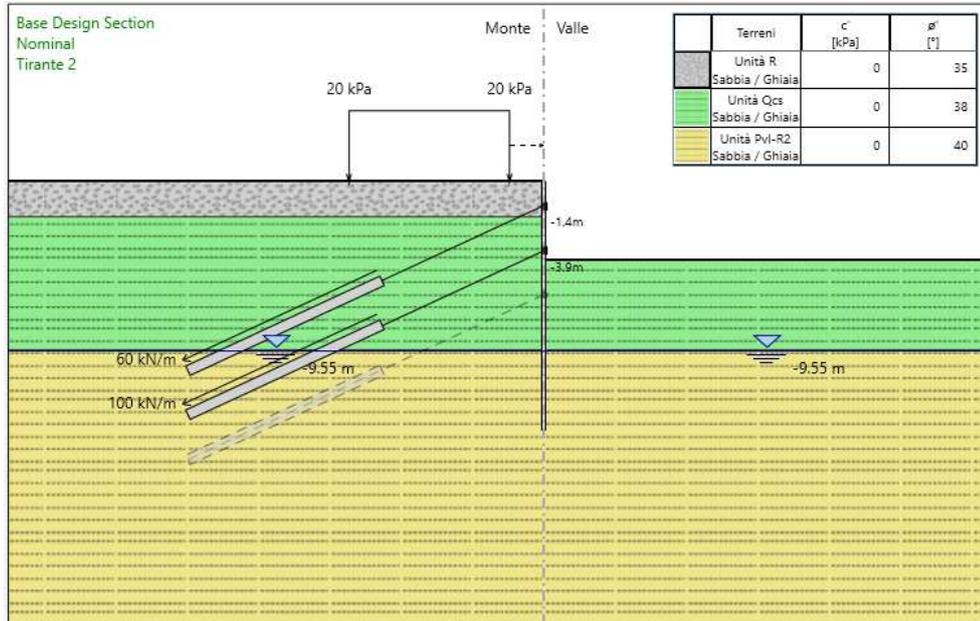


Fase 4

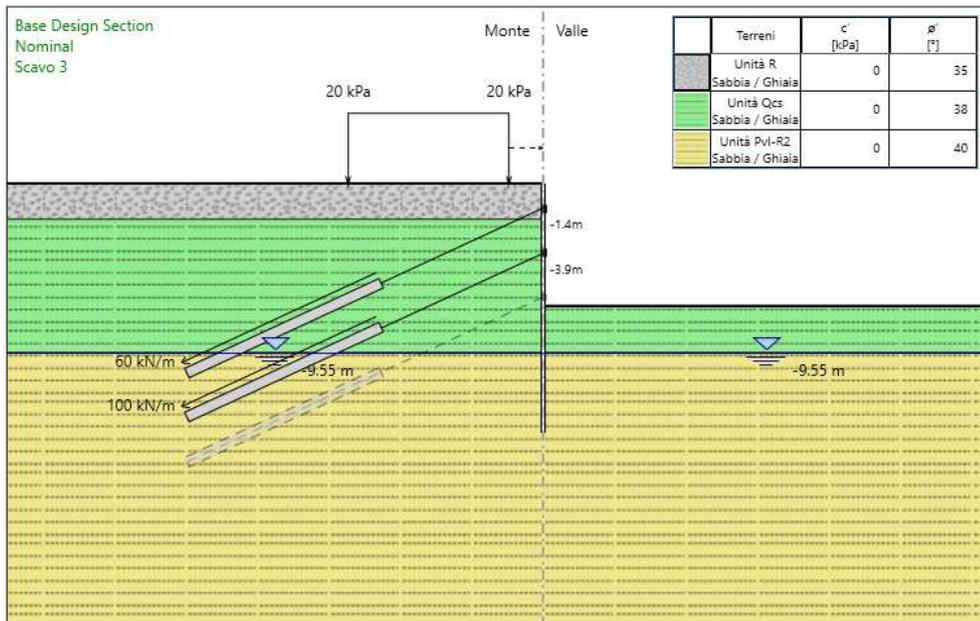


Fase 5

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

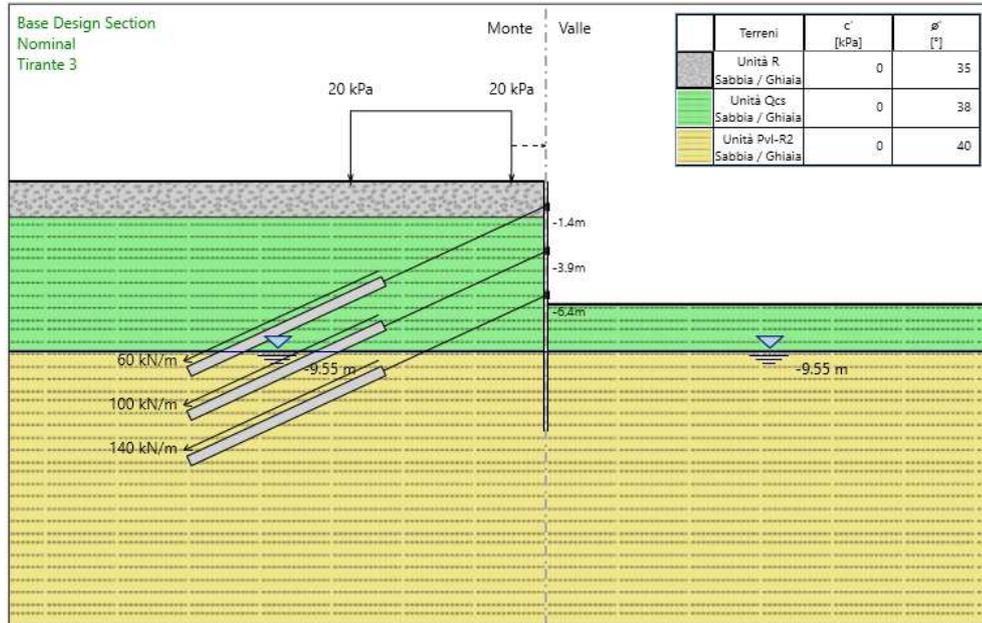


Fase 6

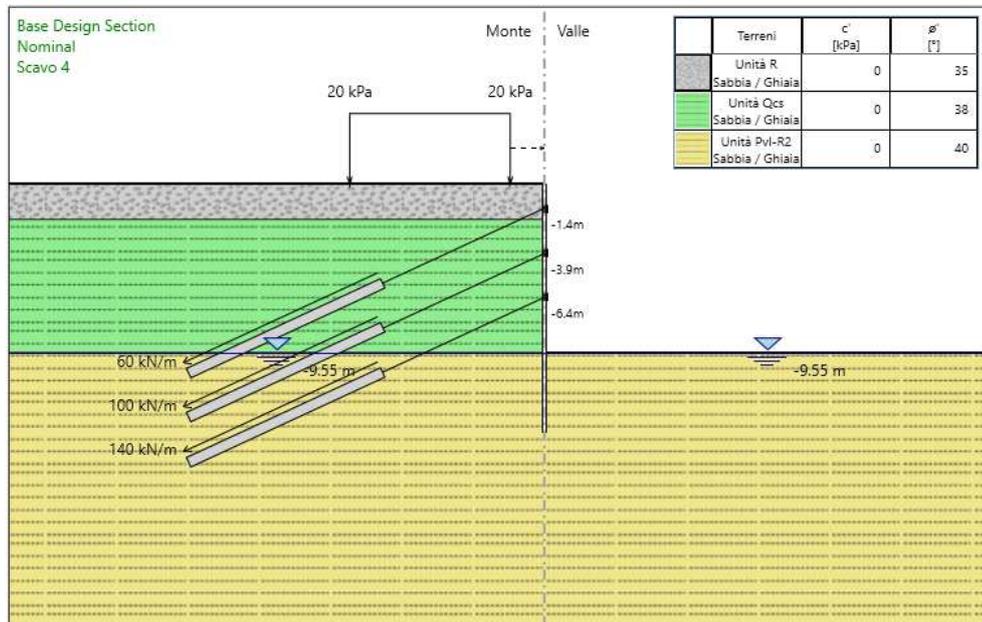


Fase 7

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI



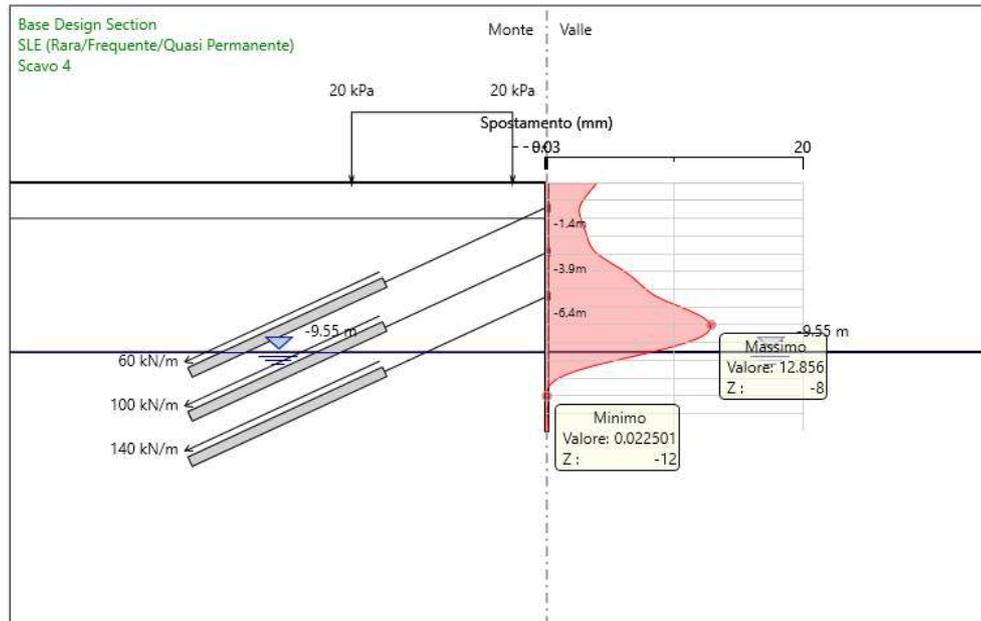
Fase 8



Fase 9

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

7.1.2 Spostamenti orizzontali SLE

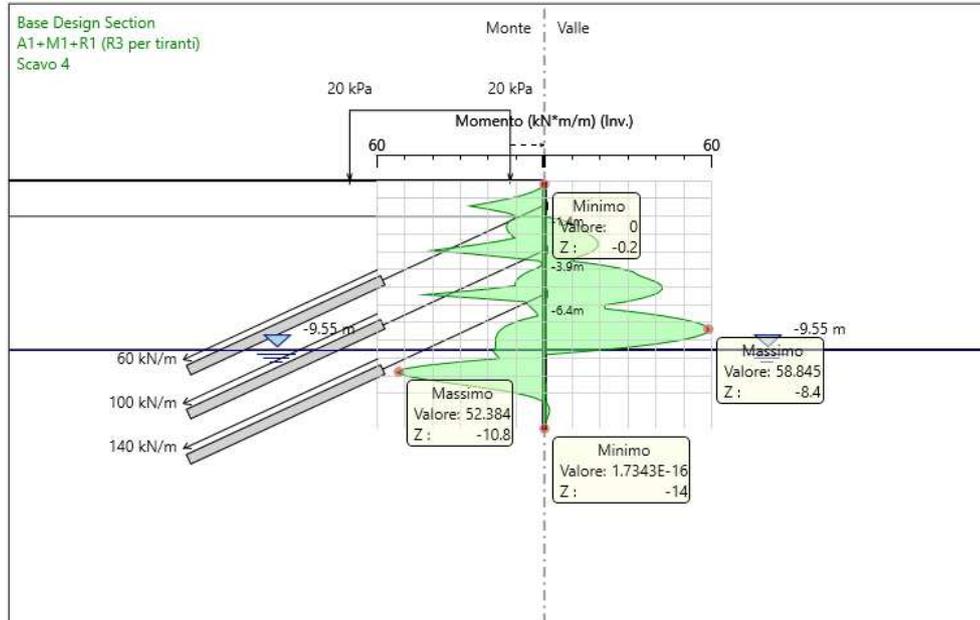


Spostamenti orizzontali SLE

Il massimo spostamento orizzontale SLE è pari a 12.9 mm.

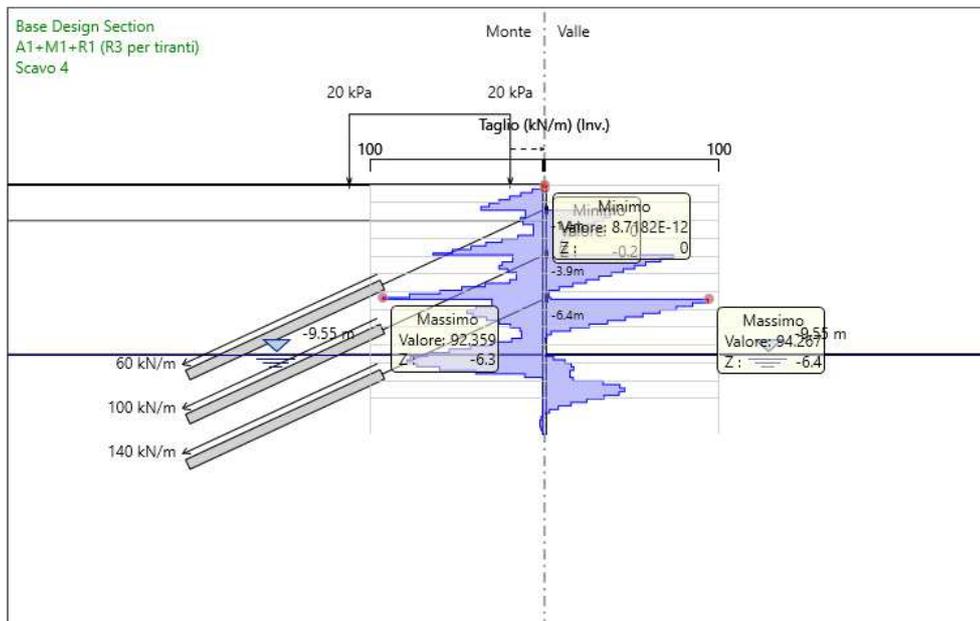
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

7.1.3 Involuppo sollecitazioni SLU



Involuppo momento flettente SLU

Il massimo momento flettente SLU è pari a 58.8 kNm/m.



Involuppo taglio SLU

Il massimo taglio allo SLU è pari a 94.3 kN/m.

8 VERIFICHE

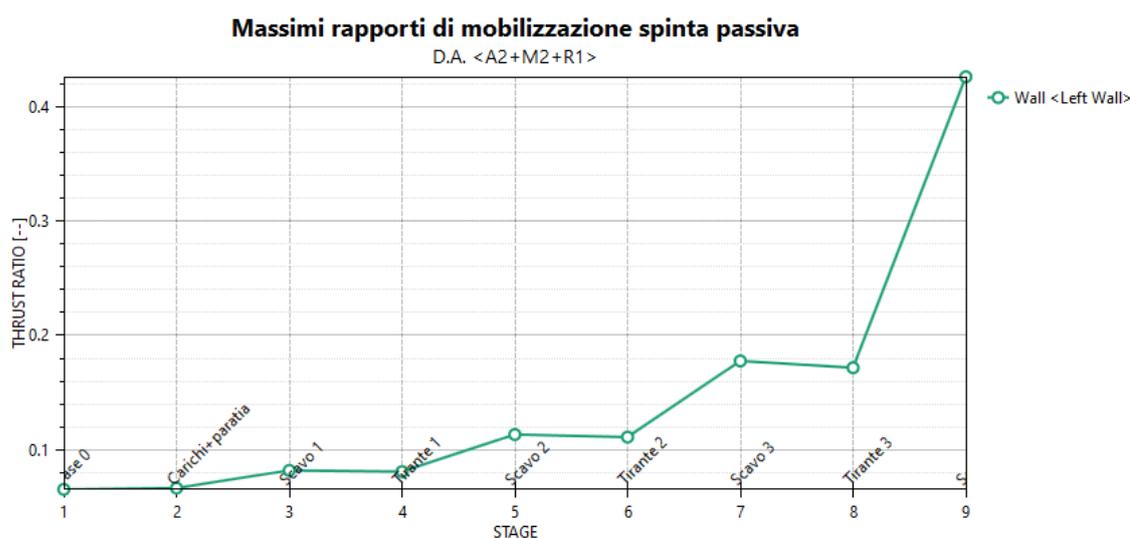
8.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

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

Un modo indiretto per valutare la capacità geotecnica della struttura, consiste nel valutare la percentuale di mobilitazione della spinta passiva relativa al tratto infisso di paratia. L'entità di tale rapporto permette di valutare il livello di sfruttamento