

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

**COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO
CON LA STAZIONE DI BRINDISI**

CAVALCAFERROVIA

Relazione di calcolo scavi e opere provvisionali dei Cavalcaferrovia

SCALA:

-

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

I A 7 K 0 0 D 0 9 C L I V 0 0 0 0 0 0 1 b

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Ciavarella	Dic. 2019	L. Utzeri	Dic. 2019	T.Paoletti	Dic. 2019	A. Vittozzi Feb.2020 ITALFERR-S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Angelo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A20783
B	Emissione esecutiva	A. Ciavarella	Feb. 2020	L. Utzeri	Feb. 2020	T.Paoletti	Feb. 2020	

File: : IA7K00D09CLIV0000001B.doc

Elab.:

CAVALCAFERROVIA

**RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	2 di 71

INDICE

1. PREMESSA	5
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO, NORMATIVA, SOFTWARE.....	6
2.1. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
2.2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO.....	7
2.3. SOFTWARE.....	7
3. MATERIALI	8
3.1. CALCESTRUZZO PER REALIZZAZIONE CORDOLO	8
3.2. MALTA PER INIEZIONE MICROPALI A BASSA PRESSIONE.....	8
3.3. ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONE E PUNTELLI.....	8
3.4. ACCIAIO PER TUBOLARI DI ARMATURA DEI MICROPALI	8
3.5. ACCIAIO PER PALANCOLE.....	8
3.6. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	8
3.7. PROFILATO PALANCOLE	9
4. SISMICITA'	10
5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	11
6. MODELLO GEOTECNICO	14
7. APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE DELLE OPERE	15
7.1. VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	15
7.1.1. Azioni.....	16
7.1.2. Approccio progettuale per le verifiche delle opere di sostegno del tipo paratie in condizioni statiche.....	17
7.2. APPROCCIO PROGETTUALE PER LE VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE IDRAULICI - SIFONAMENTO	17
7.3. APPROCCIO PROGETTUALE PER LE VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE IDRAULICI - GALLEGGIAMENTO	18
7.4. VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	19
8. CARICHI E AZIONI.....	20

CAVALCAFERROVIA

**RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	3 di 71

8.1.	CARICO VARIABILE (Q1).....	20
8.2.	SPINTA DEL TERRENO	20
8.3.	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	20
9.	DESCRIZIONE DEI PROGRAMMI UTILIZZATI NELLE ANALISI	22
9.1.	DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO PARATIE PLUS PER L'ANALISI DELL'INTERAZIONE PARATIA-TERRENO.....	22
9.1.1.	<i>Coefficienti di spinta</i>	23
9.1.2.	<i>Tiranti e puntoni</i>	24
9.1.3.	<i>Verifiche delle palancole</i>	24
9.1.4.	<i>Verifiche dei micropali</i>	25
9.1.5.	<i>Verifiche dei puntoni</i>	25
9.2.	DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO SLOPE/W	26
9.2.1.	<i>Parametri caratteristici e fattorizzazione</i>	27
10.	IV01 - SCAVO CON PALANCOLE DI LUNGHEZZA 15M.....	29
10.1.	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	29
10.2.	SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE	31
10.3.	SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU	32
10.3.1.	<i>Sollecitazioni di momento flettente</i>	33
10.3.2.	<i>Sollecitazioni di taglio</i>	35
10.4.	VERIFICHE ELEMENTO STRUTTURALE	36
10.4.1.	<i>Tasso di sfruttamento momento</i>	37
10.4.2.	<i>Tasso di sfruttamento taglio</i>	38
10.5.	INSTABILITÀ PUNTONE.....	40
10.6.	SIFONAMENTO	41
11.	IV01 - SCAVO CON PALANCOLE DI LUNGHEZZA 12M.....	42
11.1.	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	42

CAVALCAFERROVIA

**RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	4 di 71

11.2.	SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE	44
11.3.	SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU	45
	11.3.1. Sollecitazioni di momento flettente.....	46
	11.3.2. Sollecitazioni di taglio.....	48
11.4.	VERIFICHE ELEMENTO STRUTTURALE	49
	11.4.1. Tasso di sfruttamento momento.....	50
	11.4.2. Tasso di sfruttamento taglio	51
11.5.	INSTABILITÀ PUNTO NE	54
11.6.	SIFONAMENTO	54
12.	IV01 - ANALISI DI STABILITÀ SCAVO A CIELO APERTO.....	55
13.	IV02 - SCAVO CON PALANCOLE DI LUNGHEZZA 12M.....	57
	13.1. DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	57
	13.2. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE	59
	13.3. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU	61
	13.3.1. Sollecitazioni di momento flettente.....	61
	13.3.2. Sollecitazioni di taglio.....	63
	13.4. VERIFICHE ELEMENTO STRUTTURALE	64
	13.4.1. Tasso di sfruttamento momento.....	65
	13.4.2. Tasso di sfruttamento taglio	66
	13.5. INSTABILITÀ PUNTO NE	68
	13.6. SIFONAMENTO	69
14.	IV02 - ANALISI DI STABILITÀ SCAVO A CIELO APERTO.....	70

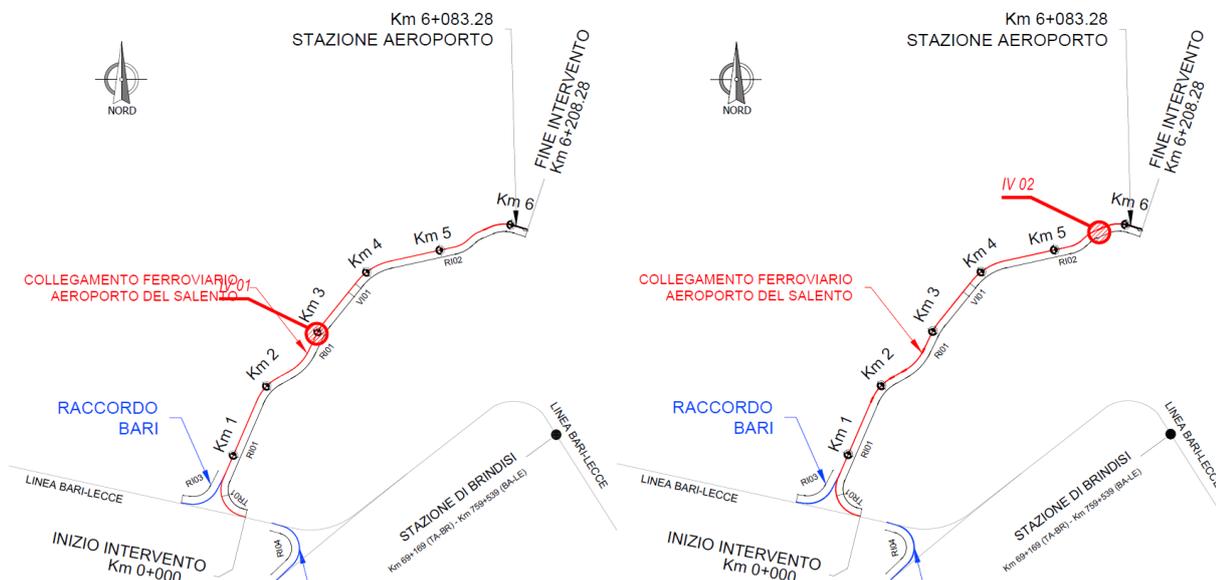
CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	5 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA

1. PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati delle analisi e delle verifiche per gli scavi e le opere provvisionali previste per gli scavi di pile e spalle dei cavalcaferrovia IV01 e IV02, nell'ambito del progetto definitivo del collegamento ferroviario dell'aeroporto del Salento con la stazione di Brindisi. Si presentano le tipologie di scavi e opere provvisionali caratteristiche per entrambi i cavalcaferrovia, ovvero le situazioni con le sezioni più critiche. Per tale motivo, quando non specificato, a queste verifiche si può far riferimento anche per gli altri scavi e le altre opere provvisionali similari da effettuarsi per la realizzazione delle fondazioni di pile e spalle per le opere d'arte oggetto di questa relazione.



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>6 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	6 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	6 di 71								

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO, NORMATIVA, SOFTWARE

2.1. Documentazione di riferimento

IA7K 00 D 10 GE GE 0006 001 “Relazione Geotecnica Generale”

IA7K 00 D 10 F6 GE 0006 001 - “Profilo Geotecnico – Tav 1 di 6”

IA7K 00 D 10 F6 GE 0006 002 - “Profilo Geotecnico – Tav 2 di 6”

IA7K 00 D 10 F6 GE 0006 003 - “Profilo Geotecnico – Tav 3 di 6”

IA7K 00 D 10 F6 GE 0006 004 - “Profilo Geotecnico – Tav 4 di 6”

IA7K 00 D 10 F6 GE 0006 005 - “Profilo Geotecnico – Tav 5 di 6”

IA7K 00 D 10 F6 GE 0006 006 - “Profilo Geotecnico – Tav 6 di 6”

IA7K 00 D 10 FZ GE0006002 – “Sezioni geotecniche in corrispondenza delle viabilità SC76 e SS16”

IA7K 00 D 09 PZ IV0100005 – “IV01 - Pianta e sezione scavi - Tav.1 di 2”

IA7K 00 D 09 PZ IV0100006 – “IV01 - Pianta e sezione scavi - Tav.2 di 2”

IA7K 00 D09 PZ IV0200005 - “IV02 - Pianta e sezione scavi - Tav.1 di 2”

IA7K 00 D09 PZ IV0200006 - “IV02 - Pianta e sezione scavi - Tav.2 di 2”

IA7K 00 D09 RO IV0100001 – “IV01 – Relazione tecnico descrittiva CVF SS16”

IA7K 00 D09 RO IV0200001 – “IV02 – Relazione tecnico descrittiva CVF SC76”

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>7 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	7 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	7 di 71								

2.2. Normativa e Standard di Riferimento

- Decreto Ministeriale del 17/01/2018: “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (GU n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8)
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- UNI EN 1992-1-1:2004: Eurocodice 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 - Progettazione Geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II -Sezione 3 – Corpo Stradale.
- RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21.12.2018- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi”– RFI

2.3. Software

Paratie plus 19.1.2

Geostudio 2018, Slope/W, Geo-Slope, Canada

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>8 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	8 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	8 di 71								

3. MATERIALI

Il progetto prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

3.1. Calcestruzzo per realizzazione cordolo

Classe di resistenza: C25/30 ($R_{ck} \geq 30$ MPa)

3.2. Malta per iniezione micropali a bassa pressione

Classe di resistenza: C25/30 ($R_{ck} \geq 30$ MPa)

3.3. Acciaio per travi di ripartizione e puntelli

Tipo S275: $f_{yk} \geq 275$ MPa.

3.4. Acciaio per tubolari di armatura dei micropali

Profili laminati a caldo con profili a sezione cava:

Tipo S275 $f_{yk} \geq 275$ MPa

3.5. Acciaio per palancole

Tipo S275: $f_{yk} \geq 275$ MPa.

3.6. Acciaio per cemento armato

Tipo B450C

$f_{yk} \geq 450$ MPa

$f_{tk} \geq 540$ MPa

3.7. Profilato palancole

Sono previste palancole del tipo PU22 di lunghezza 12m e 15m, con le caratteristiche meccaniche riportate nella tabella seguente.

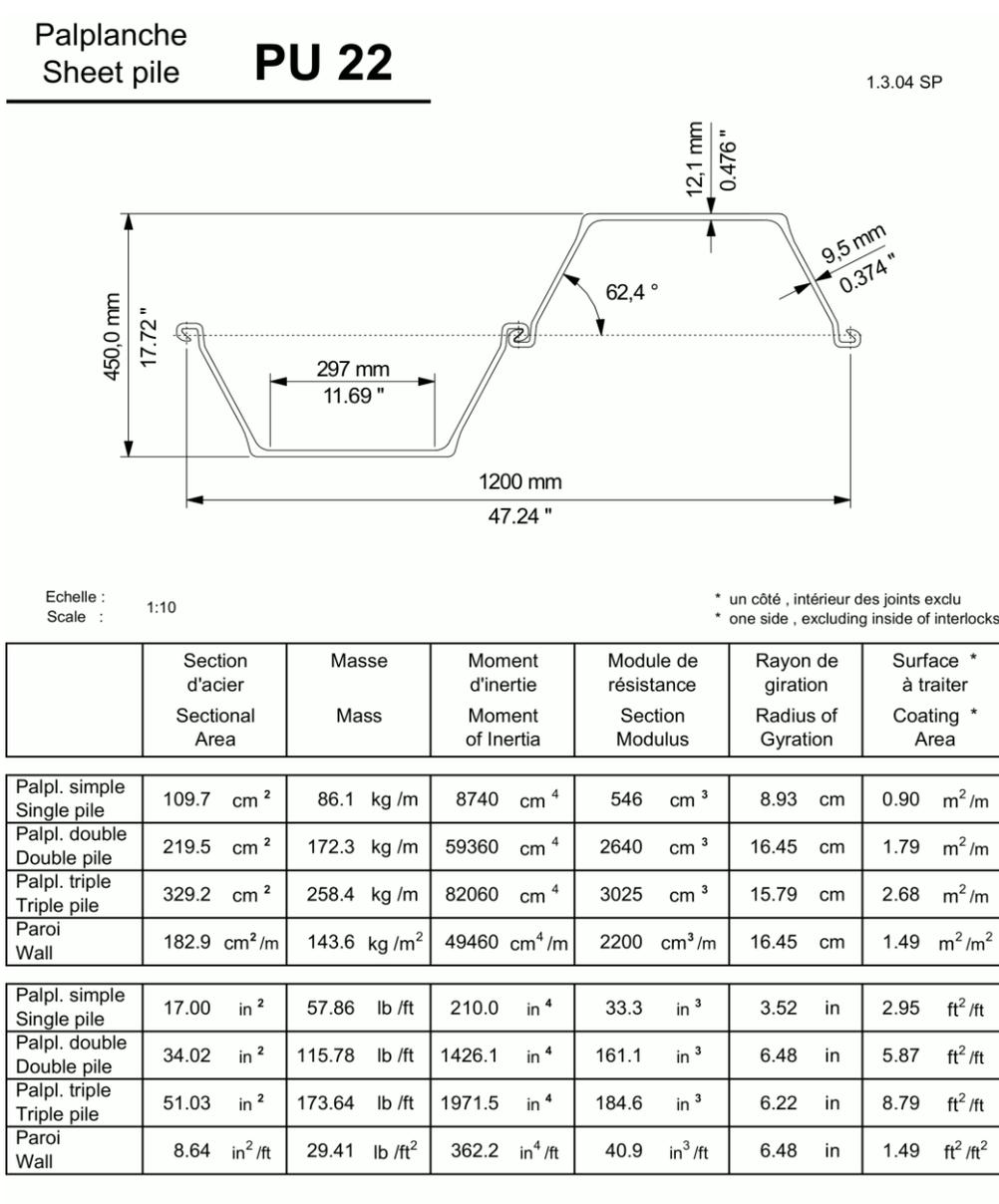


Tabella 1 Caratteristiche meccaniche delle palancole PU22

	NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO					
CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D09	DOCUMENTO CL IV.00.0.0 001	REV. B	FOGLIO 10 di 71

4. SISMICITA'

Il 2.4.1 del DM18 (Doc. □) stabilisce, con riferimento alla Tab. 2.4.I, che le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 1 Tab. 2.4.I DM18

Le opere oggetto di tale relazione ricadono nel caso “Costruzioni temporanee e provvisorie”, pertanto le verifiche sismiche vengono omesse

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	11 di 71

5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le opere oggetto di tale relazione sono necessarie per la corretta costruzione delle fondazioni di pile e spalle dei cavalcaferrovie di progetto riportati nelle figure seguenti:



Figura 2 Cavalcaferrovia IV01

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	12 di 71



Figura 3 Cavalcaferrovia IV02

Per gli scavi dei cavalcaferrovia IV01 e IV02 sono previste le attività e le opere di seguito descritte di seguito:

- **IV01**

- Pile 2 e 3: analisi delle opere provvisionali con palancole di lunghezza 15m per uno scavo di altezza 4,40m e falda a -2m da p.c.
- Spalla B: analisi delle opere provvisionali con palancole di lunghezza 12m per uno scavo di altezza 3,40m e falda a -2m da p.c.
- Analisi di stabilità dello scavo a cielo aperto con pendenza scavo 1/1, altezza scavo 3,10m e falda a -2m da p.c.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>13 di 71</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	13 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	13 di 71								

- **IV02**

- Pila 1, 2 e 3: analisi delle opere provvisorie con palancole di lunghezza 12m per uno scavo di altezza 4,00m e falda a -3m da p.c.
- Analisi di stabilità dello scavo a cielo aperto con pendenza scavo 1/1, altezza scavo 3,70m e falda a -3m da p.c.