geotecnico della struttura rispetto le condizioni limite. Naturalmente tale rapporto deve essere minore o uguale all'unità, affinché non sia violato il criterio di resistenza della struttura. Relativamente alle configurazioni caratterizzate dalla possibilità di un cinematiso di rottura che coinvolga la struttura di sostegno è stata altresì verificata la stabilità globale.

8.1.1 Sezione A-A

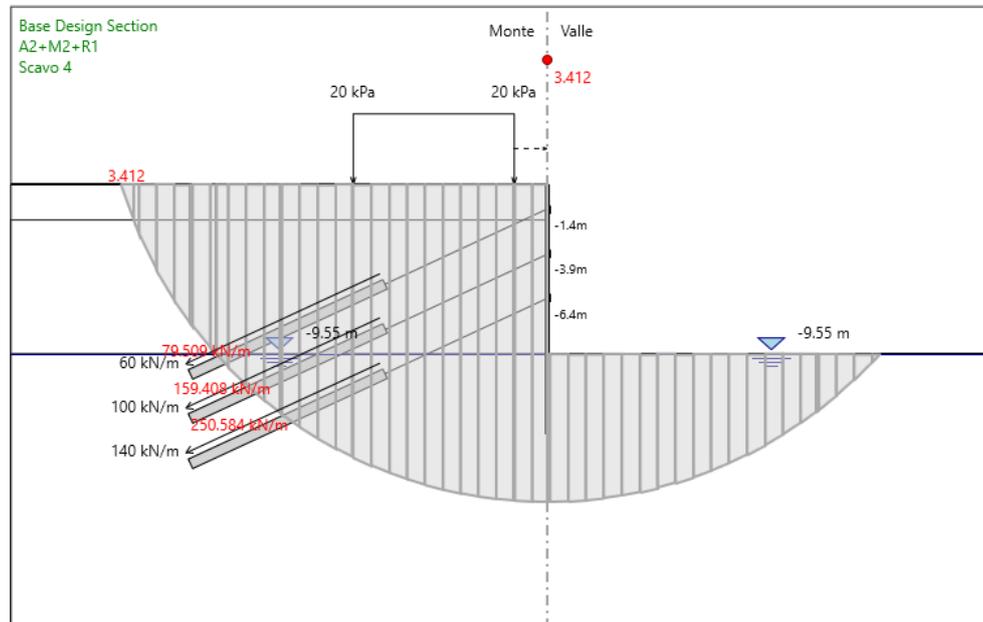
8.1.1.1 Stabilità dello scavo



Per la sezione di riferimento il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari a 0.43.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

8.1.1.2 Stabilità globale



Stabilità globale: superficie critica

Il minimo coefficiente di sicurezza nei confronti della stabilità globale è:

$$FS = 3.412 > \gamma_R = 1.10$$

8.2 VERIFICHE STRUTTURALI

La verifica dei tubi di armatura dei micropali viene eseguita secondo il criterio valido per sezioni compatte (classe 1 o 2) con il metodo plastico. La capacità resistente delle sezioni deve essere valutata nei confronti delle sollecitazioni di trazione o compressione, flessione, taglio e torsione, determinando anche gli effetti indotti sulla resistenza dalla presenza combinata di più sollecitazioni. Il metodo può applicarsi solo a sezioni di tipo compatto, cioè di classe 1 e 2.

Per la verifica strutturale della trave di ripartizione il momento flettente di calcolo dovrà rispettare la seguente condizione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

La resistenza di calcolo a flessione retta della sezione $M_{c,Rd}$ vale per le sezioni di classe 1 e 2

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Il taglio di calcolo T_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

$$\frac{T_{Ed}}{T_{c,Rd}} \leq 1$$

La resistenza di calcolo taglio della sezione $T_{c,Rd}$ vale:

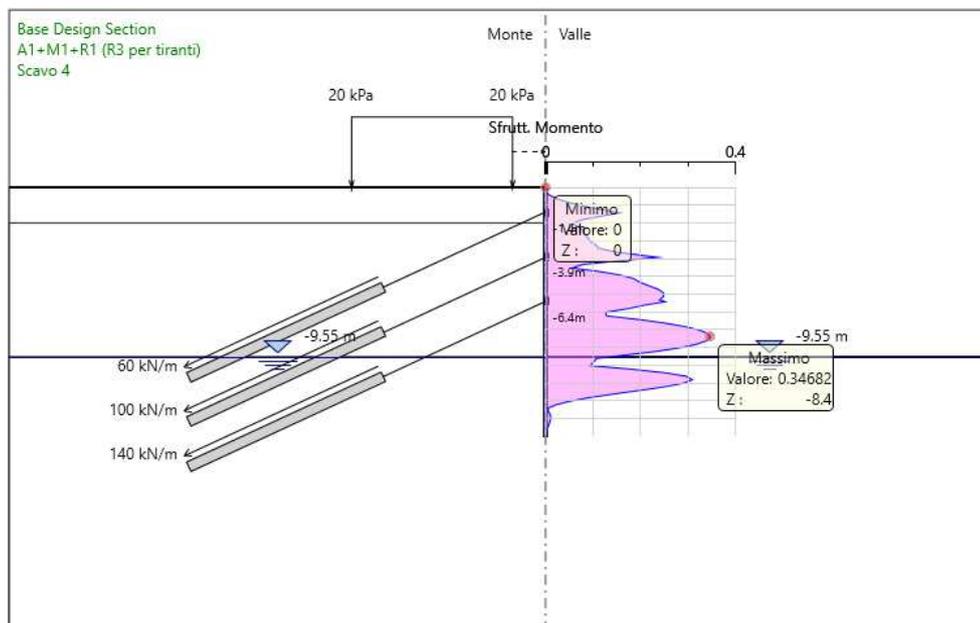
$$T_{c,Rd} = \frac{A_v * f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

Ove A_v è l'area di taglio della sezione del profilato.

8.2.1 Sezione A-A

8.2.1.1 Micropali

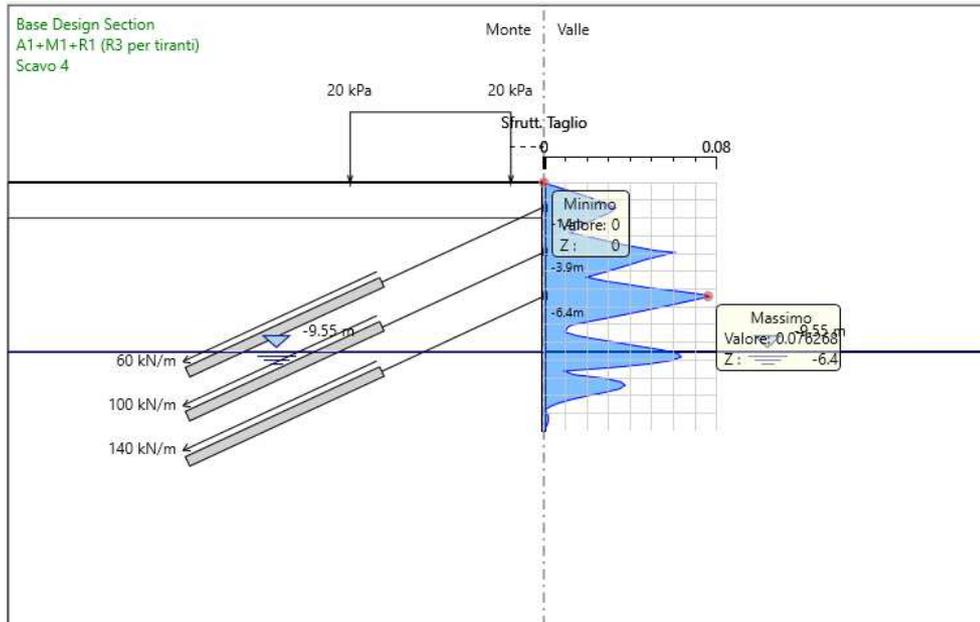
L'armatura dei micropali è costituita da tubolari $\Phi 168.3 \times 10$ mm posti ad un interasse di 50 cm. Nelle figure seguenti sono riportati gli involuipi dei tassi di sfruttamento della sezione.



Involuppo sfruttamento a momento flettente

Il massimo sfruttamento a flessione del tubolare è pari al 34.7%.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

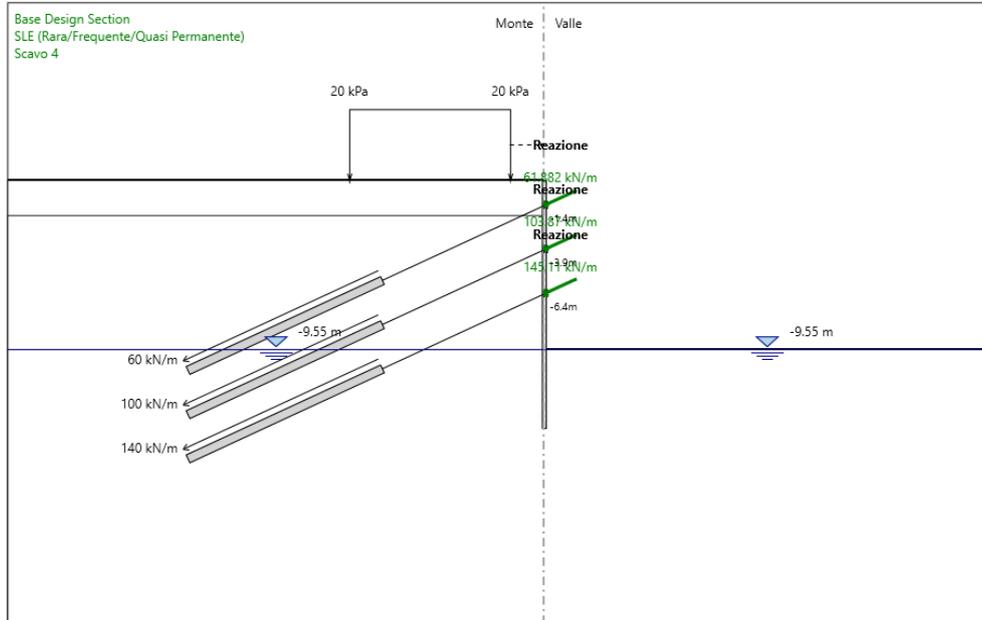


Inviluppo sfruttamento a taglio

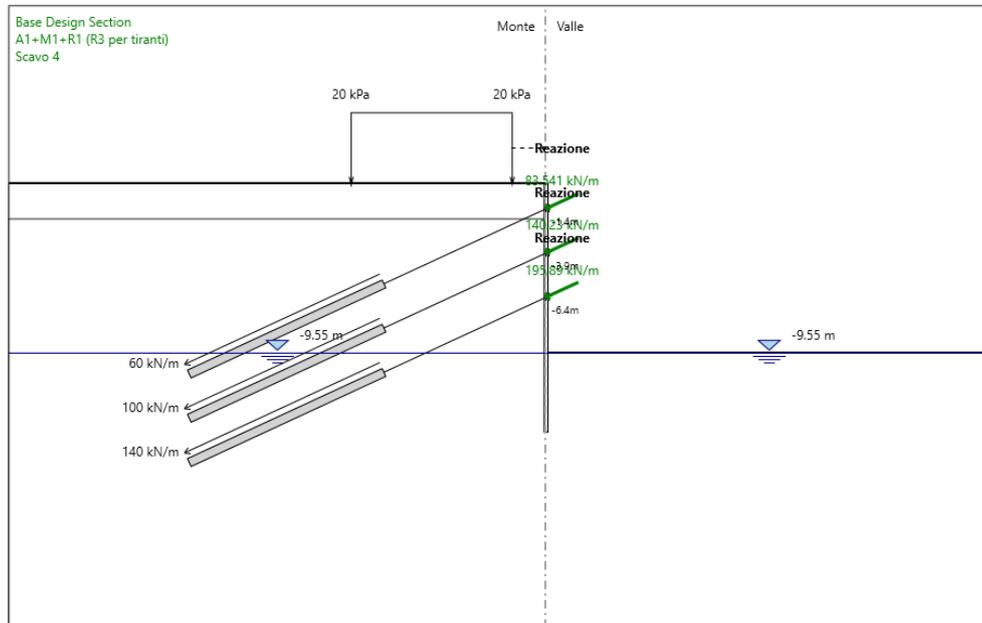
Il massimo sfruttamento a taglio del tubolare è pari al 7.6%.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

8.2.1.2 Tiranti



Inviluppo SLE: azioni sui tiranti per metro lineare di paratia



Inviluppo SLU: azioni sui tiranti per metro lineare di paratia

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Le verifiche sulle tensioni iniziali (σ_{spi}) e di esercizio (σ_{sp}) dei trefoli devono rispettare le seguenti limitazioni:

$$\text{trefoli} \begin{cases} \sigma_{spi} \leq [\min(0,85 f_{p(1)k} ; 0,75 f_{ptk})] \\ \sigma_{sp} \leq 0,80 f_{p(1)k} \end{cases}$$

Nella seguente tabella sono riportate le verifiche tensionali allo SLE dei trefoli di armatura.

Livello	n° trefoli 0.6"	As [mm ²]	Condizioni iniziali				Condizioni di esercizio			
			Pretiro [kN]	σ_{spi}	$\sigma_{spi,lim}$	Verifica	N _{SLE} [kN]	σ_{sp}	$\sigma_{sp,lim}$	Verifica
				[N/mm ²]	[N/mm ²]	$\sigma_{spi} / \sigma_{spi,lim}$		[N/mm ²]	[N/mm ²]	$\sigma_{sp} / \sigma_{sp,lim}$
1°	4	556	150	269.8	1395.0	0.193	154.7	278.2	1336.0	0.208
2°	4	556	250	449.6	1395.0	0.322	259.7	467.0	1336.0	0.350
3°	4	556	350	629.5	1395.0	0.451	362.8	652.5	1336.0	0.488

Nella tabella sottostante, invece, è evidenziato l'involuppo delle verifiche strutturali e geotecniche dei tiranti allo SLU.