Nella tabella che segue si riportano tutte le tipologie di scavo da eseguirsi per la realizzazione delle pile e delle spalle dei cavalcaferrovia di progetto: si rimanda per tutti i casi indicati alle verifiche effettuate di sopra descritte

Opera	Tipo	Scavo
IV01	Spalla A	Cielo aperto
	Pila 1	Cielo aperto
	Pila 2	Palancole
	Pila 3	Palancole
	Pila 4	Cielo aperto
	Spalla B	Palancole
IV02	Spalla A	Cielo aperto
	Pila 1	Palancole
	Pila 2	Palancole
	Pila 3	Palancole
	Pila 4	Cielo aperto
	Spalla B	Cielo aperto

	NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO												
CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>14 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	14 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	14 di 71								

6. MODELLO GEOTECNICO

La stratigrafia e i parametri geotecnici assunti per le diverse unità sono in accordo con i profili geotecnici 0 e la relazione geotecnica generale 0. Per semplicità, si riporta di volta in volta la stratigrafia utilizzata in ogni analisi.

Il modello di calcolo della paratia tiene conto della prescrizione contenuta al 6.5.2.2 del DM18 (Doc. □), per cui il modello geometrico deve tenere conto delle possibili variazioni del profilo del terreno a monte e a valle del paramento rispetto ai valori nominali.

Nel caso in cui la funzione di sostegno è affidata esclusivamente alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota del terreno di valle (fondo scavo) deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

- 10% dell'altezza di terreno da sostenere nel caso di opere a sbalzo;
- 10 % della differenza di quota fra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo nel caso di opere vincolate;
- 0.5 m.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>15 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	15 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	15 di 71								

7. APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE DELLE OPERE

Ai fini del progetto delle opere oggetto della relazione, sono stati considerati gli stati limite ultimi (SLU). Nel caso delle paratie, sono stati considerati anche gli stati limite di esercizio (SLE).

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e/o per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

7.1. Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ovvero:

$$E_d = E \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

$$E_d = \gamma_E E \left(F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

con $\gamma_E = \gamma_F$, e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d .

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>16 di 71</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	16 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	16 di 71								

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = \gamma_E E_k$. Nella formulazione delle resistenze R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulle resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione 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 diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito degli approcci previsti dalla normativa.

7.1.1. Azioni

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tabella 2.

Tabella 2 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono indicati nella Tabella 3.

Tabella 3 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>17 di 71</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	17 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	17 di 71								

La verifica allo stato limite ultimo richiesta dal DM2018 per la stabilità dei fronti di scavo in condizioni statiche, prevede l'utilizzo della combinazione di coefficienti:

- Approccio 1, combinazione 2: $A2+M2+R2$,
tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nella Tabella 4.

Tabella 4 Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

7.1.2. Approccio progettuale per le verifiche delle opere di sostegno del tipo paratie in condizioni statiche

Le verifiche sono state sviluppate adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO):

- Approccio 1, combinazione 1: $A1+M1+R1$ (STR);
- Approccio 1, combinazione 2: $A2+M2+R1$ (GEO).

I coefficienti parziali per le azioni (A) e per i parametri geotecnici del terreno (M) sono in accordo alla Tabella 2 e Tabella 3 mentre quelli sulle resistenze sono posti pari a $R1=1$.

Le verifiche di stabilità del complesso opera di sostegno-terreno sono state condotte con:

- Approccio 1, combinazione 2: $A2+M2+R2$ (GEO).

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella Tabella 2 e Tabella 3 per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 4 per le resistenze.

7.2. Approccio progettuale per le verifiche degli stati limite idraulici - sifonamento

La verifica a sifonamento si esegue controllando che il gradiente idraulico i risulti non superiore al gradiente idraulico critico i_c diviso per un coefficiente parziale $\gamma_R = 3$, se si assume come effetto delle

	NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO					
CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D09	DOCUMENTO CL IV.00.0.0 001	REV. B	FOGLIO 18 di 71

azioni il gradiente idraulico medio, e per un coefficiente parziale $\gamma_R = 2$ nel caso in cui si consideri il gradiente idraulico di efflusso.

Nel caso in esame verrà determinato il fattore di sicurezza al sifonamento con la relazione:

$$FS = \frac{i_C}{i_E} = \frac{\gamma'}{\gamma_W} \geq 3$$

Il gradiente idraulico medio è valutato cautelativamente come segue:

$$i_E = \frac{\Delta H_w}{h_{scavo} + 2 * infissione} \cong \frac{\Delta H_w}{2 * infissione}$$

Si riporta, solo per ulteriore cautela, il calcolo valutando il fattore di sicurezza confrontando la pressione idraulica instabilizzante $u_{inst,d}$ e la pressione stabilizzante $\sigma_{inst,d}$, calcolati come da precedente decreto DM08.

7.3. Approccio progettuale per le verifiche degli stati limite idraulici - galleggiamento

Le opere geotecniche devono essere verificate nei confronti dei possibili stati limite di sollevamento

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante V_{inst} , ovvero della risultante delle pressioni idrauliche, sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti G_{stab} e delle eventuali resistenze R_d :

$$V_{inst} \leq G_{stab} + R_d$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tabella 5

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	19 di 71

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tabella 5 Coefficienti parziali per verifiche a sollevamento

7.4. Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE)

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d,$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>20 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	20 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	20 di 71								

8. CARICHI E AZIONI

I carichi considerati in fase di calcolo e verifica sono i seguenti:

- carico accidentale;
- spinta del terreno.

8.1. Carico variabile (Q1)

A monte dei palancolati e degli scavi a cielo aperto, è considerato un carico accidentale.

Tale carico è di entità pari a 10 kPa su una larghezza di 10.0 m quando riferito ai mezzi di cantiere, e applicato ad una distanza di 50 cm dall'asse dell'opera di sostegno; in presenza di viabilità in esercizio durante i lavori, si considera un carico accidentale dovuto all'azione da traffico di 20 kPa.

8.2. Spinta del terreno

La spinta del terreno sulle opere di sostegno è valutata sulla base del modello di interazione terreno struttura descritto al § 9.

8.3. Combinazione delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

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

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

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	21 di 71

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

I coefficienti di combinazione ψ sono dati dalle NTC2018 a secondo del tipo di struttura (Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari).

Nel caso in esame sono state considerate le seguenti combinazioni di carico.

Tabella 6 Combinazioni di carico

ID	Tipo di combinazione		E	G1-G2	γ_G	Q1	γ_Q	ψ
SLU	A1+M1+R1	Statica		x	1.3	x	1.5	1
SLU	A2+M2+R1	Statica		x	1.0	x	1.3	1
SLE		Statica	x	x	1.0	x	1.0	1

	NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO					
CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D09	DOCUMENTO CL IV.00.0.0 001	REV. B	FOGLIO 22 di 71

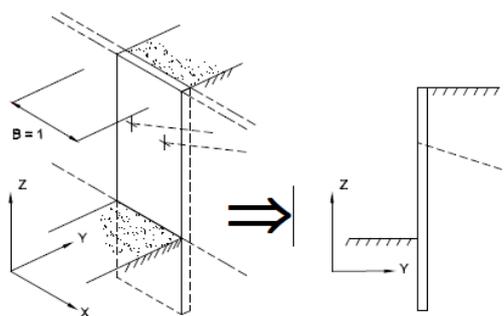
9. DESCRIZIONE DEI PROGRAMMI UTILIZZATI NELLE ANALISI

9.1. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO PARATIE PLUS PER L'ANALISI DELL'INTERAZIONE PARATIA-TERRENO

Al fine di rappresentare il comportamento dell'opera di sostegno durante le varie fasi di lavoro si è utilizzato un metodo di calcolo capace di simulare l'interazione terreno-paratia. L'analisi è stata sviluppata con il software Paratie Plus 2019 di Harpaceas.

PARATIE è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Il problema è visto come un problema piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella seguente figura.



La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico"; le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidezza flessionale EJ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidezza flessionale della parete.

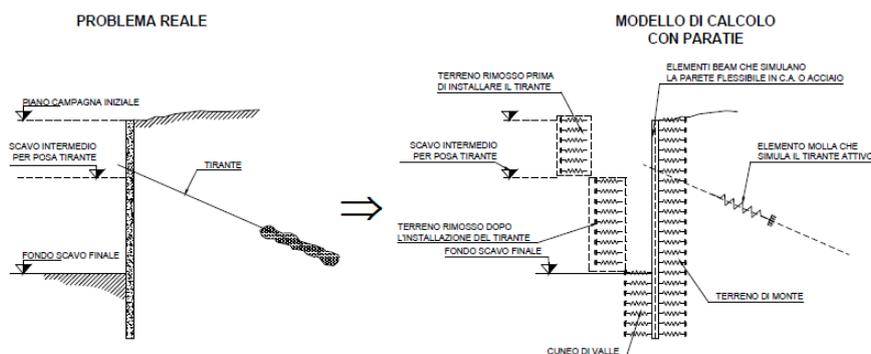


Figura 4 Schematizzazione terreno e vincoli (ancoraggi, puntoni, elem. strutturali)

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate/puntellate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi "statica incrementale": ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti/vincoli applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

9.1.1. Coefficienti di spinta

I coefficienti di spinta corrispondenti allo stato attivo e passivo sono valutati dal programma di calcolo a partire dai parametri geotecnici. In particolare i coefficienti di spinta attiva (k_a) sono calcolati secondo la formulazione di Coulomb; i coefficienti di spinta passiva (k_p) sono calcolati secondo la formulazione di Lancellotta (2007). In tutti i casi, spinta attiva e passiva, si considera un angolo di attrito

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>24 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	24 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	24 di 71								

terreno/calcestruzzo (δ) pari a $1/2\varphi'$. Tale assunzione risulta cautelativa in relazione alle modalità realizzative delle opere quali le palancole infisse oggetto di questa relazione.

9.1.2. Tiranti e puntoni

Il tirante o il puntone applicato è un elemento finito che diviene attivo a partire da un determinato step e che può eventualmente essere rimosso in seguito. La sua “nascita” provoca nel modello due effetti:

1. sorge una forza al nodo di applicazione del tirante/puntone, forza dovuta allo stato di eventuale coazione (la pretensione) con cui l'elemento nasce;
2. la rigidità globale della struttura riceve un contributo dovuto alla rigidità estensionale del tirante/puntone stesso. Quando, nelle fasi successive, il nodo ove il tirante/puntone è connesso, subirà ulteriori spostamenti, la forza nel tirante/puntone subirà mutamenti.

Il tirante/puntone viene caratterizzato da una rigidità assiale data da un'espressione del tipo:

$$K=E \cdot (A/L)$$

ove E è il modulo elastico della barra, A l'area per unità di larghezza della barra nel tratto deformabile e L la lunghezza del tratto deformabile del tirante o la lunghezza del puntone.

9.1.3. Verifiche delle palancole

Nel caso di palancole composte da elementi a U si può tenere conto cautelativamente della significativa riduzione della resistenza e della rigidità a causa della presenza di una giunzione non rigida tra elementi adiacenti, sull'asse neutro della sezione complessiva.

Allo scopo, in accordo con quanto suggerito da EC3 Parte 5, è possibile ridurre la resistenza tramite due coefficienti β_B e β_D :

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>25 di 71</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	25 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	25 di 71								

$$M_{c,Rd} = \beta_B W_{pl} f_y / \gamma_{M0}$$

sezioni in classe 1 e 2

$$M_{c,Rd} = \beta_B W_{el} f_y / \gamma_{M0}$$

sezioni in classe 3

$$(EI)_{eff} = \beta_D (EI)$$

Tali coefficienti sono assunti in riferimento alla tabella seguente, pari a 0.7 e 0.45 rispettivamente.

Tabella 7 Coefficienti di riduzione resistenza e rigidezza palancolati

Type of U-pile unit	No. of structural support levels (see note 1)	Reduction factors β_B and β_D referred to in clauses 5.2.2(2); 5.2.2(9); 5.2.3(2); 6.4(3) (see notes 2, 3, 4, and 5)					
		Highly unfavourable conditions (see note 6)		Unfavourable conditions (see note 7)		Favourable conditions (see note 8)	
		β_B	β_D	β_B	β_D	β_B	β_D
Singles or uncrimped doubles	0	0.40	0.30	0.50	0.35	0.60	0.40
	1	0.55	0.35	0.60	0.40	0.70	0.45
	>1	0.65	0.45	0.70	0.50	0.80	0.55
Crimped or welded doubles	0	0.70	0.60	0.75	0.65	0.80	0.70
	1	0.80	0.70	0.85	0.75	0.95	0.80
	>1	0.90	0.80	0.95	0.85	1.00	0.90

9.1.4. Verifiche dei micropali

La verifica del micropalo alle sollecitazioni taglianti e flettenti è implementata nel software ParatiePlus. A tal proposito, si riporteranno, nei paragrafi dedicati, gli screenshots dei valori di sfruttamento della sezione

9.1.5. Verifiche dei puntoni

Per i puntoni, si verifica l'instabilità secondo quanto riportato al par. 4.2.4.1.3.1 - Aste compresse del DM18.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>26 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	26 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	26 di 71								

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Dove:

N_{Ed} è l'azione di compressione di progetto

$N_{b,Rd}$ è la resistenza di progetto all'instabilità nell'asta compressa

La verifica è implementata nel software ParatiePlus, di cui si riportano i valori.

Le verifiche, comprendono:

- la resistenza della sezione, aggiungendo all'azione assiale, gli effetti flettenti dovuti al peso proprio (talora non trascurabile);
- le verifiche di stabilità dell'elemento compresso, assumendo come lunghezza di libera inflessione L l'interasse tra le pareti (assunzione conservativa).

9.2. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO SLOPE/W

La valutazione dei fattori di sicurezza per la stabilità globale dell'opera è condotta mediante il modulo "Slope /W" del programma GeoStudio 2018 della GEO-SLOPE International.

Tale programma consente un'analisi di stabilità all'equilibrio limite tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle pressioni idrostatiche, di sollecitazioni sismiche mediante un'analisi di tipo pseudostatico, di tiranti di ancoraggio e di eventuali altri elementi di rinforzo (ad esempio geogriglie).

Il programma è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (FS) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scorrimento e quella effettivamente mobilitata dal volume di terreno coinvolto nel movimento; il criterio di rottura adottato è quello classico di Mohr - Coulomb.

La valutazione del coefficiente di sicurezza è effettuata per tentativi, generando un elevato numero di superfici mediante un algoritmo pseudo - casuale.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>27 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	27 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	27 di 71								

Il programma è in grado di compiere le verifiche di stabilità fornendo il coefficiente di sicurezza secondo differenti criteri; l'analisi è stata sviluppata utilizzando il metodo di Morgenstern e Price con superfici circolari ottimizzate.

Si precisa che la ricerca avviene definendo un intervallo di entrata (a monte) ed un intervallo di uscita (a valle), vengono quindi generati diversi archi di cerchio, contraddistinti ovviamente da diversi centri. Gli intervalli di entrata e uscita delle superfici sono individuati nelle figure estratte dal programma da una linea di colore rosso, la linea verde identifica il profilo del terreno (vedasi figura seguente).