Design Assumption:

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
Tirante 1	Tirante 1	202.5	1256.6	807.41	0.161	0.251	✓
Tirante 1	Scavo 2	208.85	1256.6	807.41	0.166	0.259	✓
Tirante 1	Tirante 2	208.76	1256.6	807.41	0.166	0.259	✓
Tirante 1	Scavo 3	206.48	1256.6	807.41	0.164	0.256	✓
Tirante 1	Tirante 3	206.99	1256.6	807.41	0.165	0.256	✓
Tirante 1	Scavo 4	207.05	1256.6	807.41	0.165	0.256	✓
Tirante 2	Tirante 2	337.5	1256.6	807.41	0.269	0.418	✓
Tirante 2	Scavo 3	350.58	1256.6	807.41	0.279	0.434	✓
Tirante 2	Tirante 3	349.39	1256.6	807.41	0.278	0.433	✓
Tirante 2	Scavo 4	347.35	1256.6	807.41	0.276	0.43	✓
Tirante 3	Tirante 3	472.5	1256.6	807.41	0.376	0.585	✓
Tirante 3	Scavo 4	489.73	1256.6	807.41	0.39	0.607	✓

Per quanto concerne la verifica geotecnica dei tiranti sono stati utilizzati i seguenti parametri:

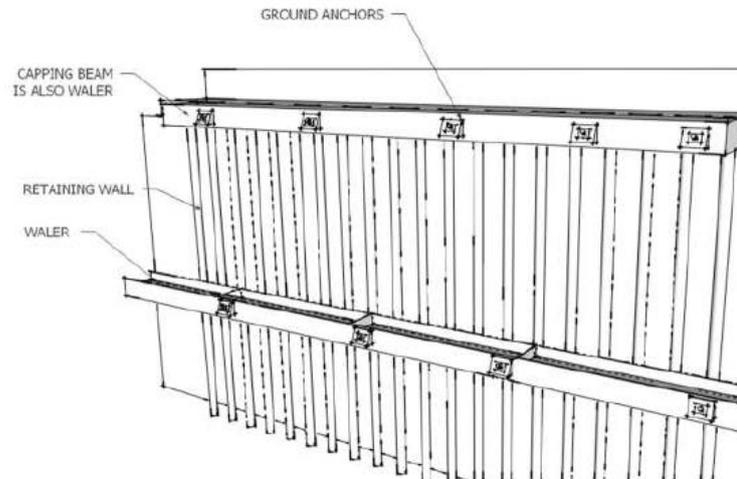
- Unità Qcs:
 - $\alpha = 1.1$
 - $q_s = 300 \text{ kPa}$
- Unità Pvl-R2:
 - $\alpha = 1.1$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

– $q_s = 300 \text{ kPa}$

con $\xi_{a3} = 1.80$ (una verticale indagata) e $\gamma_{Ra,t} = 1.1$ (tiranti temporanei).

8.2.1.3 Travi di ripartizione



Il passo S dei tiranti corrisponde alla luce di calcolo della trave di ripartizione. Sia q la reazione, per unità di larghezza nel vincolo. La reazione complessiva Q nel tirante è quindi pari a

$$Q = q \cdot S$$

A favore di sicurezza per la trave di ripartizione si considera lo schema statico di trave appoggiata.

Le travi di ripartizione sono costituite da 2 HEA200. Di seguito si riportano le verifiche strutturali.

Design Assumption:

Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità
Tr Rip 1	Tirante 1	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Tirante 1	81	0	0.343	0.182	0
Tr Rip 1	Tirante 1	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Scavo 2	83.541	0	0.353	0.187	0
Tr Rip 1	Tirante 1	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Tirante 2	83.504	0	0.353	0.187	0
Tr Rip 2	Tirante 2	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Tirante 2	135	0	0.571	0.303	0
Tr Rip 1	Tirante 1	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Scavo 3	82.592	0	0.349	0.185	0
Tr Rip 2	Tirante 2	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Scavo 3	140.23	0	0.593	0.314	0
Tr Rip 1	Tirante 1	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Tirante 3	82.797	0	0.35	0.186	0
Tr Rip 2	Tirante 2	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Tirante 3	139.76	0	0.591	0.313	0
Tr Rip 3	Tirante 3	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Tirante 3	189	0	0.799	0.424	0
Tr Rip 1	Tirante 1	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Scavo 4	82.82	0	0.35	0.186	0
Tr Rip 2	Tirante 2	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Scavo 4	138.94	0	0.588	0.312	0
Tr Rip 3	Tirante 3	HE 200A	S355	2.5	A1+M1+R1	Scavo 4	195.89	0	0.829	0.439	0

9 DICHIARAZIONI SECONDO §10.2 DELLE NTC2008

Tipo di analisi svolta

Il software analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l'accento sull'aspetto dell'interazione "locale" fra parete e terreno. Scopo precipuo è quindi il calcolo delle azioni flettenti e taglianti e delle deformazioni laterali della parete di sostegno, e la valutazione di tutte quelle grandezze a queste connesse.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l'effettivo comportamento dell'opera di sostegno.

La simulazione numerica è quella offerta dal metodo degli elementi finiti. La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Il codice di calcolo utilizzato è ParatiePlus v. 2020 prodotto dalla Ce.A.S. srl.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

10 ALLEGATI

10.1 SEZIONE A-A

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL
Quota : 0 m
OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL
Quota : -2 m
OCR : 1

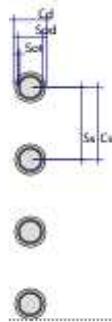
Tipo : HORIZONTAL
Quota : -9.55 m
OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry kN/m ³	γ sat kN/m ³	ϕ' °	ϕ °	c kPa	c_u kPa	Modulo Elastico	E_u	E_{vc} kPa	E_{ur} kPa	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur
1	Unità R	19	20	35		0		Constant		30000	48000									
2	Unità Qcs	20	21	38		0		Constant		50000	80000									
3	Unità Pvl-R2	24	25	40		0		Constant		450000	720000									

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

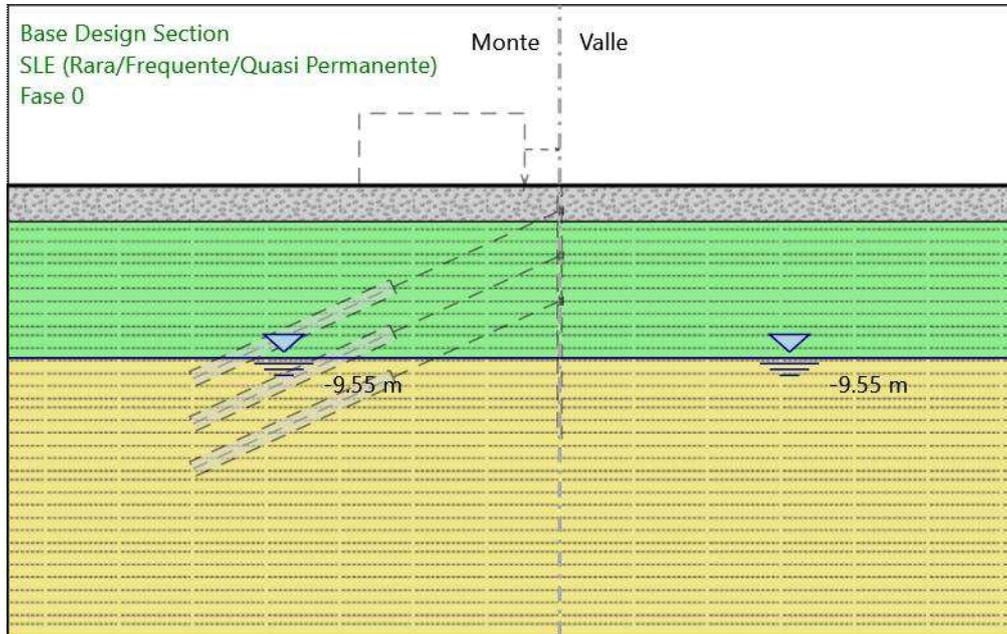
Descrizione Pareti
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Muro di sinistra

Sezione : MP 220/0.5 - 168.3x10
Area equivalente : 0.0135833352610854 m
Inerzia equivalente : 0 m⁴/m
Materiale calcestruzzo : C25/30
Tipo sezione : Tangent
Spaziatura : 0.5 m
Diametro : 0.22 m
Efficacia : 0.45
Materiale acciaio : S355
Sezione : 0.1683x0.01
Tipo sezione : O
Spaziatura : 0.5 m
Spessore : 0.01 m
Diametro : 0.1683 m



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Fasi di Calcolo
Fase 0



Fase 0
Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : 0 m

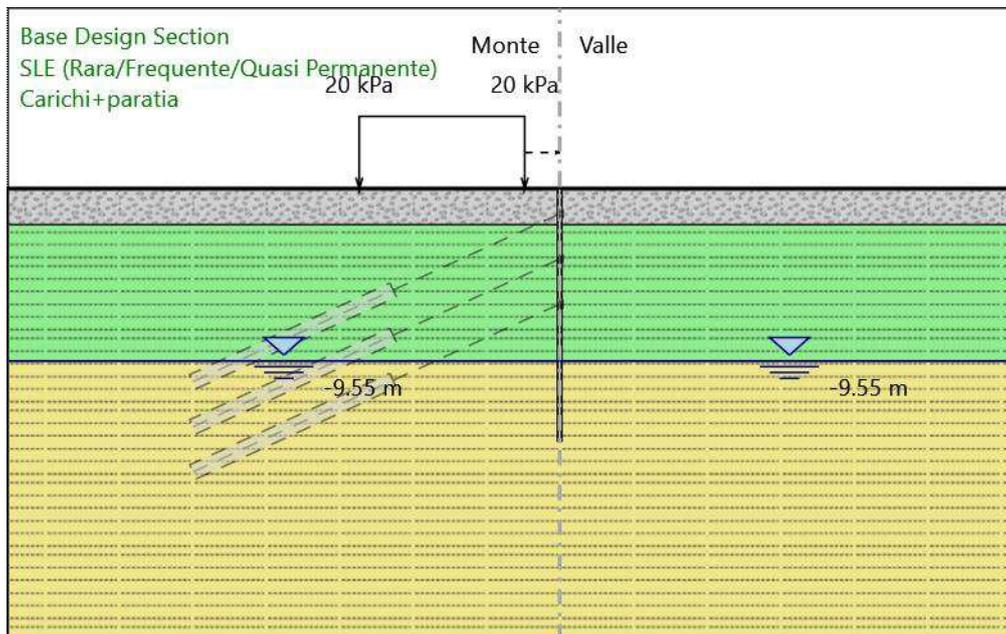
Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)
0 m
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.55 m
Falda di destra : -9.55 m

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Carichi+paratia



Carichi+paratia
Scavo

Muro di sinistra
Lato monte : 0 m
Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)
0 m
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.55 m
Falda di destra : -9.55 m

Carichi

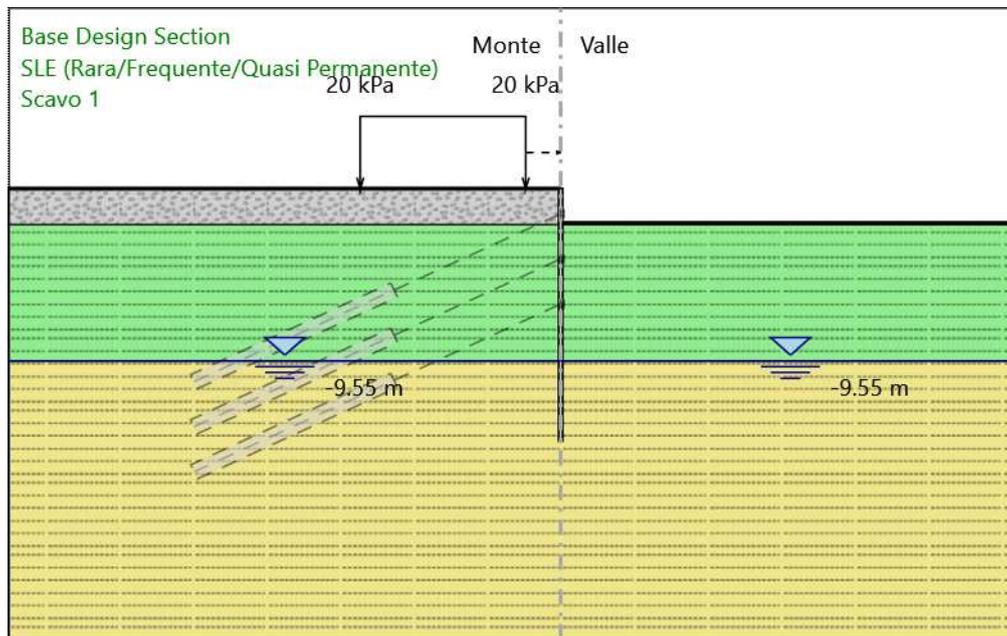
Carico lineare in superficie : Carico stradale
X iniziale : -10.9 m
X finale : -1.9 m
Pressione iniziale : 20 kPa
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement-sx
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : MP 220/0.5 - 168.3x10

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Scavo 1



Scavo 1
Scavo

Muro di sinistra
Lato monte : 0 m
Lato valle : -1.9 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)
0 m
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-1.9 m

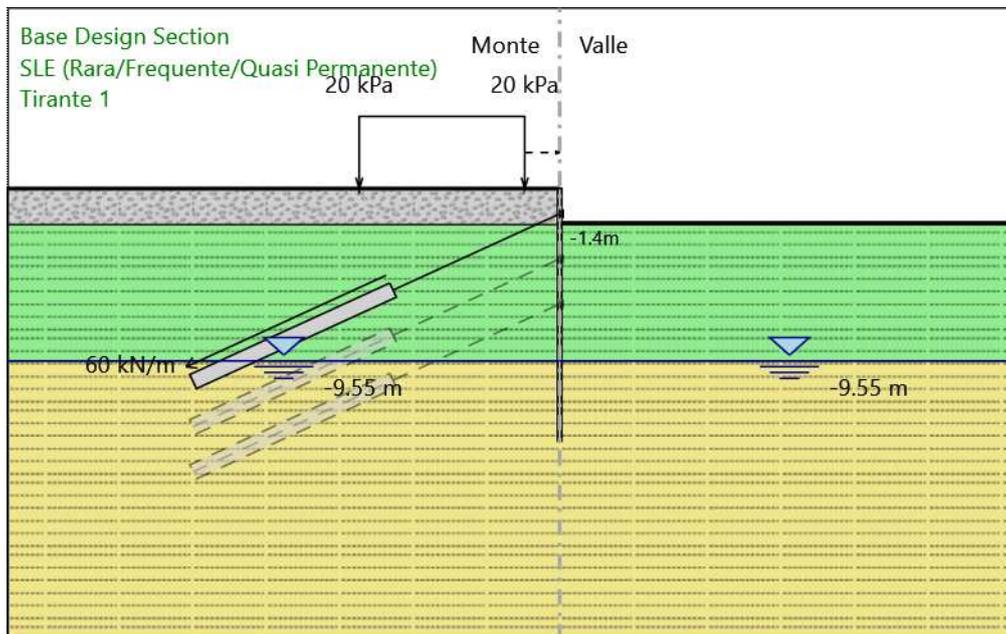
Falda acquifera
Falda di sinistra : -9.55 m
Falda di destra : -9.55 m

Carichi
Carico lineare in superficie : Carico stradale
X iniziale : -10.9 m
X finale : -1.9 m
Pressione iniziale : 20 kPa
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali
Paratia : WallElement-sx
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : MP 220/0.5 - 168.3x10

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Tirante 1



Tirante 1
Scavo

Muro di sinistra
Lato monte : 0 m
Lato valle : -1.9 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)
0 m
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-1.9 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.55 m
Falda di destra : -9.55 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico stradale
X iniziale : -10.9 m
X finale : -1.9 m
Pressione iniziale : 20 kPa
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

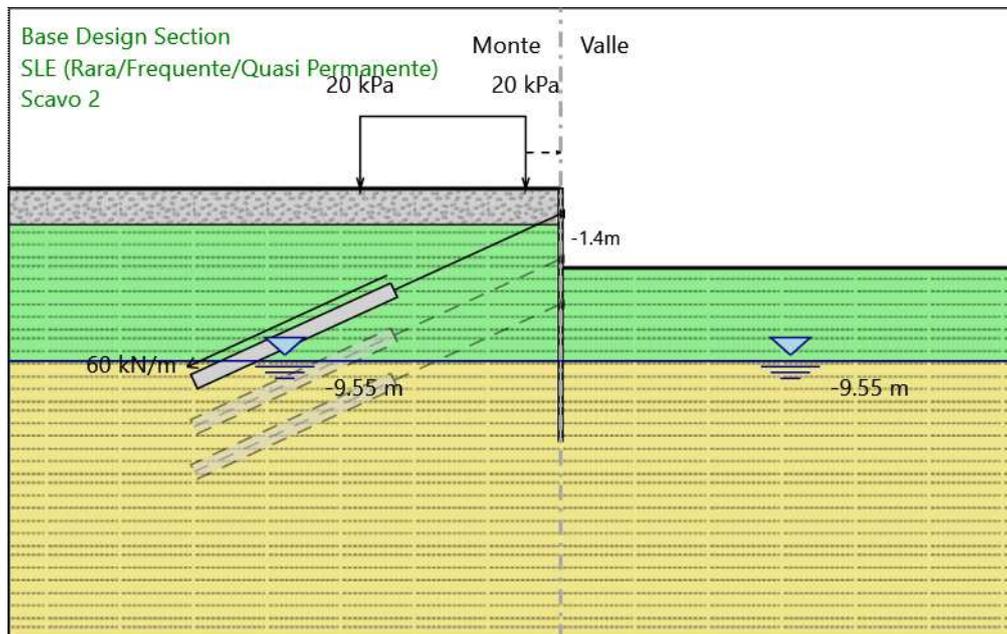
Paratia : WallElement-sx
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : MP 220/0.5 - 168.3x10

Tirante : Tirante 1
X : 0 m
Z : -1.4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Precarico : 150 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : Tr Rip 1
Sezione : 2 HEA200
HE 200A
Materiale : S355

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Scavo 2



Scavo 2
Scavo

Muro di sinistra
Lato monte : 0 m
Lato valle : -4.4 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)
0 m
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-4.4 m

Falda acquifera
Falda di sinistra : -9.55 m
Falda di destra : -9.55 m

Carichi
Carico lineare in superficie : Carico stradale
X iniziale : -10.9 m
X finale : -1.9 m
Pressione iniziale : 20 kPa
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali
Paratia : WallElement-sx
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : MP 220/0.5 - 168.3x10
Tirante : Tirante 1
X : 0 m
Z : -1.4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Precarico : 150 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²
Trave di Ripartizione : Tr Rip 1
Sezione : 2 HEA200
HE 200A
Materiale : S355