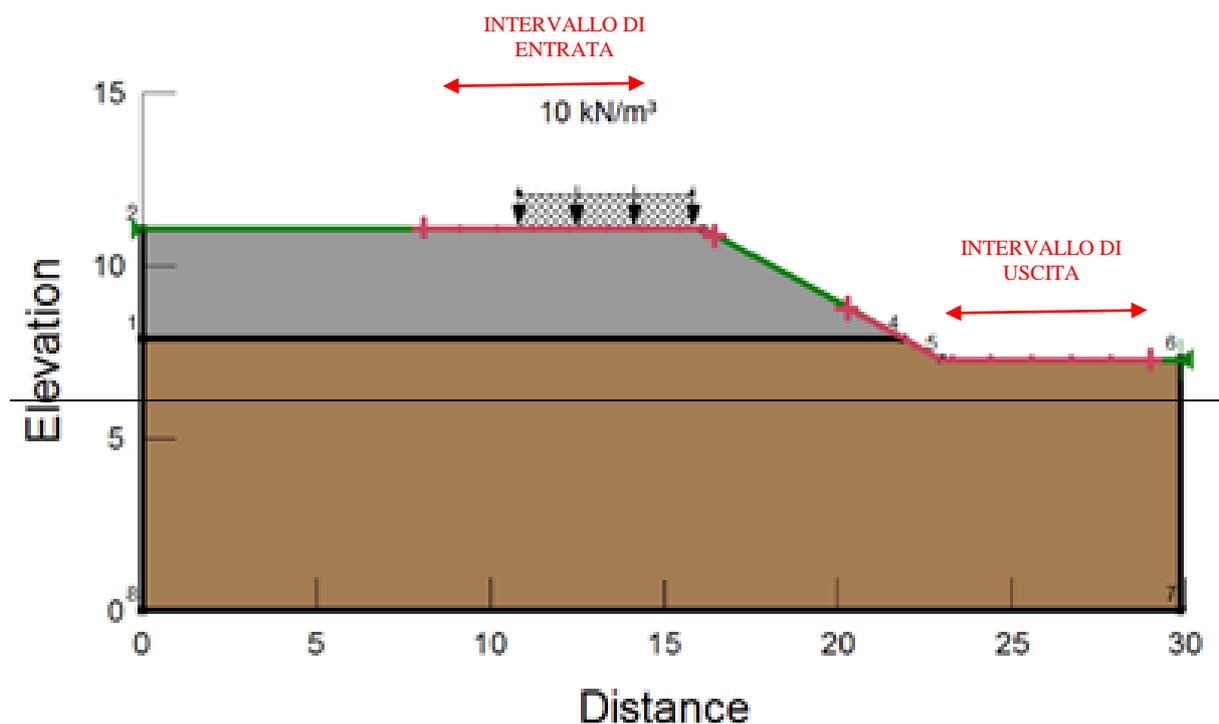


Figura 5 Criteri di ricerca delle superfici di scivolamento

9.2.1. Parametri caratteristici e fattorizzazione

Nelle analisi di stabilità con il software Slope/W i parametri di resistenza delle unità geotecniche e i carichi variabili sono inseriti con i valori caratteristici; nelle analisi di stabilità in condizioni statiche vengono poi fattorizzati in accordo ai criteri illustrati nel 7.1 per il caso statico. Nelle figure seguenti si riportano i coefficienti parziali utilizzati all'interno del software per le analisi in condizioni statiche.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>28 di 71</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	28 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	28 di 71								

Name:

Permanent Point Loads/Surcharge Loads

Favorable:

Unfavorable:

Variable Point Loads/Surcharge Loads

Favorable:

Unfavorable:

Soil Unit Weight

Favorable:

Unfavorable:

Other Parameters

Seismic Coefficients:

Earth Resistance:

Material Parameters

Effective Cohesion:

Effective Coefficient of Friction:

Undrained Strength:

Shear Strength (Other Models):

Reinforcement Parameters

Pullout Resistance:

Shear Force:

Tensile Strength:

Figura 6 Software Slope/W. Coefficienti parziali utilizzati nelle analisi di stabilità in condizioni statiche

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>29 di 71</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	29 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	29 di 71								

10. IV01 - SCAVO CON PALANCOLE DI LUNGHEZZA 15M

Di seguito l'analisi per le palancole delle Pile 2 e 3 dell'IV01, di lunghezza 15m, per uno scavo di altezza 4,40m (modellato a 4,90m) e falda a -2m da p.c. Gli scavi sono previsti con palancole PU22 acciaio S275, con puntoni a -0.5m da sommità del tipo D219 s=20mm acciaio S275, a interasse 8,9m.

La stratigrafia utilizzata è la seguente

Unità	da	a	γ	ϕ	c'	E
	m	m	kN/mc	°	kPa	MPa
L _{s(ms)}	0	-1	19,5	26	5	10
S _{L/cal}	- 1	-14	19	29	4	23
L _{s(ga)}	-14	in poi	19,5	27	8	30

10.1. Descrizione delle fasi di calcolo

Il modello si basa sulle seguenti fasi di calcolo:

- Fase 1: condizione geostatica e costruzione opera provvisoria;
- Fase 2: applicazione sovraccarico da mezzi di cantiere pari a 10 kPa;
- Fase 3: scavo fino a quota -1m da p.c. per inserimento puntone;
- Fase 4: inserimento puntone;
- Fase 5: scavo fino a quota fondo scavo

Di seguito si riporta il modello di calcolo con la stratigrafia di riferimento.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	30 di 71



Figura 7 Modello di calcolo

Di seguito si riportano le spinte calcolate dal programma per la combinazione GEO

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	31 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

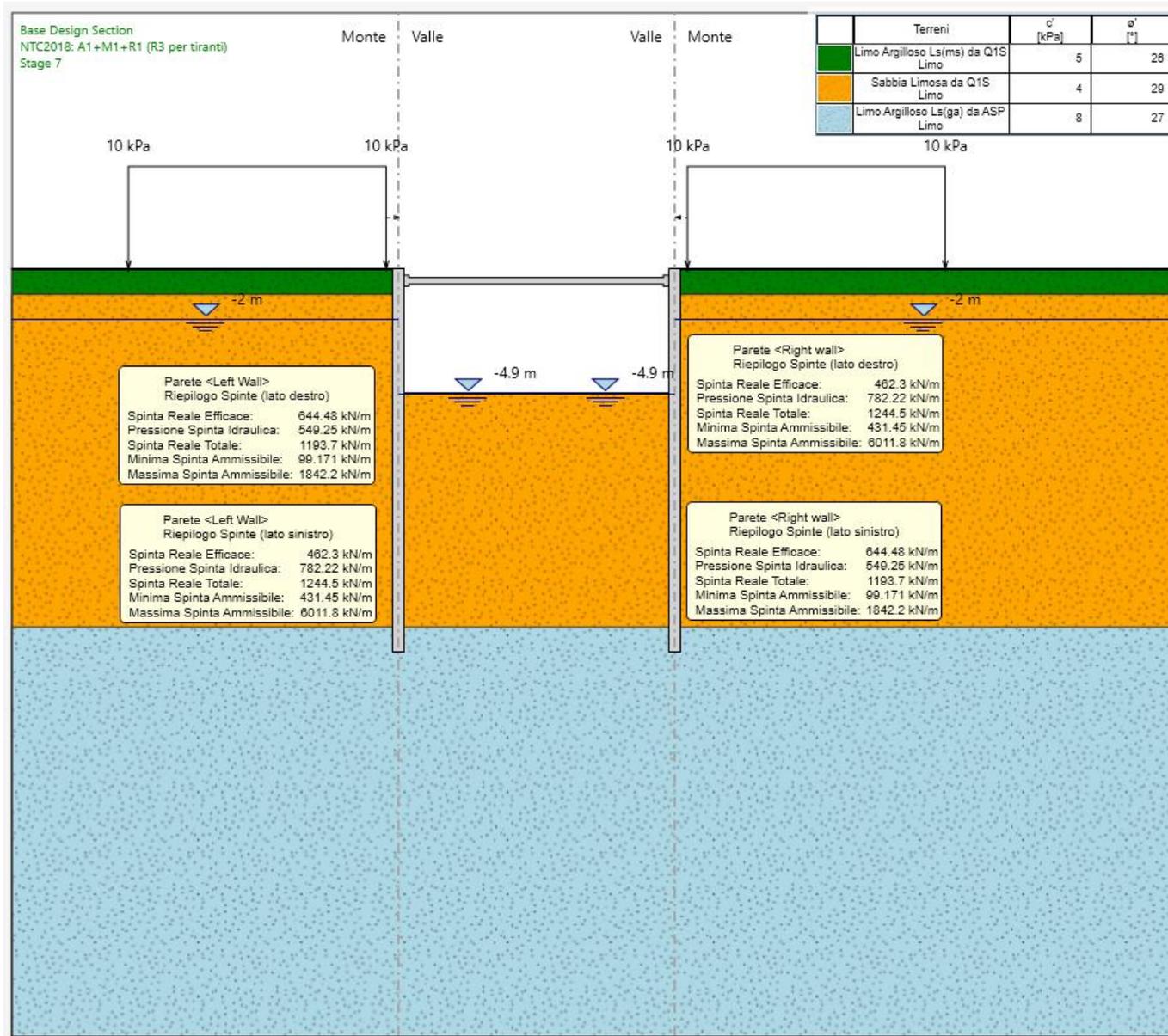


Figura 8 Modello di calcolo e spinte

10.2. Sintesi dei risultati allo SLE

Nella figura seguente si riportano gli spostamenti nell'ultima fase di calcolo:

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	32 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

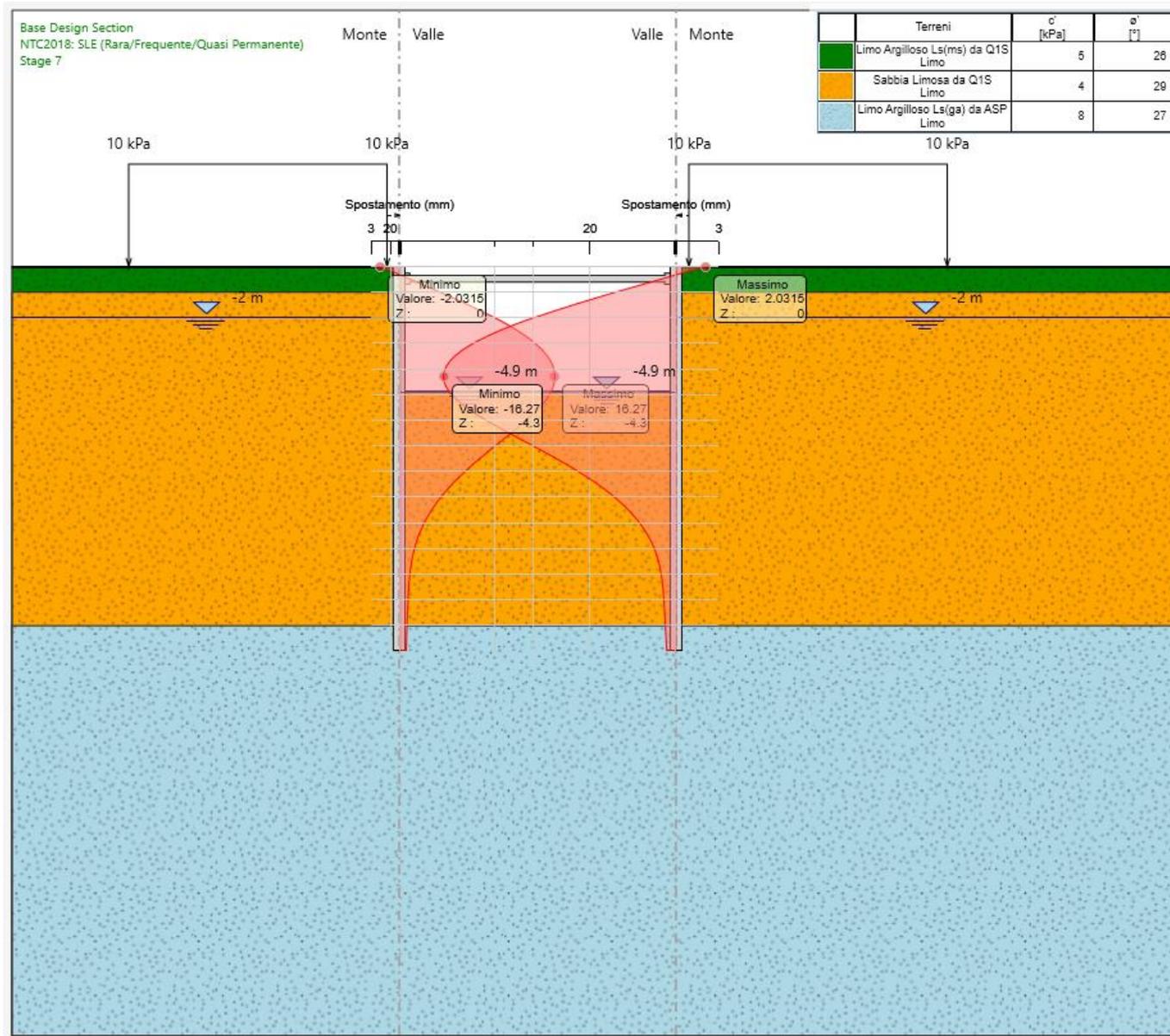


Figura 9 Spostamenti SLE

Lo spostamento in testa risulta pari a 0.2 cm

10.3. Sintesi dei risultati allo SLU

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi dei momenti e i diagrammi del taglio nell'ultima fase di calcolo, corrispondente alle condizioni A1+M1+R1 (STR) e A2-M2-R1 (GEO).

10.3.1. Sollecitazioni di momento flettente

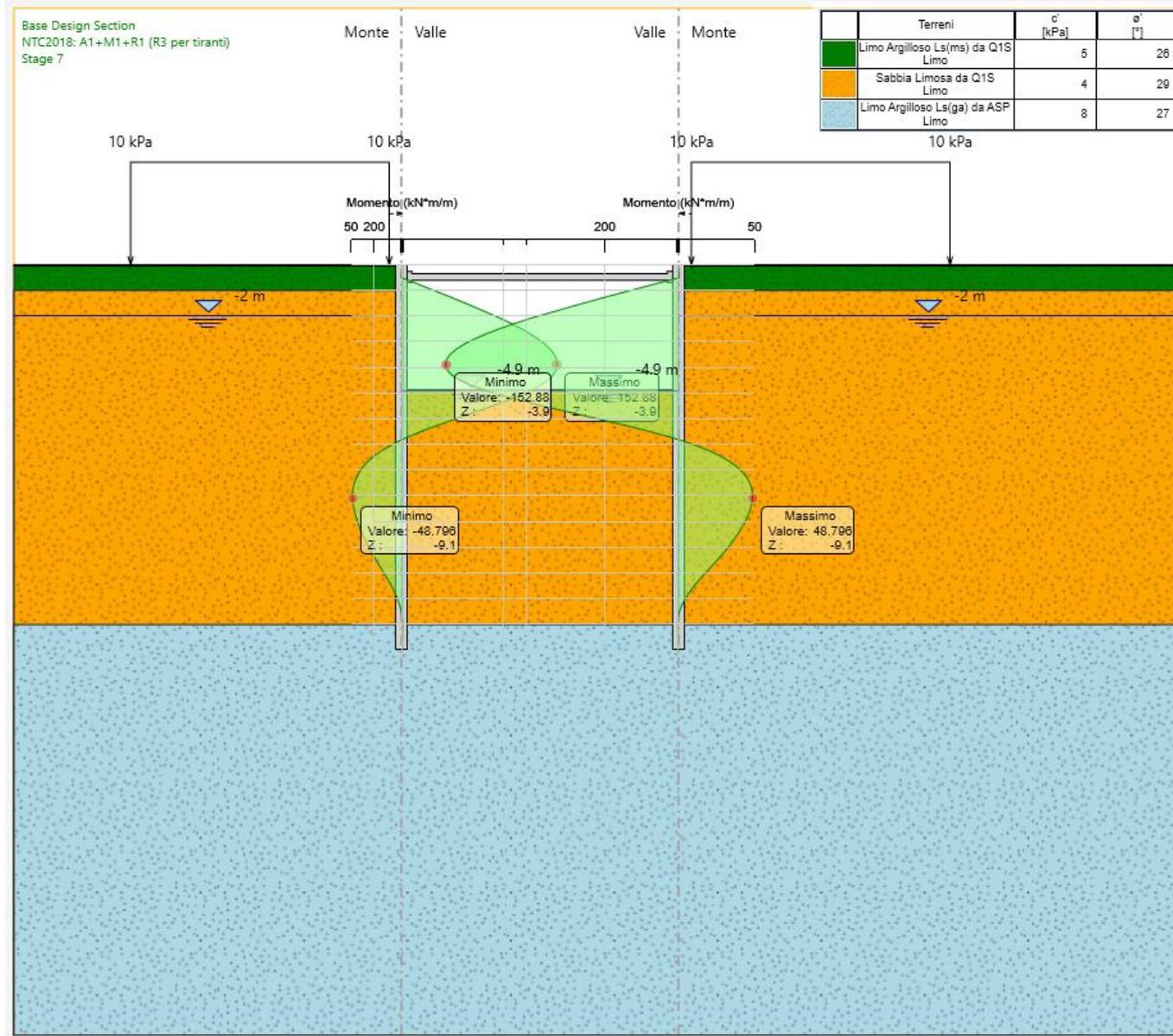


Figura 10 Diagramma momenti flettenti (STR)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	34 di 71