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

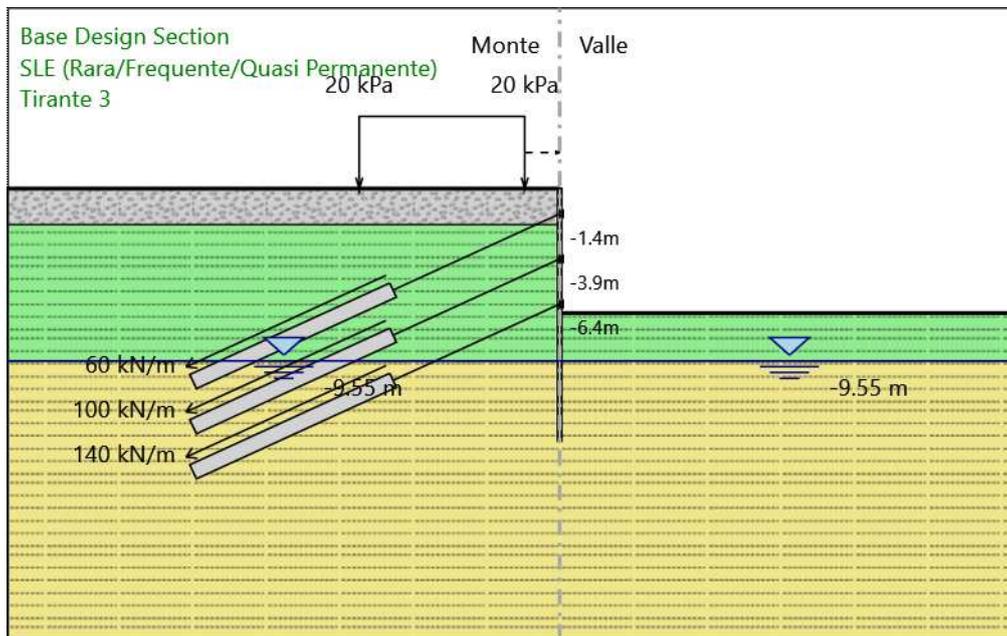
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Prezarico : 250 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
 Tipo di barre : Barre trefoli
 Numero di barre : 4
 Diametro : 0.01331 m
 Area : 0.000556 m²
Trave di Ripartizione : Tr Rip 2
Sezione : 2 HEA200
 HE 200A
 Materiale : S355

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Prezarico : 250 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
 Tipo di barre : Barre trefoli
 Numero di barre : 4
 Diametro : 0.01331 m
 Area : 0.000556 m²
Trave di Ripartizione : Tr Rip 2
 Sezione : 2 HEA200
 HE 200A
 Materiale : S355

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Tirante 3



Tirante 3
Scavo

Muro di sinistra
Lato monte : 0 m
Lato valle : -6.9 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)
0 m
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-6.9 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.55 m
Falda di destra : -9.55 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico stradale
X iniziale : -10.9 m
X finale : -1.9 m
Pressione iniziale : 20 kPa
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement-sx
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : MP 220/0.5 - 168.3x10

Tirante : Tirante 1
X : 0 m
Z : -1.4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Precarico : 150 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : Tr Rip 1
Sezione : 2 HEA200
HE 200A
Materiale : S355

Tirante : Tirante 2
X : 0 m
Z : -3.9 m

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Precarico : 250 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

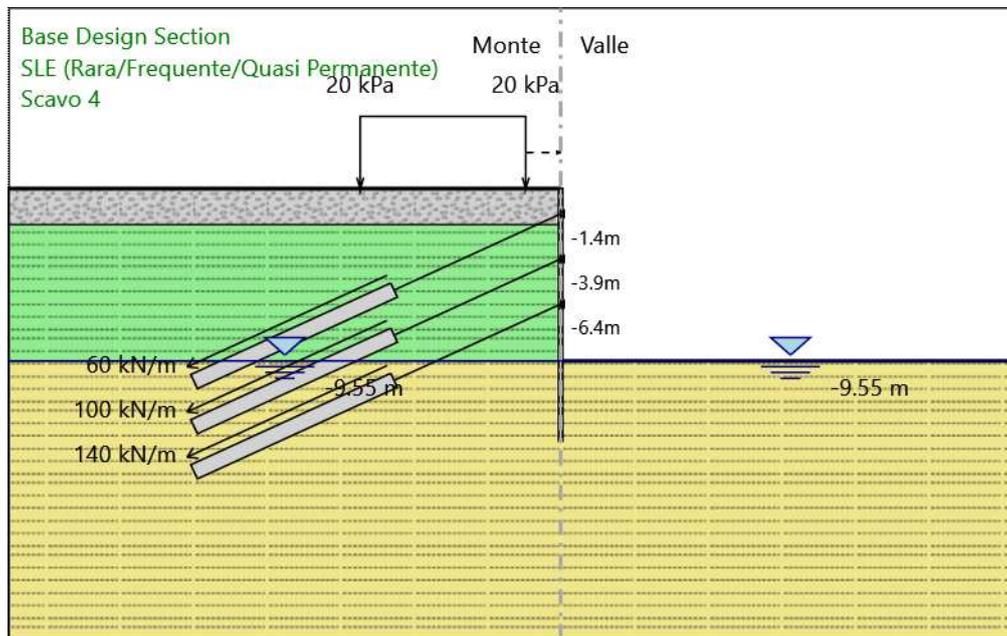
Trave di Ripartizione : Tr Rip 2
Sezione : 2 HEA200
HE 200A
Materiale : S355

Tirante : Tirante 3
X : 0 m
Z : -6.4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Precarico : 350 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : Tr Rip 3
Sezione : 2 HEA200
HE 200A
Materiale : S355

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Scavo 4



Scavo 4
Scavo

Muro di sinistra
Lato monte : 0 m
Lato valle : -9.55 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)
0 m
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-9.55 m

Falda acquifera
Falda di sinistra : -9.55 m
Falda di destra : -9.55 m

Carichi
Carico lineare in superficie : Carico stradale
X iniziale : -10.9 m
X finale : -1.9 m
Pressione iniziale : 20 kPa
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali
Paratia : WallElement-sx
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : MP 220/0.5 - 168.3x10
Tirante : Tirante 1
X : 0 m
Z : -1.4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Prearico : 150 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²
Trave di Ripartizione : Tr Rip 1
Sezione : 2 HEA200
HE 200A
Materiale : S355
Tirante : Tirante 2
X : 0 m
Z : -3.9 m

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Precarico : 250 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : Tr Rip 2
Sezione : 2 HEA200
HE 200A
Materiale : S355

Tirante : Tirante 3
X : 0 m
Z : -6.4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.2 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.5 m
Precarico : 350 kN
Angolo : 25 °
Sezione : 4 strands
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : Tr Rip 3
Sezione : 2 HEA200
HE 200A
Materiale : S355

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_Water DR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_Water Res)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GD Stab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_G Stab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QD Stab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GD Stab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_G Stab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QD Stab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.35	1	1.35	0	0	1.35	1	1.1	0.9	1.5	1.3	0.9	1.5
A2+M2+R1	1	1	1.15	0	0	1	1	1.1	0.9	1.5	1.3	0.9	1.5

Nome	Parziale su $\tan(\phi)$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

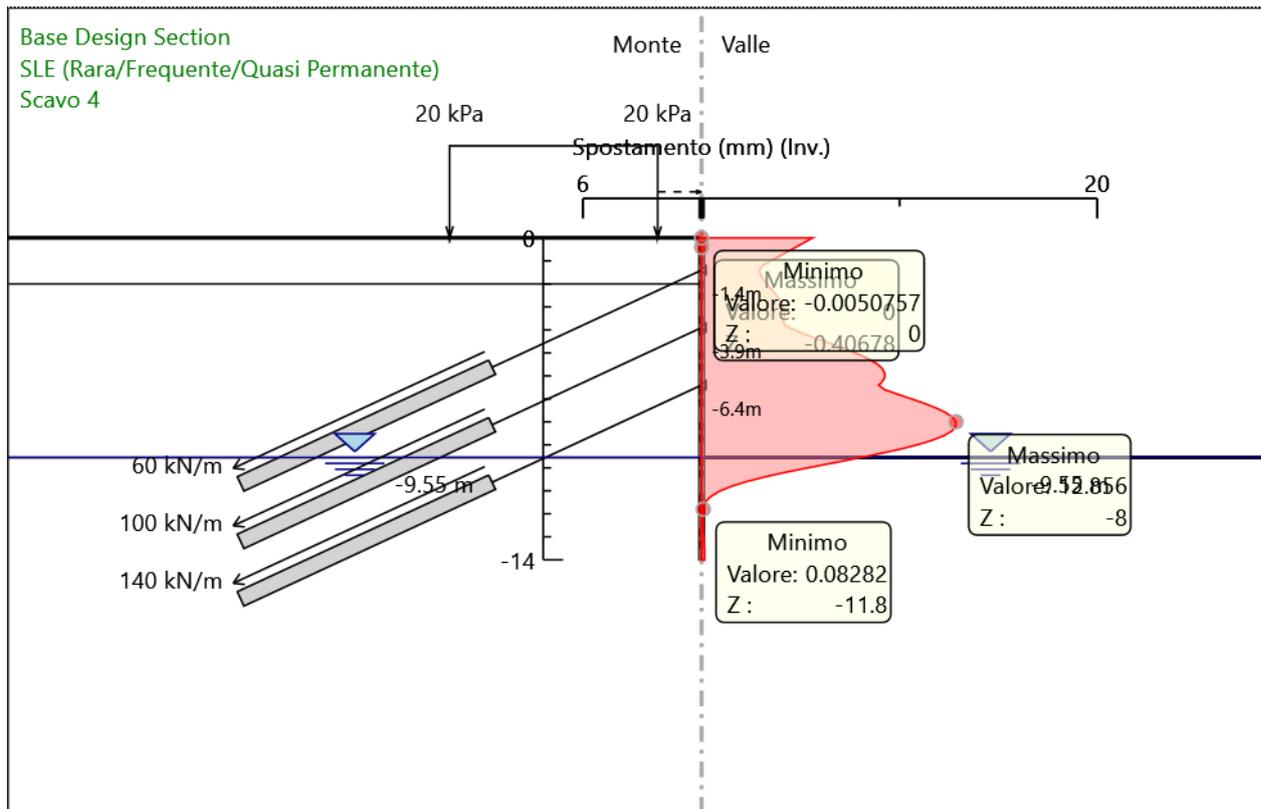
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)
Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

Z (m)	Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento	
	Lato sinistro (mm)	Muro: LEFT Lato destro (mm)
0	-0.005	5.615
-0.2	-0.003	5.193
-0.4	0	4.771
-0.6	0	4.349
-0.8	0	3.928
-1	0	3.509
-1.2	0	3.095
-1.4	0	2.914
-1.6	0	2.985
-1.8	0	3.12
-2	0	3.296
-2.2	0	3.493
-2.4	0	3.692
-2.6	0	3.875
-2.8	0	4.028
-3	0	4.138
-3.2	0	4.195
-3.4	0	4.193
-3.6	0	4.129
-3.8	0	4.22
-3.9	0	4.432
-4.1	0	4.947
-4.3	0	5.55
-4.5	0	6.198
-4.7	0	6.852
-4.9	0	7.477
-5.1	0	8.043
-5.3	0	8.524
-5.5	0	8.898
-5.7	0	9.15
-5.9	0	9.267
-6.1	0	9.245
-6.3	0	9.083
-6.4	0	8.95
-6.6	0	9.253
-6.8	0	9.919
-7	0	10.609
-7.2	0	11.271
-7.4	0	11.861
-7.6	0	12.342
-7.8	0	12.682
-8	0	12.856
-8.2	0	12.848
-8.4	0	12.646
-8.6	0	12.249
-8.8	0	11.66
-9	0	10.892
-9.2	0	9.966
-9.4	0	8.909
-9.6	0	7.758
-9.8	0	6.557
-10	0	5.357
-10.2	0	4.21
-10.4	0	3.163
-10.6	0	2.256
-10.8	0	1.514
-11	0	0.945
-11.2	0	0.537
-11.4	0	0.271
-11.6	0	0.116
-11.8	0	0.083
-12	0	0.087
-12.2	0	0.089
-12.4	0	0.091
-12.6	0	0.091
-12.8	0	0.107
-13	0	0.126
-13.2	0	0.139
-13.4	0	0.147
-13.6	0	0.153
-13.8	0	0.157
-14	0	0.16

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Grafico Involuppi Spostamento



Spostamento

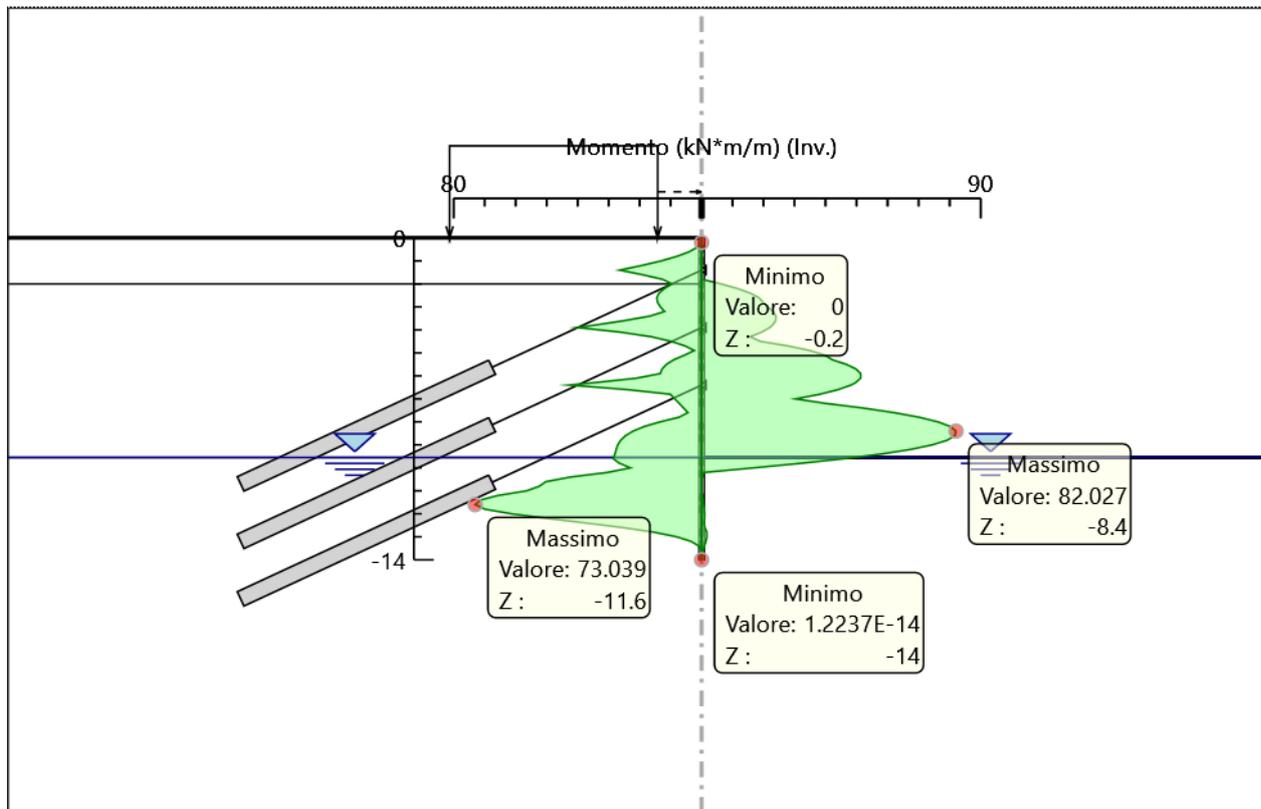
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Tabella Involuppi Momento WallElement-sx

Design Assumption: Nominal	Involuppi: Momento	Muro: WallElement-sx
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	1.33	0
-0.6	3.977	0
-0.8	7.911	0
-1	13.063	0
-1.2	19.323	0.013
-1.4	26.485	0.056
-1.6	19.155	0.091
-1.8	12.645	0.1
-2	9.57	6.188
-2.2	11.967	11.496
-2.4	13.728	15.639
-2.6	14.46	18.459
-2.8	14.23	19.838
-3	13.319	21.319
-3.2	11.952	23.067
-3.4	16.711	23.94
-3.6	25.051	23.885
-3.8	34.84	22.848
-3.9	40.135	21.942
-4.1	26.123	19.336
-4.3	16.12	15.619
-4.5	9.841	18.959
-4.7	5.311	27.996
-4.9	2.397	34.965
-5.1	5.55	39.707
-5.3	8.997	42.177
-5.5	11.358	46.706
-5.7	12.754	49.764
-5.9	13.362	51.301
-6.1	20.969	51.265
-6.3	35.01	49.607
-6.4	42.68	48.15
-6.6	23.826	43.965
-6.8	10.066	38.038
-7	8.661	30.324
-7.2	7.22	40.202
-7.4	5.802	52.147
-7.6	4.446	62.164
-7.8	7.338	70.208
-8	13.436	76.231
-8.2	18.48	80.186
-8.4	22.089	82.027
-8.6	24.549	81.707
-8.8	26.122	79.178
-9	27.048	74.393
-9.2	27.56	67.305
-9.4	27.961	57.868
-9.6	28.513	46.033
-9.8	26.518	32.119
-10	22.981	16.816
-10.2	30.434	0.81
-10.4	42.398	0
-10.6	50.22	0
-10.8	52.384	0.015
-11	56.456	0.052
-11.2	65.642	0.054
-11.4	71.399	0.443
-11.6	73.039	0.637
-11.8	69.874	0.918
-12	61.216	0.988
-12.2	49.737	0.927
-12.4	37.251	0.806
-12.6	25.262	1.031
-12.8	15.304	1.683
-13	8.021	1.694
-13.2	3.366	1.361
-13.4	0.876	0.899
-13.6	0.009	0.456
-13.8	0.004	0.164
-14	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Grafico Involuppi Momento



Momento

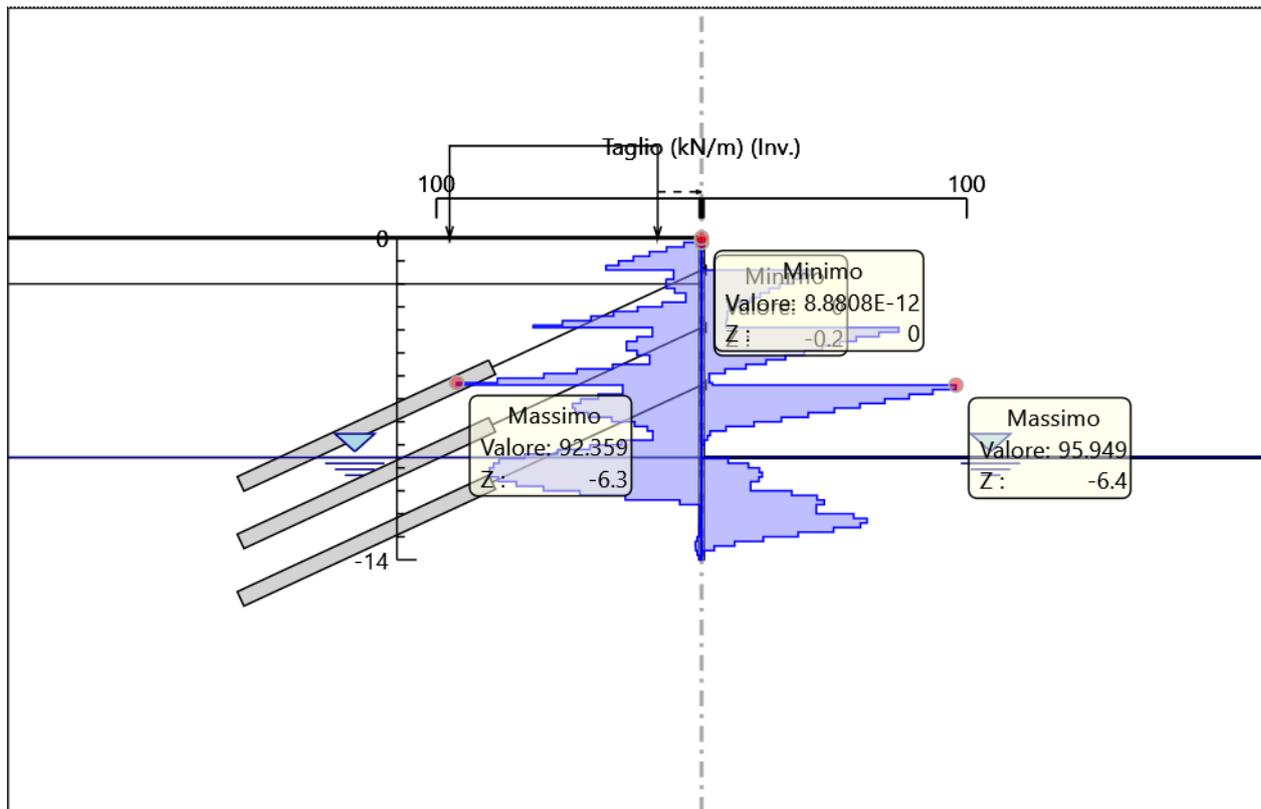
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Tabella Involuppi Taglio WallElement-sx