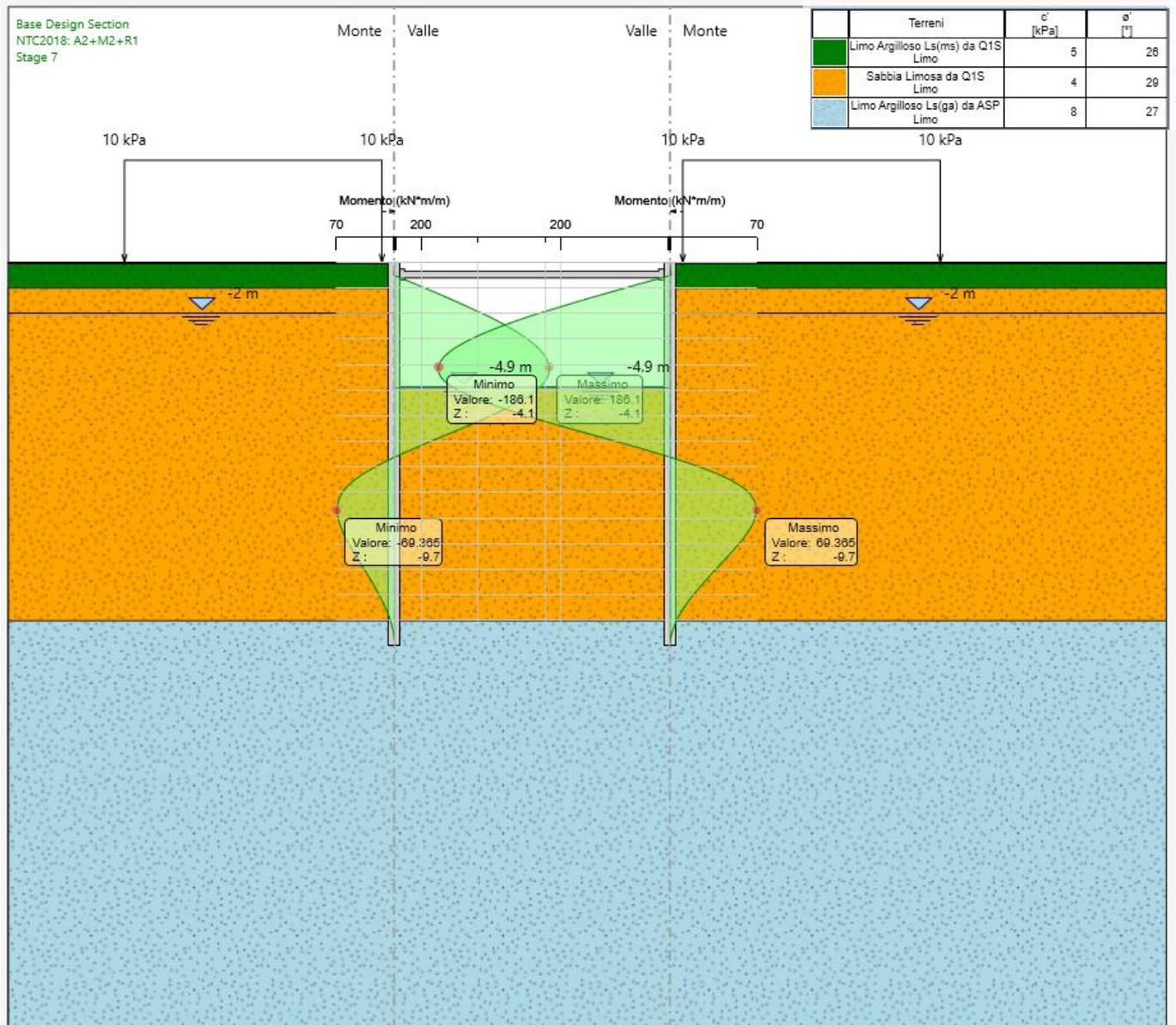


Figura 11 Diagramma momenti flettenti (GEO)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	35 di 71

10.3.2. Sollecitazioni di taglio

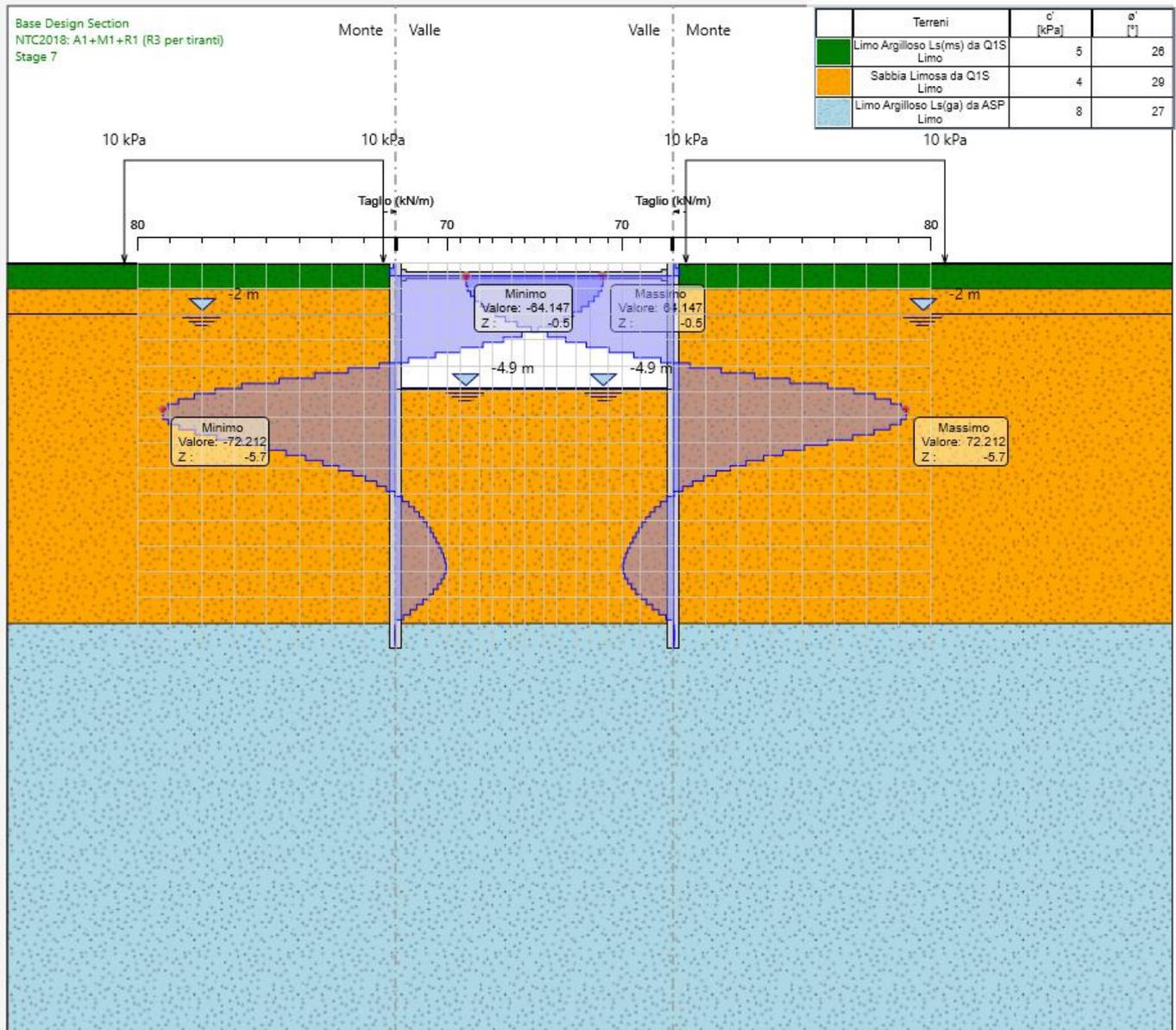


Figura 12 Diagramma taglio (STR)

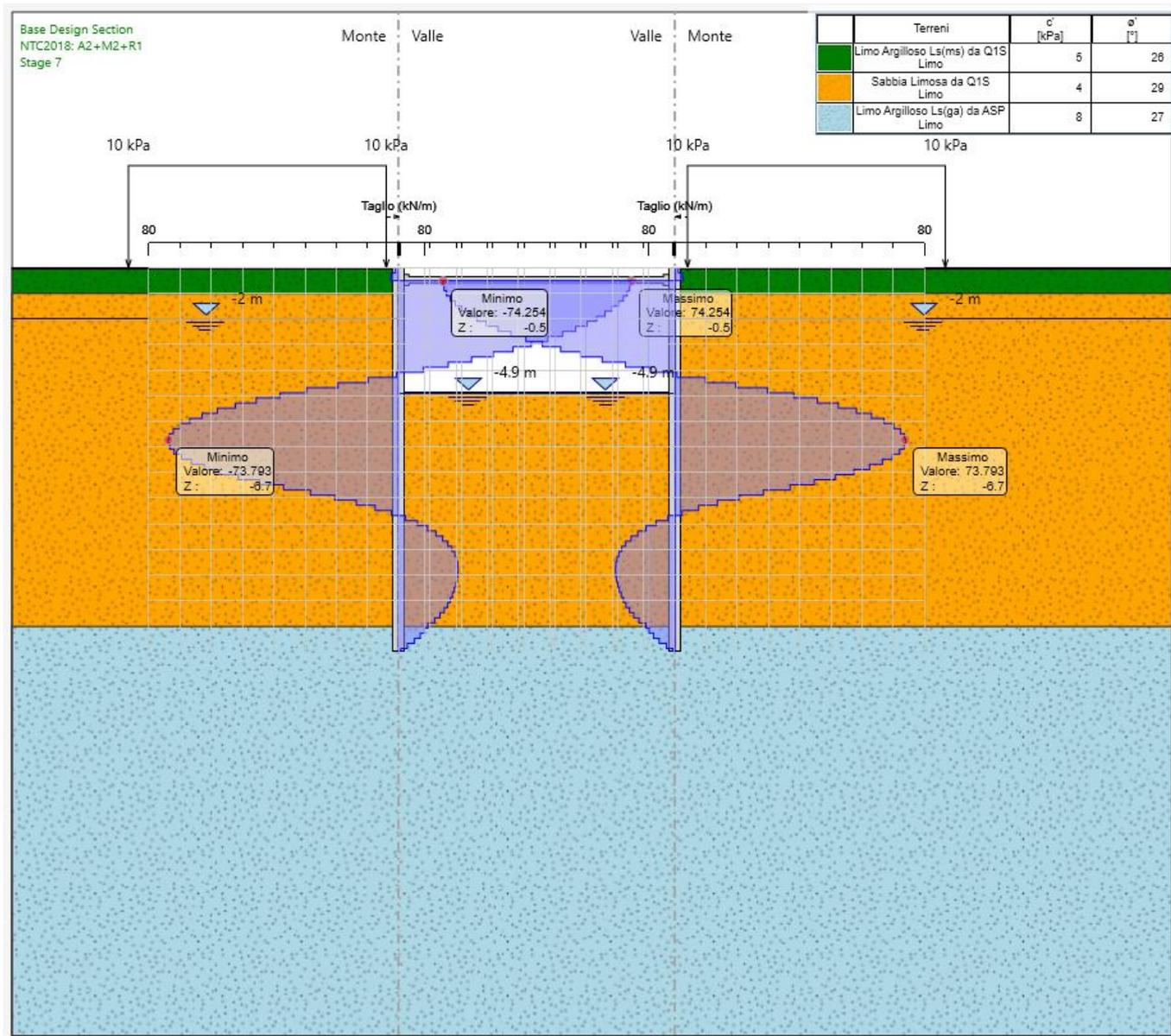


Figura 13 Diagramma taglio (GEO)

10.4. Verifiche elemento strutturale

Nelle figure seguenti si riportano i tassi di sfruttamento calcolati dal programma per la condizione A1+M1+R1 e A2-M2-R1. I tassi di sfruttamento risultano sempre inferiori a 1, pertanto le verifiche delle sezioni sono soddisfatte

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	37 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

10.4.1. Tasso di sfruttamento momento

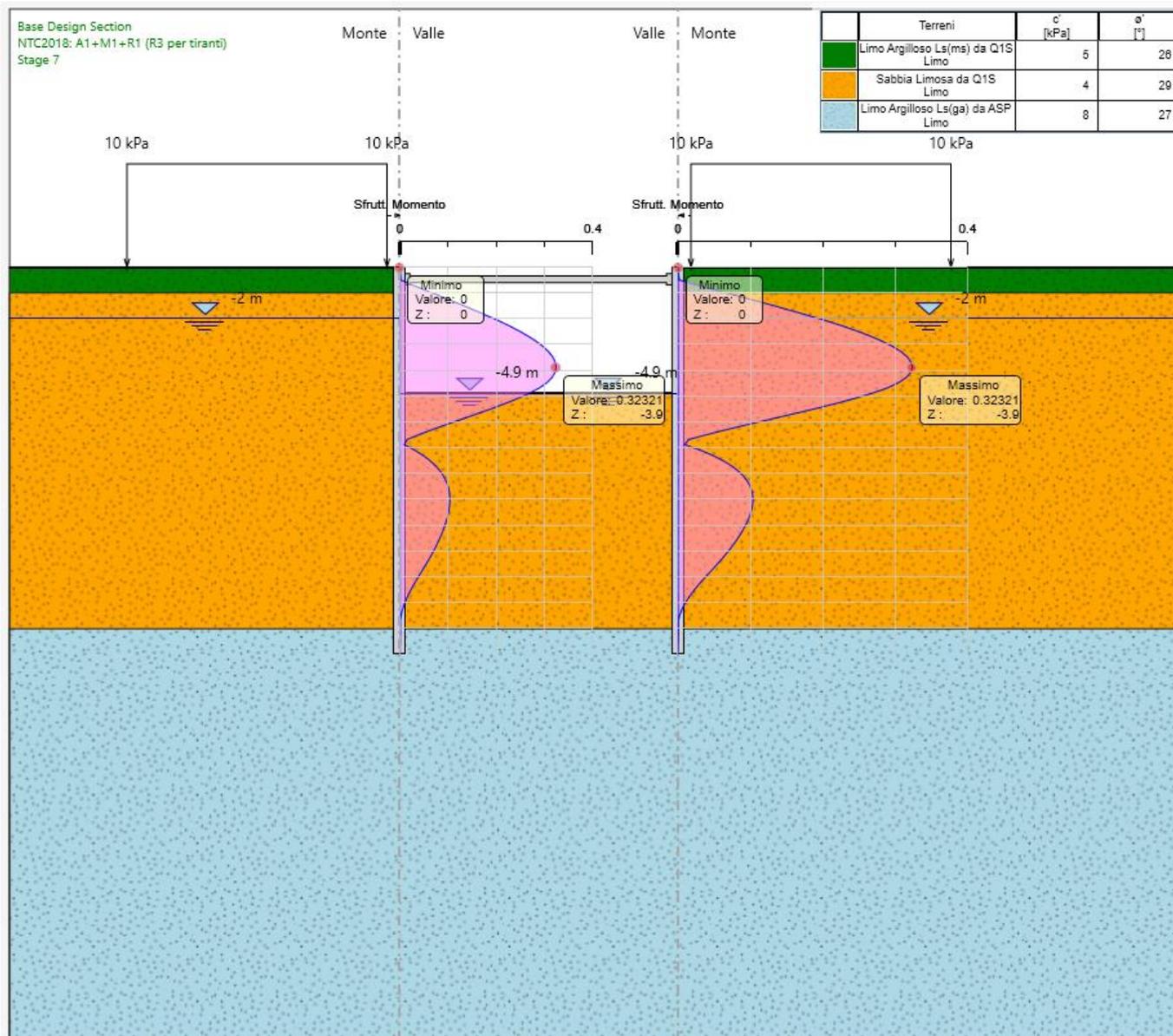


Figura 14 Tasso sfruttamento Momento (STR)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	38 di 71

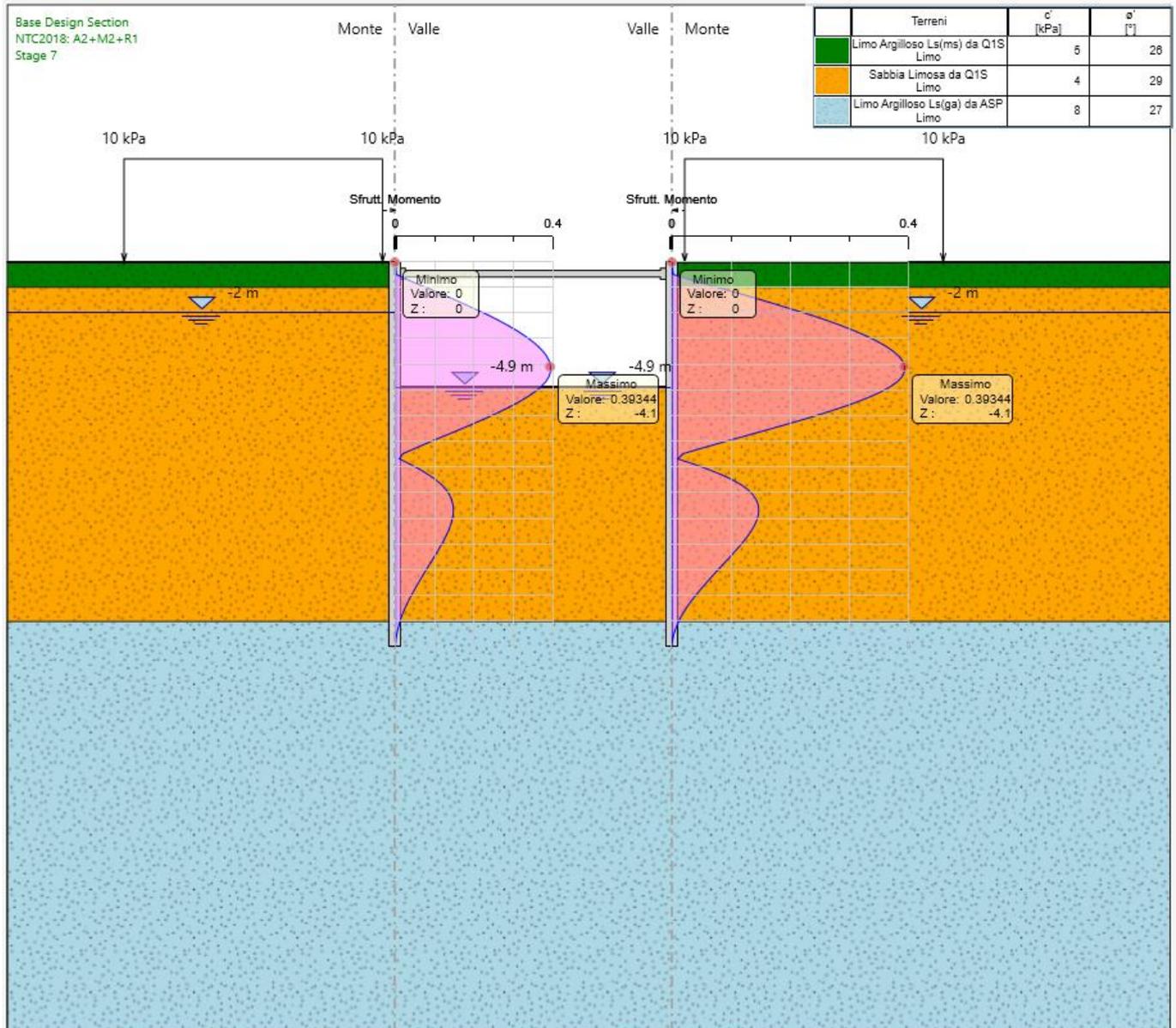


Figura 15 Tasso sfruttamento Momento (GEO)

10.4.2. Tasso di sfruttamento taglio

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	39 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

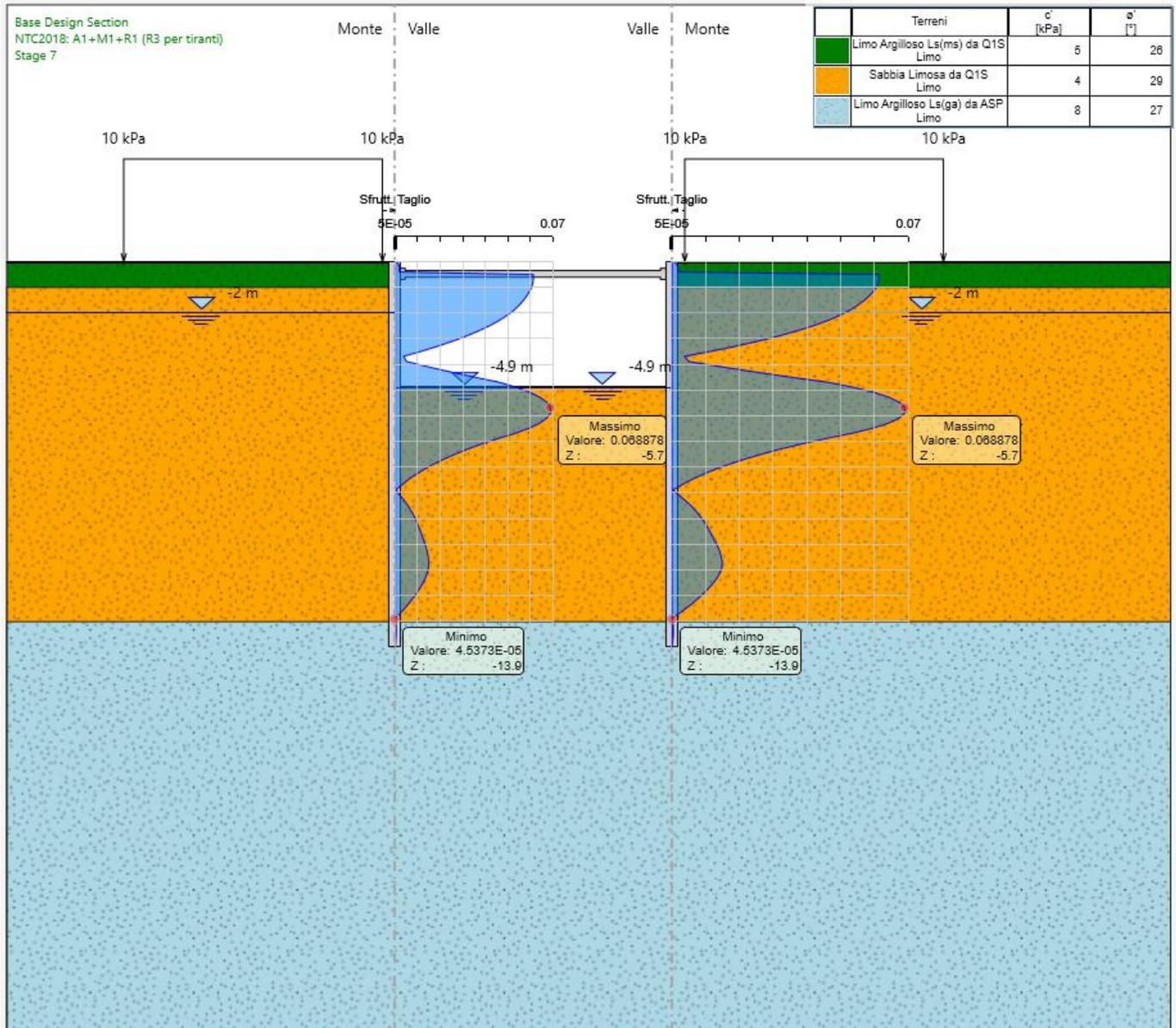


Figura 16 Tasso sfruttamento Taglio (STR)

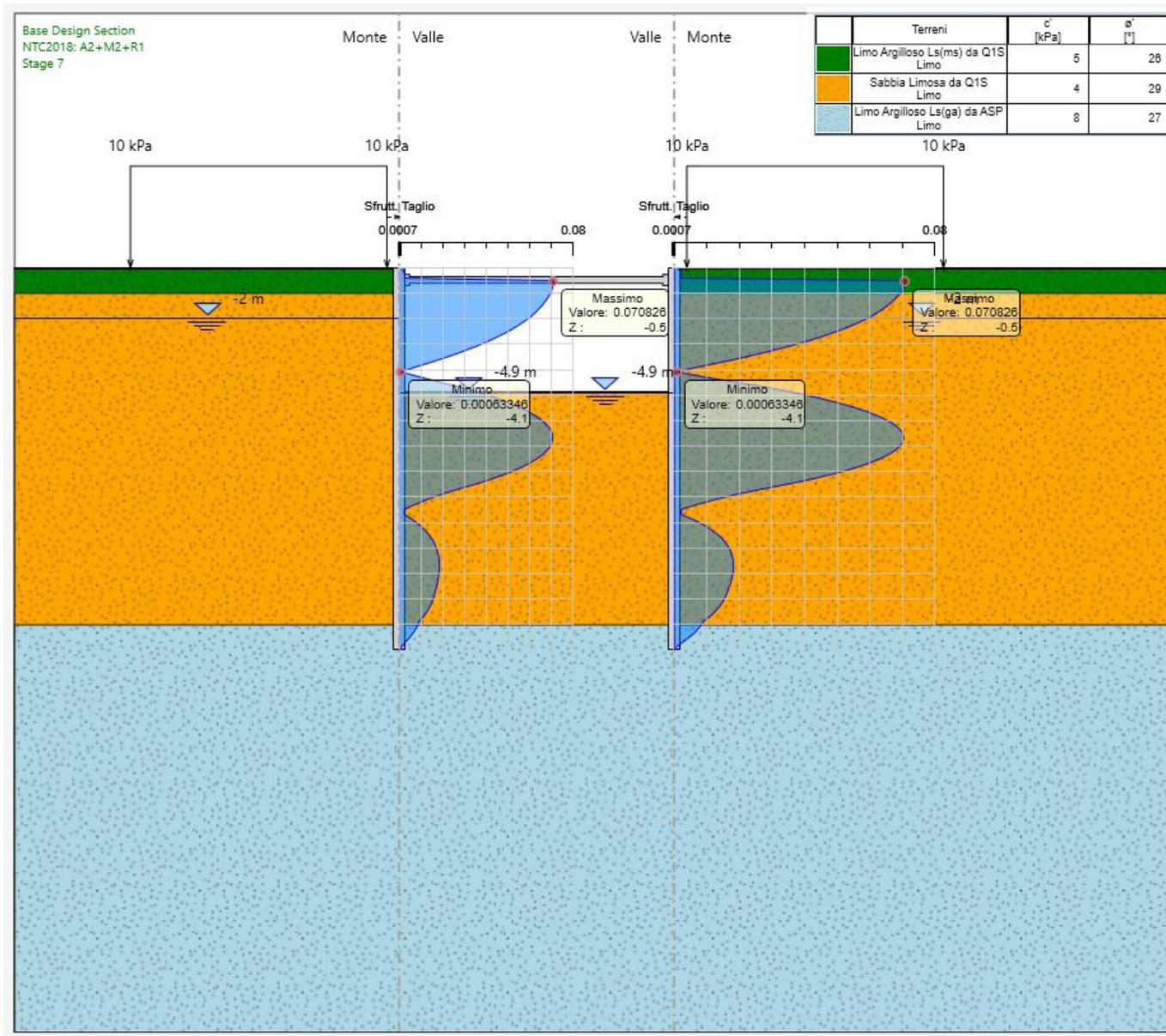


Figura 17 Tasso sfruttamento Taglio (GEO)

10.5. Instabilità puntone

La verifica del puntone è soddisfatta. I coefficienti di sfruttamento e l'instabilità risultano <1.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	41 di 71

Sezione: D219 s=20mm S275	N [kN/m]	N [kN]	sfrut. Momento	sfrut. Taglio	Instabilità
STR	66	588	0,11	0,006	0,75
GEO	77	683	0,21	0,004	0,83

10.6. Sifonamento

Di seguito la verifica a sifonamento, effettuata sia secondo DM08 che DM18, utilizzando l'altezza di scavo effettiva

SIFONAMENTO:		
2,4	ΔH_w [m] monte-valle	
4,4	h_{scavo} [m]	
10,6	infissione [m]	
15	H_{tot} [m]	
19,5	γ_{valle} [kN/m ³]	
Verifiche stati limite ultimi idraulici (DM 08)	0,95 i_{crit} [-]	
	3 FS da garantire	
	0,11 i_{eff} [-]	
	Verifica Gradiente soddisfatta	
	153,4 $u_{inst,d}$ [kPa]	
	186,0 $\sigma_{stab,d}$ [kPa]	
	Verifica a Sifonamento soddisfatta	
Caso frontiera di efflusso libera (DM 18)	0,32 $i_{crit,d}$ ($\gamma_R=3$)	
	0,11 i_{eff} [-]	
	Verifica Gradiente soddisfatta	

La verifica risulta soddisfatta.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	42 di 71

11. IV01 - SCAVO CON PALANCOLE DI LUNGHEZZA 12M

Di seguito l'analisi per le palancole della Spalla B, di lunghezza 12m per uno scavo di altezza 3,40m (modellato a 3,80m) e falda a -2m da p.c. Gli scavi sono previsti con palancole PU22 acciaio S275, con puntone a -0.5m da sommità del tipo D219 s=20mm acciaio S275, a interasse 7,1m.

La stratigrafia utilizzata è la seguente

Unità	da	a	γ	ϕ	c'	E
	m	m	kN/mc	°	kPa	MPa
L _{s(ms)}	0	-1	19,5	26	5	10
S _{L/cal}	- 1	-14	19	29	4	23
L _{s(ga)}	-14	in poi	19,5	27	8	30

11.1. Descrizione delle fasi di calcolo

Il modello si basa sulle seguenti fasi di calcolo:

- Fase 1: condizione geostatica e costruzione opera provvisoria;
- Fase 2: applicazione sovraccarico da mezzi di cantiere pari a 10 kPa;
- Fase 3: scavo fino a quota -1m da p.c. per inserimento puntone;
- Fase 4: inserimento puntone;
- Fase 5: scavo fino a quota fondo scavo

Di seguito si riporta il modello di calcolo con la stratigrafia di riferimento.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	43 di 71

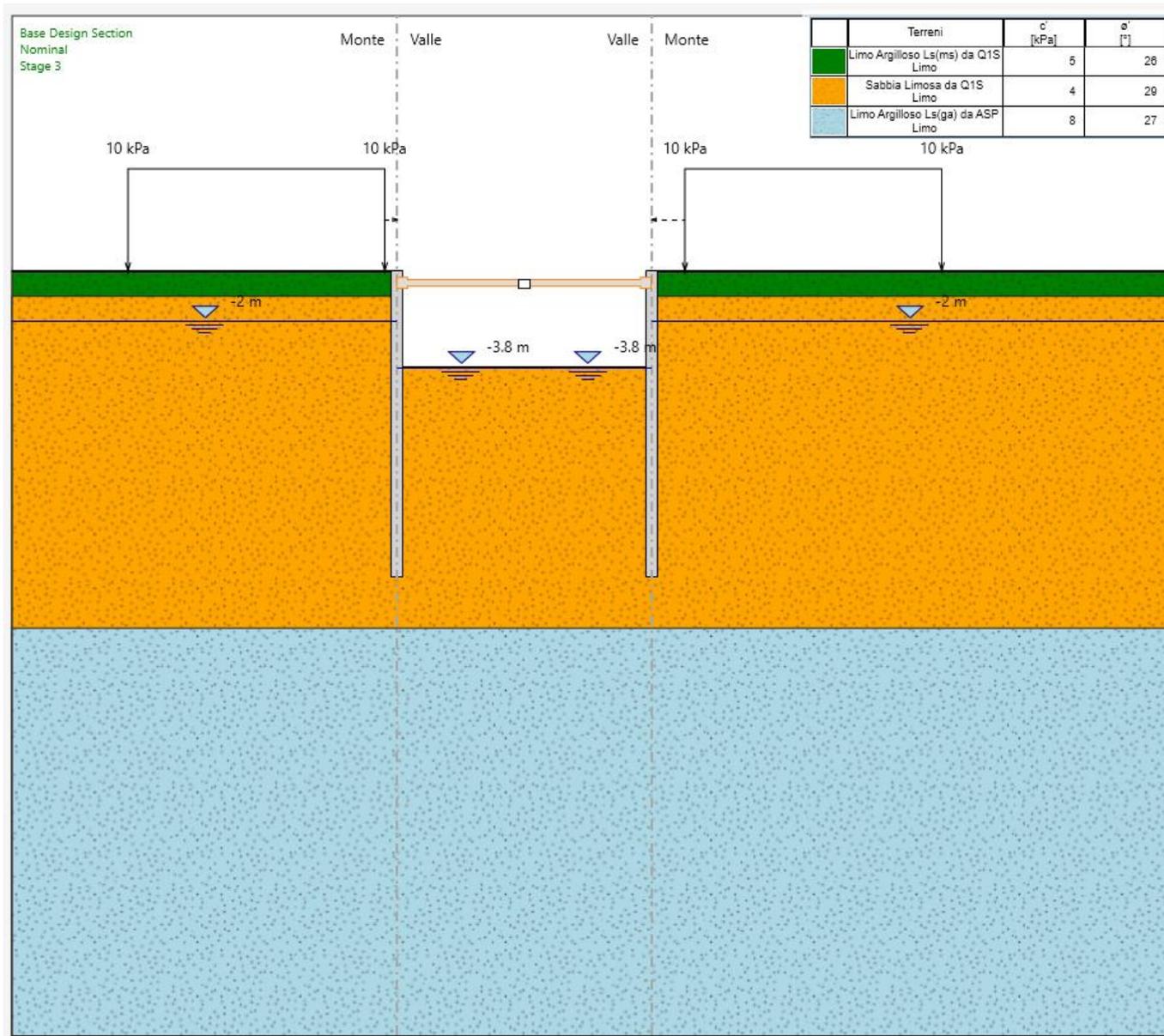


Figura 18 Modello di calcolo

Nella figura seguente si riportano le spinte calcolate dal programma per la combinazione GEO

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	44 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA



Figura 19 Modello di calcolo e spinte

11.2. Sintesi dei risultati allo SLE

Nella figura seguente si riportano gli spostamenti nell'ultima fase di calcolo:

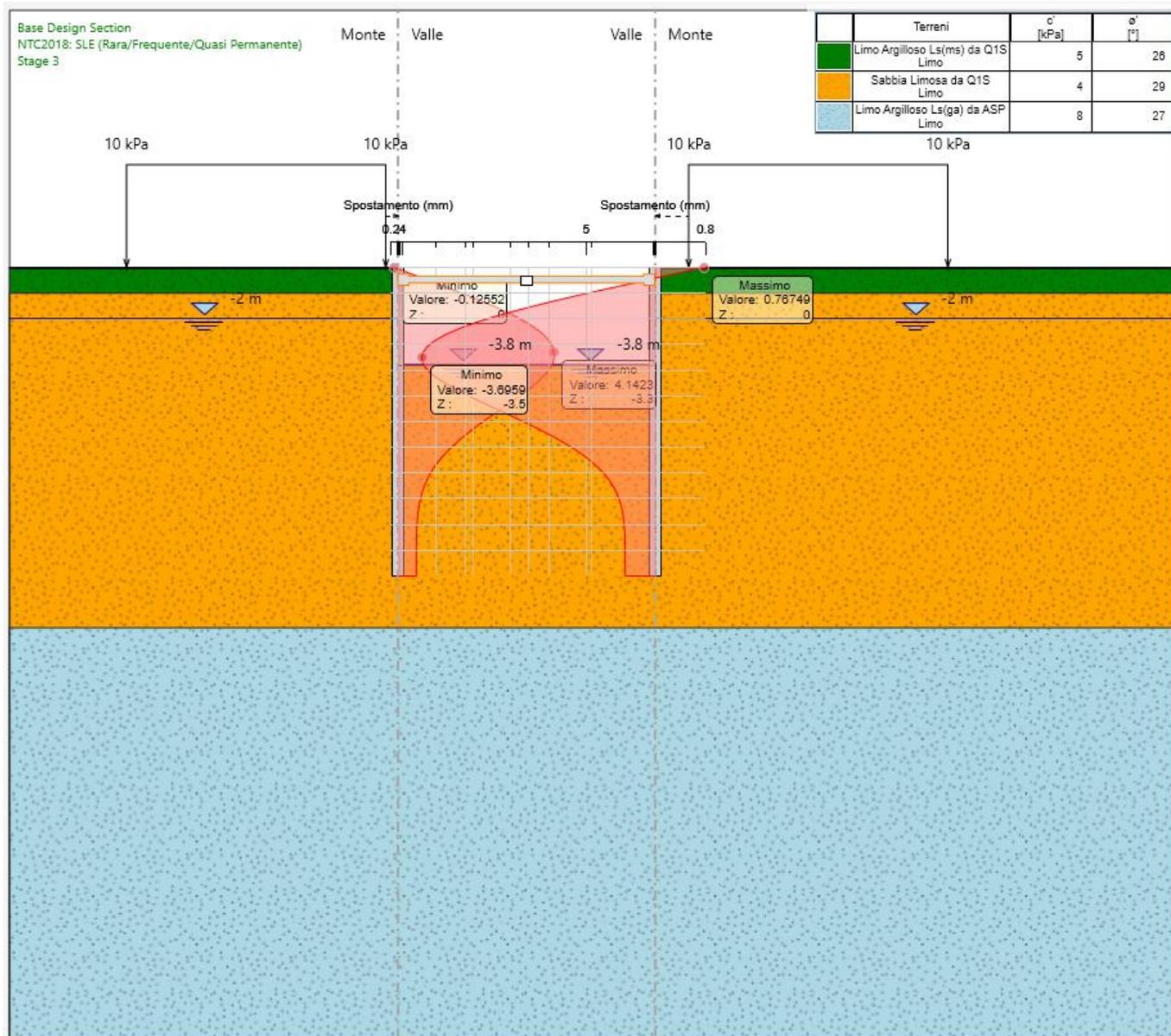


Figura 20 Spostamenti SLE

Lo spostamento in testa risulta pari a 0.08 cm

11.3. Sintesi dei risultati allo SLU

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi dei momenti e i diagrammi del taglio nell'ultima fase di calcolo, corrispondente alle condizioni A1+M1+R1 (STR) e A2-M2-R1 (GEO).

11.3.1. Sollecitazioni di momento flettente

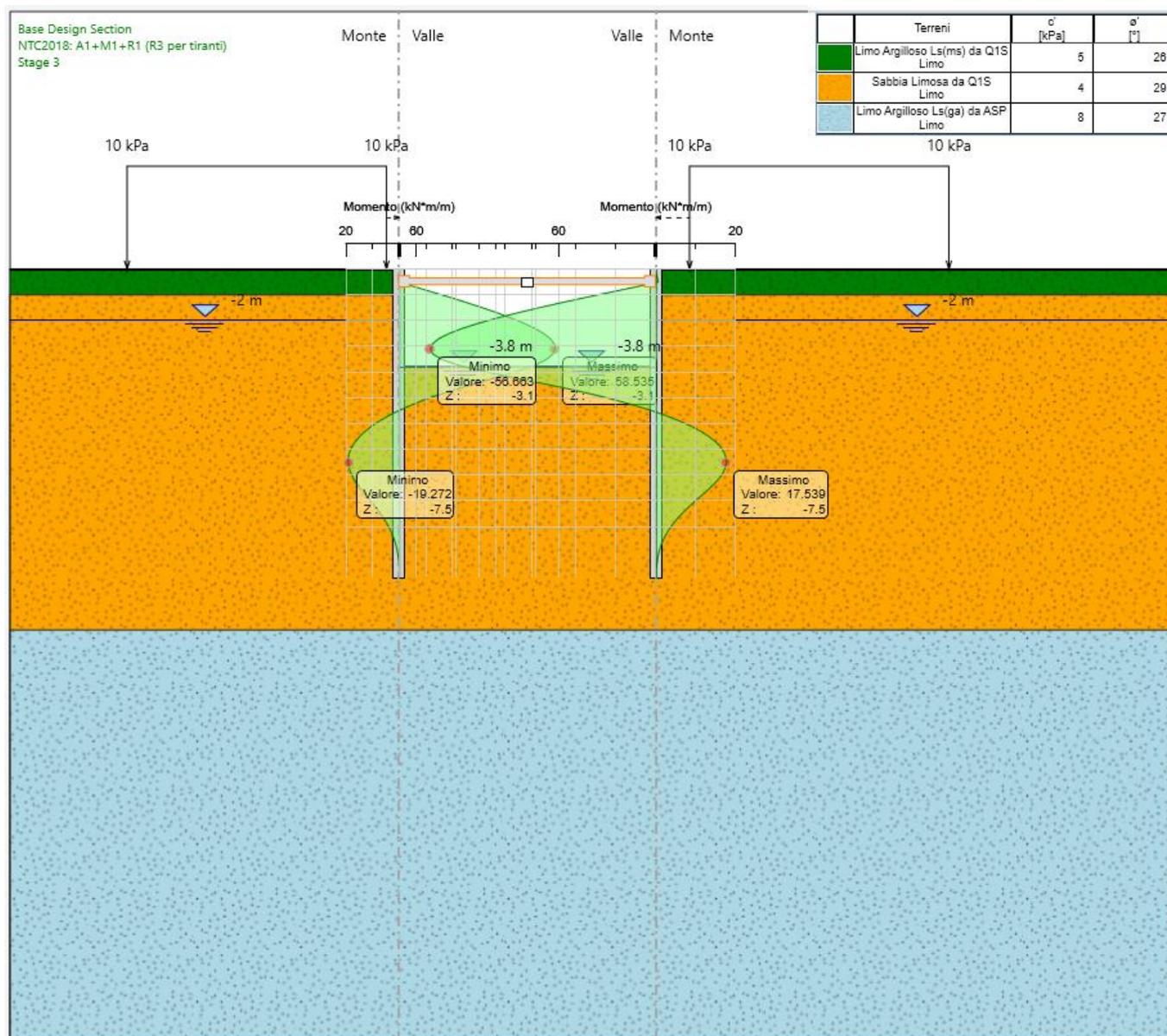


Figura 21 Diagramma momenti flettenti (STR)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	47 di 71

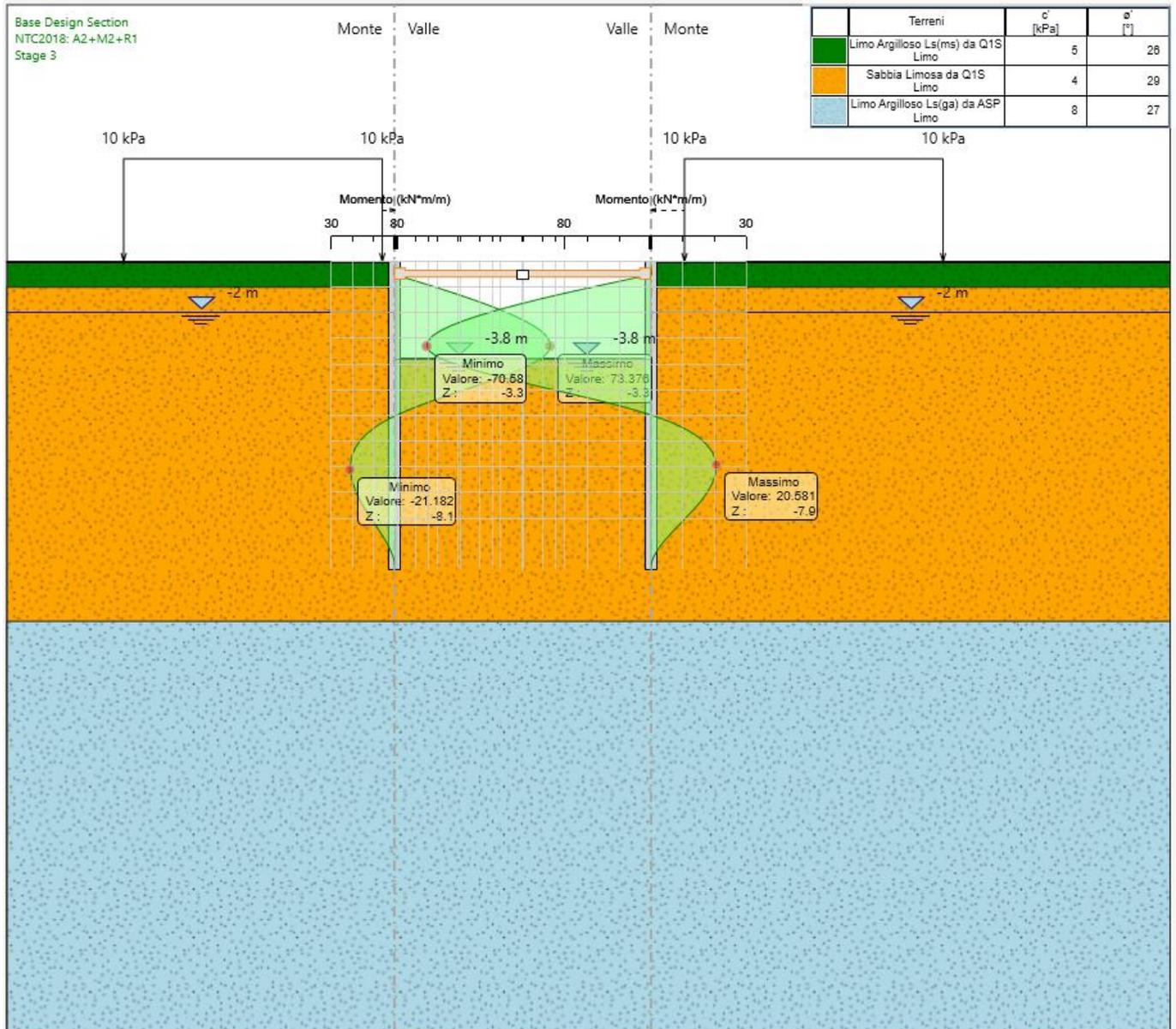


Figura 22 Diagramma momenti flettenti (GEO)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	48 di 71

11.3.2. Sollecitazioni di taglio

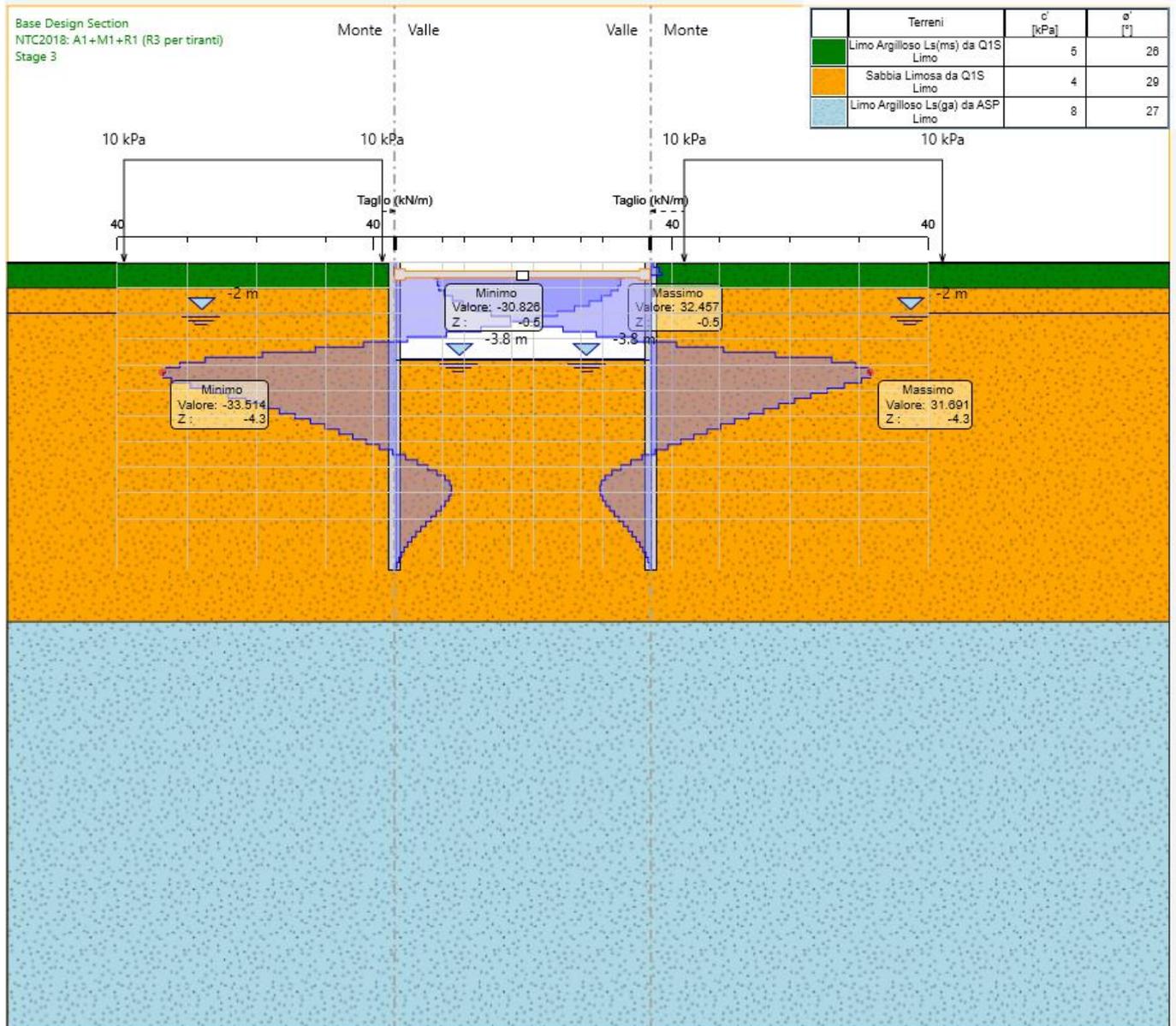


Figura 23 Diagramma taglio (STR)

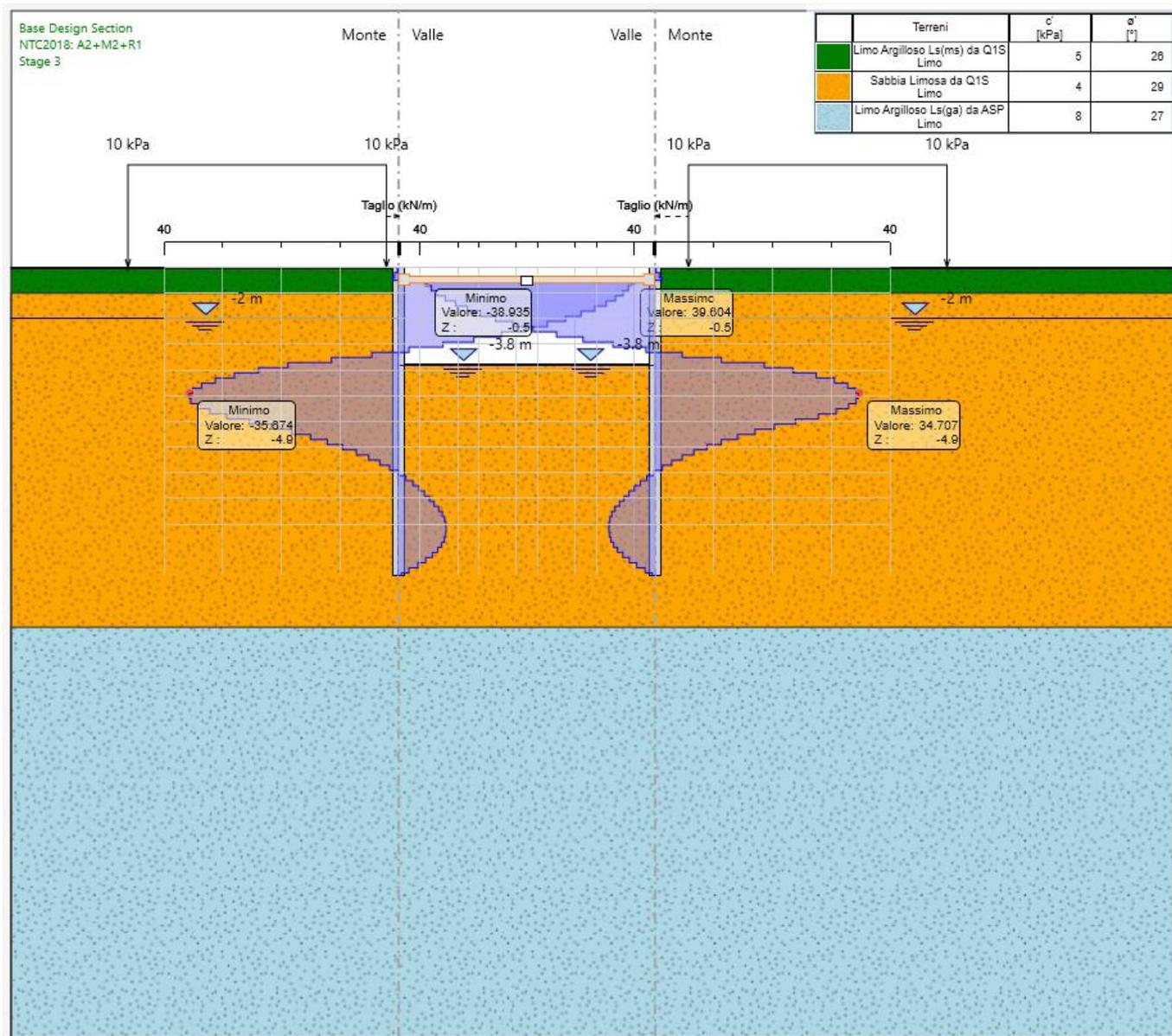


Figura 24 Diagramma taglio (GEO)

11.4. Verifiche elemento strutturale

Nelle figure seguenti si riportano i tassi di sfruttamento calcolati dal programma per la condizione A1+M1+R1 e A2-M2-R1. I tassi di sfruttamento risultano sempre inferiori a 1, pertanto le verifiche delle sezioni sono soddisfatte

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	50 di 71

11.4.1. Tasso di sfruttamento momento

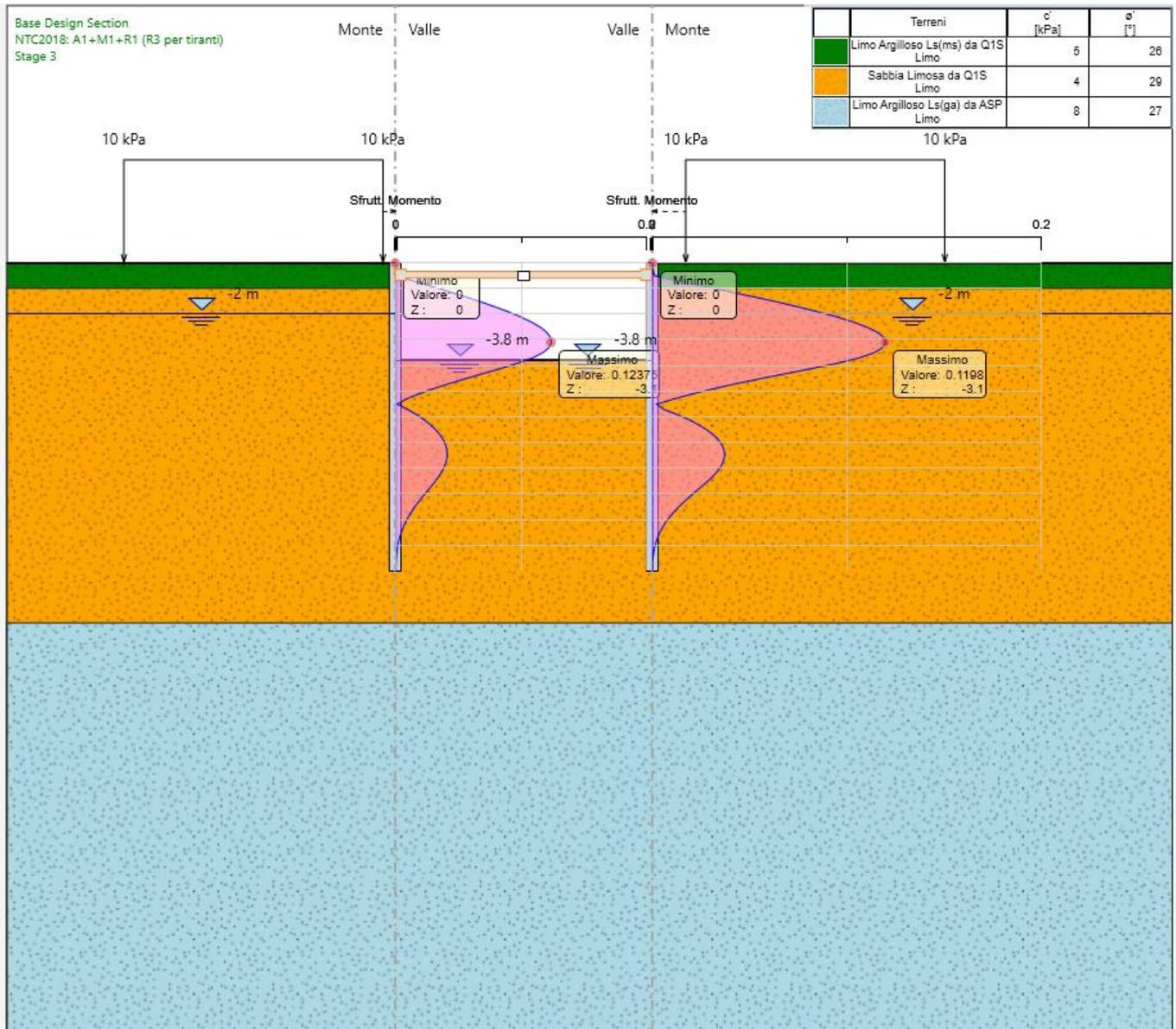


Figura 25 Tasso sfruttamento Momento (STR)

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	51 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

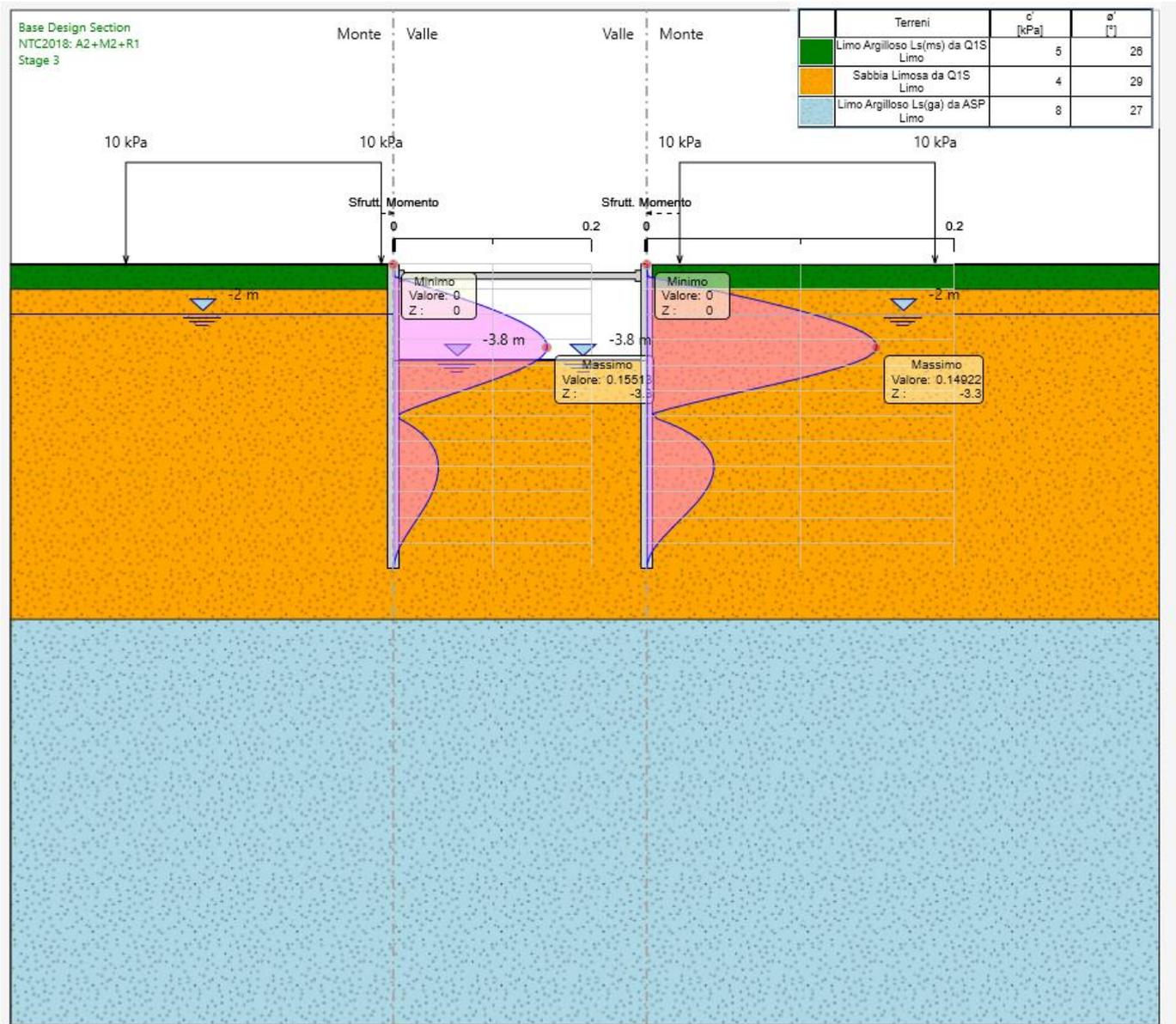


Figura 26 Tasso sfruttamento Momento (GEO)

11.4.2. Tasso di sfruttamento taglio

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	52 di 71

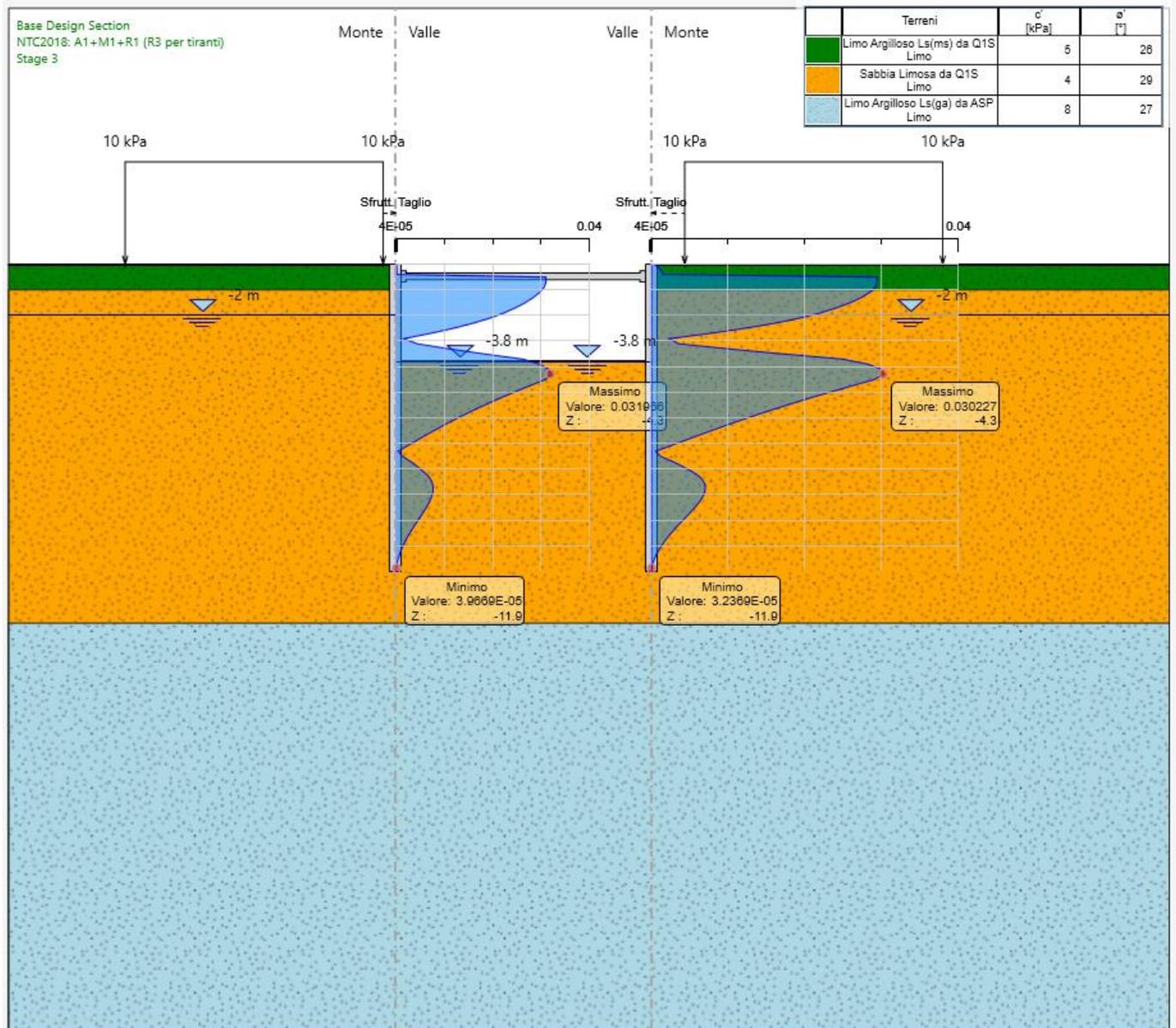


Figura 27 Tasso sfruttamento Taglio (STR)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	53 di 71

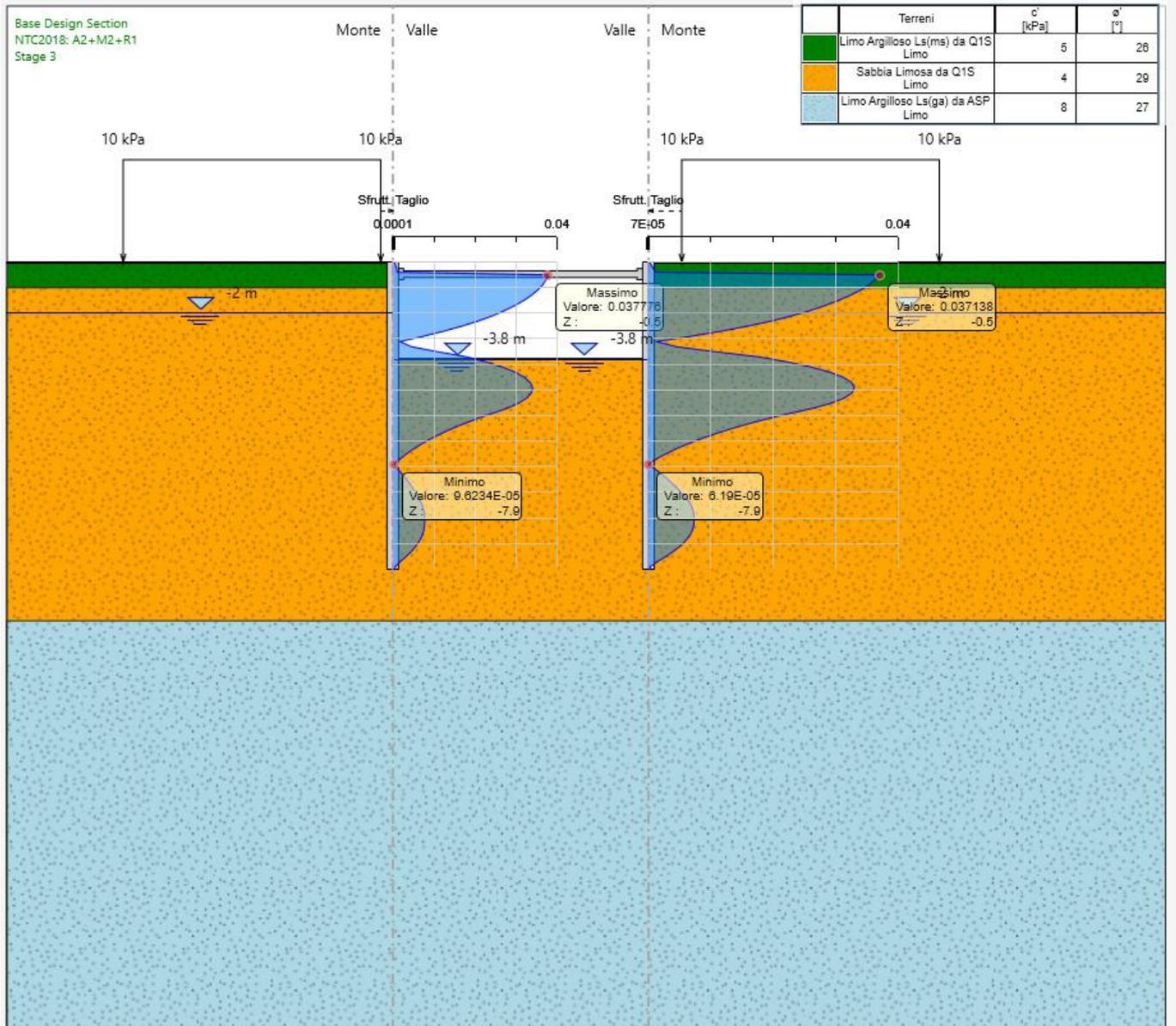


Figura 28 Tasso sfruttamento Taglio (GEO)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	54 di 71

11.5. Instabilità puntone

La verifica del puntone è soddisfatta. I coefficienti di sfruttamento e l'instabilità risultano <1.

Sezione: D219 s=20mm S275	N [kN/m]	N [kN]	sfrut. Momento	sfrut. Taglio	Instabilità
STR	33	231	0.070	0.005	0.298
GEO	40	290	0.09	0.004	0.335

11.6. Sifonamento

Di seguito la verifica a sifonamento, effettuata sia secondo DM08 che DM18, utilizzando l'altezza di scavo effettiva

SIFONAMENTO:	
1,4	ΔH_w [m] monte-valle
3,4	h_{scavo} [m]
8,6	infissione [m]
12	H_{tot} [m]
19,5	γ_{valle} [kN/m ³]
Verifiche stati limite ultimi idraulici DM08	0,95 i_{crit} [-]
	3 FS da garantire
	0,08 i_{eff} [-]
	Verifica Gradiente soddisfatta
	120,9 $u_{inst,d}$ [kPa]
	150,9 $\sigma_{stab,d}$ [kPa]
	Verifica a Sifonamento soddisfatta
Caso frontiera di efflusso libera DM18	0,32 $i_{crit,d}$ ($\gamma_R=3$)
	0,08 i_{eff} [-]
	Verifica Gradiente soddisfatta

La verifica risulta soddisfatta

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>55 di 71</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	55 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	55 di 71								

12. IV01 - ANALISI DI STABILITÀ SCAVO A CIELO APERTO

Nel seguito si riportano le analisi di stabilità condotte e i relativi fattori di sicurezza determinati per lo scavo a cielo aperto con pendenza scavo 1/1, altezza scavo 3,10m e falda a -2m da p.c.. Le analisi sono state condotte considerando il terreno con comportamento drenato.

Per i parametri geotecnici, le condizioni di falda e la stratigrafia di riferimento si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale di cui al Doc. 0 e al Profilo Geotecnico Doc. 0.

È stato considerato un sovraccarico variabile a tergo dello scavo pari a 10 kPa.

La stratigrafia considerata è la seguente:

Unità	da	a	γ	ϕ	c'
	m	m	kN/mc	°	kPa
L _{s(ms)}	0	-1	19,5	26	5
S _{L/cal}	- 1	in poi	19	29	4

Nella seguente figura si riporta il modello di calcolo implementato nel software GeoSlope, riportando i risultati nella combinazione A2-M2-R2.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	56 di 71

Surcharge (Unit Weight): 10 kN/m³

Color	Name	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)
■	Limo Argilloso	19	5	26
■	Sabbia Limosa	19	4	29

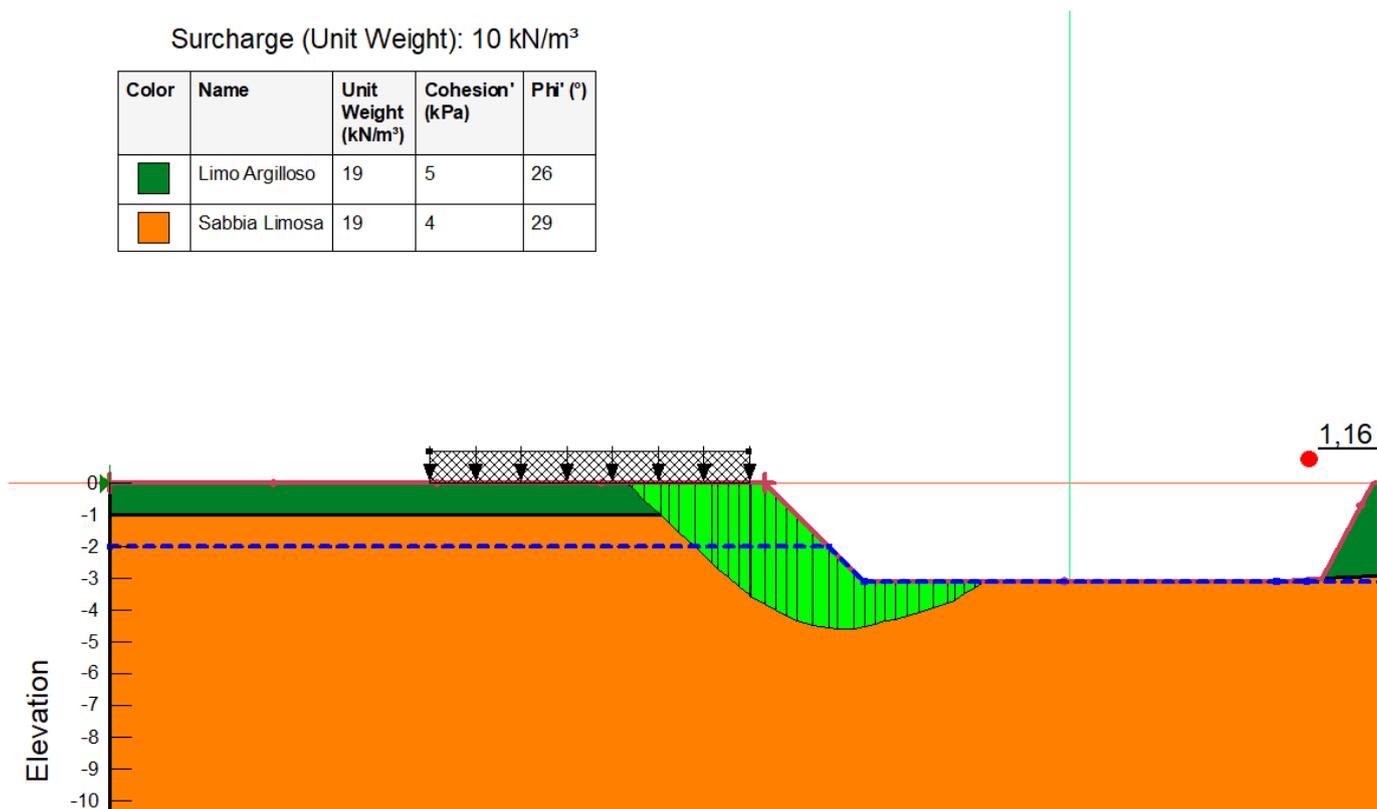


Figura 29 Sezione di calcolo scavo a cielo aperto

La verifica di stabilità risulta soddisfatta, essendo $FS=1.16 \geq 1.10$

13. IV02 - SCAVO CON PALANCOLE DI LUNGHEZZA 12M

Di seguito l'analisi per le palancole delle Pile 1, 2 e 3: analisi delle opere provvisorie con palancole di lunghezza 12m per uno scavo di altezza 4,00m (modellato a 4,40m) e falda a -3,0m da p.c. Gli scavi sono previsti con palancole PU22 acciaio S275, con puntone a -0.5m da sommità del tipo D219 s=20mm acciaio S275, a interasse 7,1m.

La stratigrafia utilizzata è la seguente

Unità	da	a	γ	ϕ	c'	E
	m	m	kN/mc	°	kPa	MPa
L _{s(ms)}	0	-1,5	19,5	26	5	10
S _{L/cal}	- 1,5	-7	19	29	4	23
L _{s(ga)}	-7	in poi	19,5	27	8	30

13.1. Descrizione delle fasi di calcolo

Il modello si basa sulle seguenti fasi di calcolo:

- Fase 1: condizione geostatica e costruzione opera provvisoria;
- Fase 2: applicazione sovraccarico da mezzi di cantiere pari a 10 kPa;
- Fase 3: scavo fino a quota -1m da p.c. per inserimento puntone;
- Fase 4: inserimento puntone;
- Fase 5: scavo fino a quota fondo scavo

Di seguito si riporta il modello di calcolo con la stratigrafia di riferimento.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	58 di 71

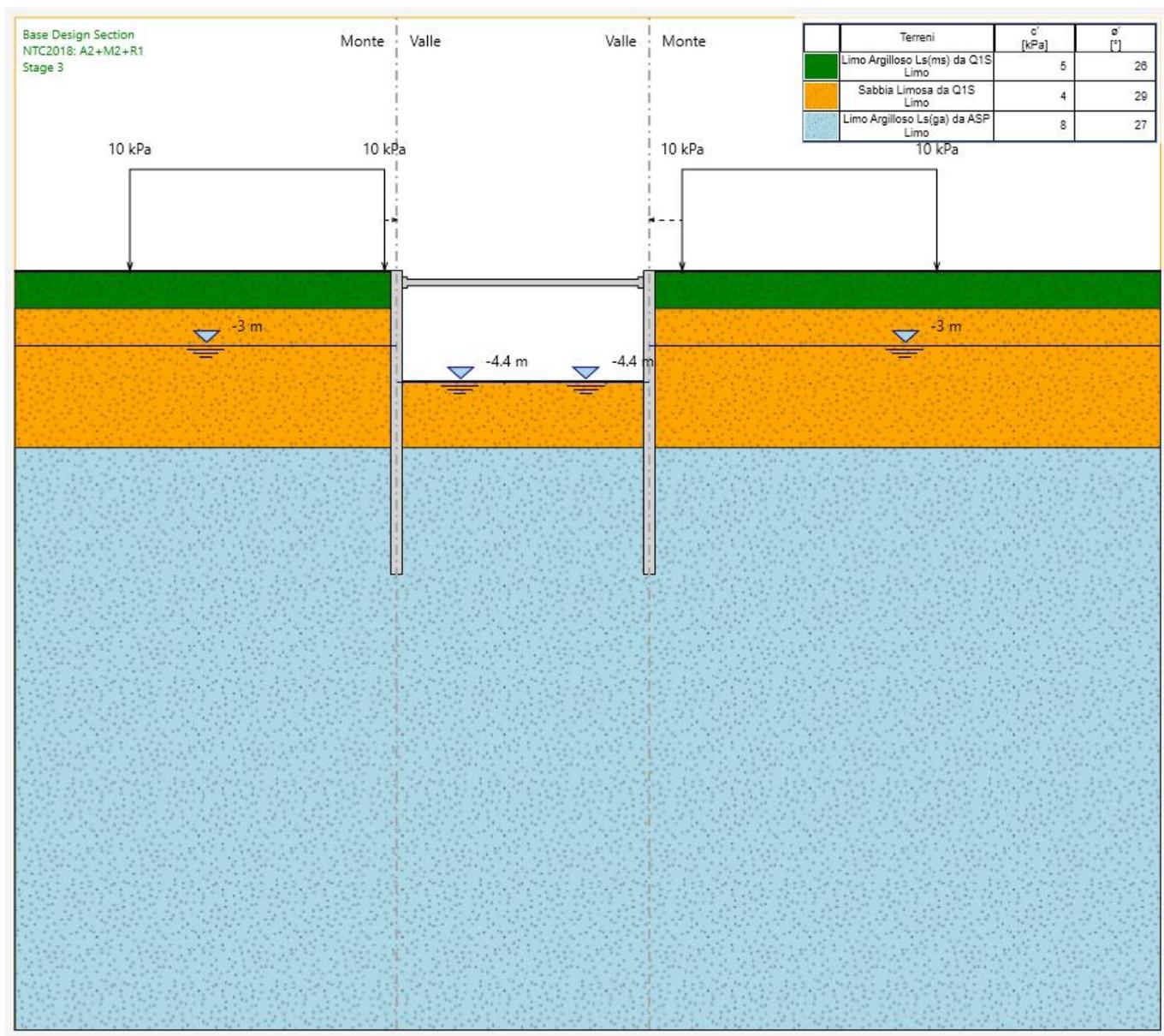


Figura 30 Modello di calcolo

Nella figura seguente si riportano le spinte calcolate dal programma per la combinazione GEO

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	59 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

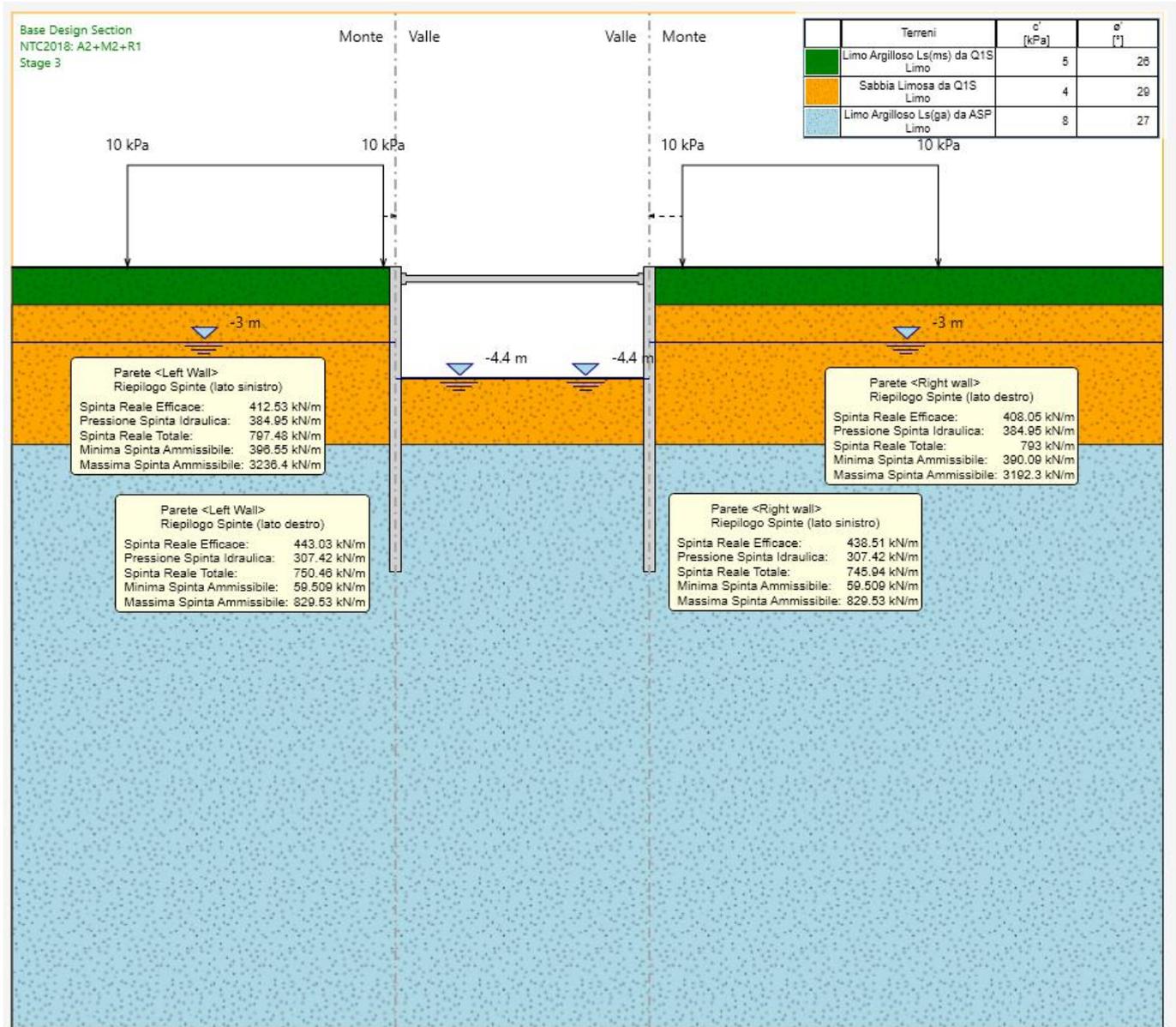


Figura 31 Modello di calcolo e spinte

13.2. Sintesi dei risultati allo SLE

Nella figura seguente si riportano gli spostamenti nell'ultima fase di calcolo:

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	60 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