Design Assumption: Nominal	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement-sx
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.2	6.651	0
-0.4	13.234	0
-0.6	19.669	0
-0.8	25.761	0.043
-1	31.299	0.127
-1.2	36.042	0.211
-1.4	36.042	41.109
-1.6	10.564	41.109
-1.8	13.392	38.216
-2	13.392	34.563
-2.2	13.373	29.442
-2.4	10.132	25.486
-2.6	5.982	22.113
-2.8	14.859	18.463
-3	24.138	14.527
-3.2	33.237	10.308
-3.4	41.699	9.723
-3.6	52.467	9.723
-3.8	63.529	9.237
-3.9	63.529	74.373
-4.1	18.586	74.373
-4.3	24.402	66.941
-4.5	28.363	58.348
-4.7	28.363	52.069
-4.9	28.354	45.533
-5.1	24.374	38.729
-5.3	19.584	31.659
-5.5	33.579	24.328
-5.7	47.079	16.731
-5.9	59.518	8.869
-6.1	77.035	2.907
-6.3	92.359	4.071
-6.4	92.359	95.949
-6.6	29.731	95.949
-6.8	38.99	87.24
-7	45.63	78.3
-7.2	48.691	69.129
-7.4	48.691	59.725
-7.6	47.756	50.088
-7.8	42.825	40.219
-8	33.899	30.115
-8.2	25.219	19.777
-8.4	20.456	9.205
-8.6	18.391	3.256
-8.8	30.113	2.218
-9	42.084	1.007
-9.2	54.303	0.175
-9.4	66.771	0
-9.6	76.413	9.974
-9.8	78.468	17.684
-10	80.025	21.762
-10.2	80.09	22.89
-10.4	80.09	22.89
-10.6	76.713	21.633
-10.8	69.894	18.483
-11	59.633	34.002
-11.2	45.93	43.571
-11.4	28.786	46.278
-11.6	8.201	46.278
-11.8	0.495	43.292
-12	0.673	57.396
-12.2	0.673	62.429
-12.4	0.793	62.429
-12.6	0.805	59.945
-12.8	0.805	49.792
-13	1.665	36.417
-13.2	2.309	23.273
-13.4	2.309	12.451
-13.6	2.218	4.764
-13.8	1.625	0.437
-14	0.822	0.018

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva					
Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva	%
A2+M2+R1	Tirante 3	Left Wall	LEFT		6.61
A2+M2+R1	Scavo 4	Left Wall	RIGHT		42.61

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva				
Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
A2+M2+R1	Scavo 2 Left Wall	LEFT		106.81
A2+M2+R1	Fase 0 Left Wall	RIGHT		125.38

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Fase 0	Carichi	paratia	Scavo 1	Tirante 1	Scavo 2	Tirante 2	Scavo 3	Tirante 3	Scavo 4
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

MANDATARIA:

MANDANTI:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

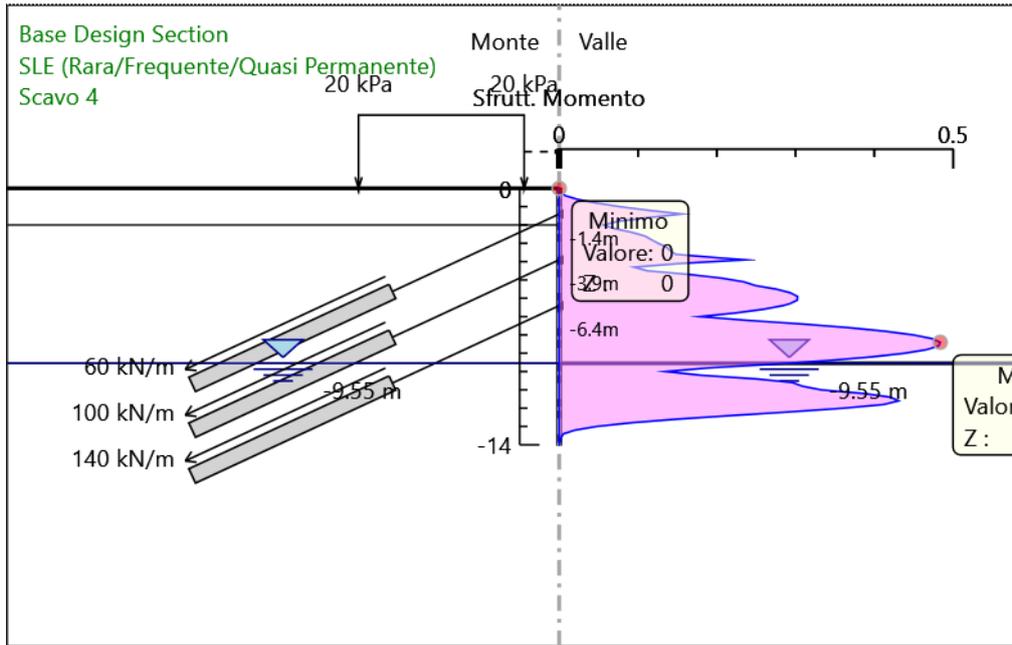
Risultati SteelWorld

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0.008
-0.6	0.023
-0.8	0.047
-1	0.077
-1.2	0.114
-1.4	0.156
-1.6	0.113
-1.8	0.075
-2	0.056
-2.2	0.071
-2.4	0.092
-2.6	0.109
-2.8	0.117
-3	0.126
-3.2	0.136
-3.4	0.141
-3.6	0.148
-3.8	0.205
-3.9	0.237
-4.1	0.154
-4.3	0.095
-4.5	0.112
-4.7	0.165
-4.9	0.206
-5.1	0.234
-5.3	0.249
-5.5	0.275
-5.7	0.293
-5.9	0.302
-6.1	0.302
-6.3	0.292
-6.4	0.284
-6.6	0.259
-6.8	0.224
-7	0.179
-7.2	0.237
-7.4	0.307
-7.6	0.366
-7.8	0.414
-8	0.449
-8.2	0.473
-8.4	0.483
-8.6	0.482
-8.8	0.467
-9	0.438
-9.2	0.397
-9.4	0.341
-9.6	0.271
-9.8	0.189
-10	0.135
-10.2	0.179
-10.4	0.25
-10.6	0.296
-10.8	0.309
-11	0.333
-11.2	0.387
-11.4	0.421
-11.6	0.43
-11.8	0.412
-12	0.361
-12.2	0.293
-12.4	0.22
-12.6	0.149
-12.8	0.09
-13	0.047
-13.2	0.02
-13.4	0.005
-13.6	0.003
-13.8	0.001
-14	0

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

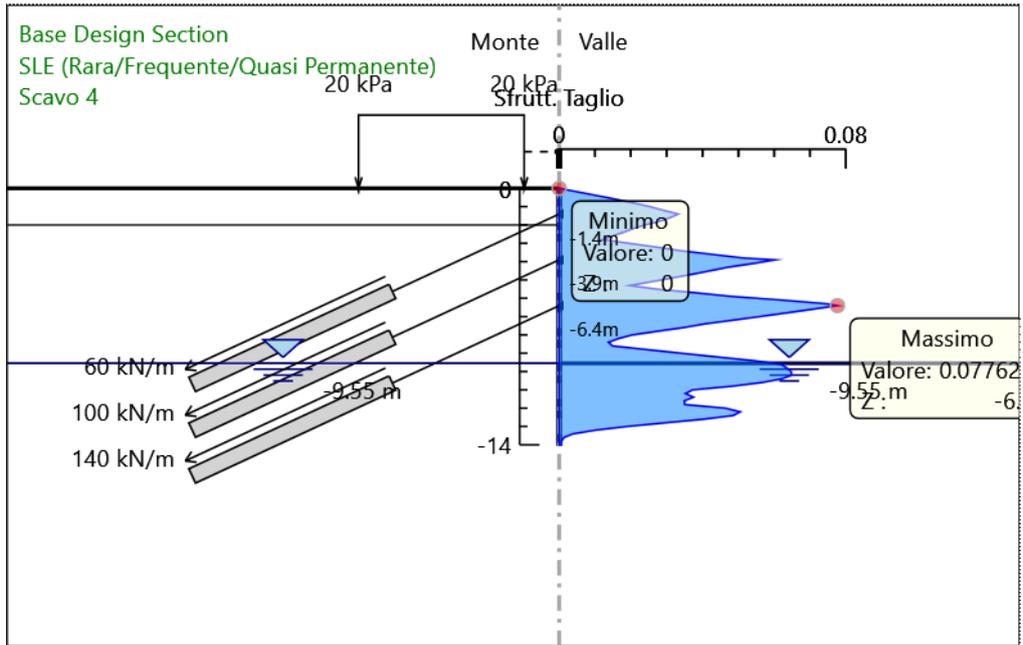
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0
-0.2	0.005
-0.4	0.011
-0.6	0.016
-0.8	0.021
-1	0.025
-1.2	0.029
-1.4	0.033
-1.6	0.031
-1.8	0.028
-2	0.024
-2.2	0.021
-2.4	0.018
-2.6	0.015
-2.8	0.012
-3	0.02
-3.2	0.027
-3.4	0.034
-3.6	0.042
-3.8	0.051
-3.9	0.06
-4.1	0.054
-4.3	0.047
-4.5	0.042
-4.7	0.037
-4.9	0.031
-5.1	0.026
-5.3	0.02
-5.5	0.027
-5.7	0.038
-5.9	0.048
-6.1	0.062
-6.3	0.075
-6.4	0.078
-6.6	0.071
-6.8	0.063
-7	0.056
-7.2	0.048
-7.4	0.041
-7.6	0.035
-7.8	0.027
-8	0.02
-8.2	0.017
-8.4	0.014
-8.6	0.015
-8.8	0.024
-9	0.034
-9.2	0.044
-9.4	0.054
-9.6	0.062
-9.8	0.063
-10	0.065
-10.2	0.065
-10.4	0.062
-10.6	0.057
-10.8	0.048
-11	0.037
-11.2	0.035
-11.4	0.037
-11.6	0.035
-11.8	0.035
-12	0.046
-12.2	0.051
-12.4	0.048
-12.6	0.04
-12.8	0.029
-13	0.019
-13.2	0.01
-13.4	0.004
-13.6	0.001
-13.8	0.001
-14	0.001

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld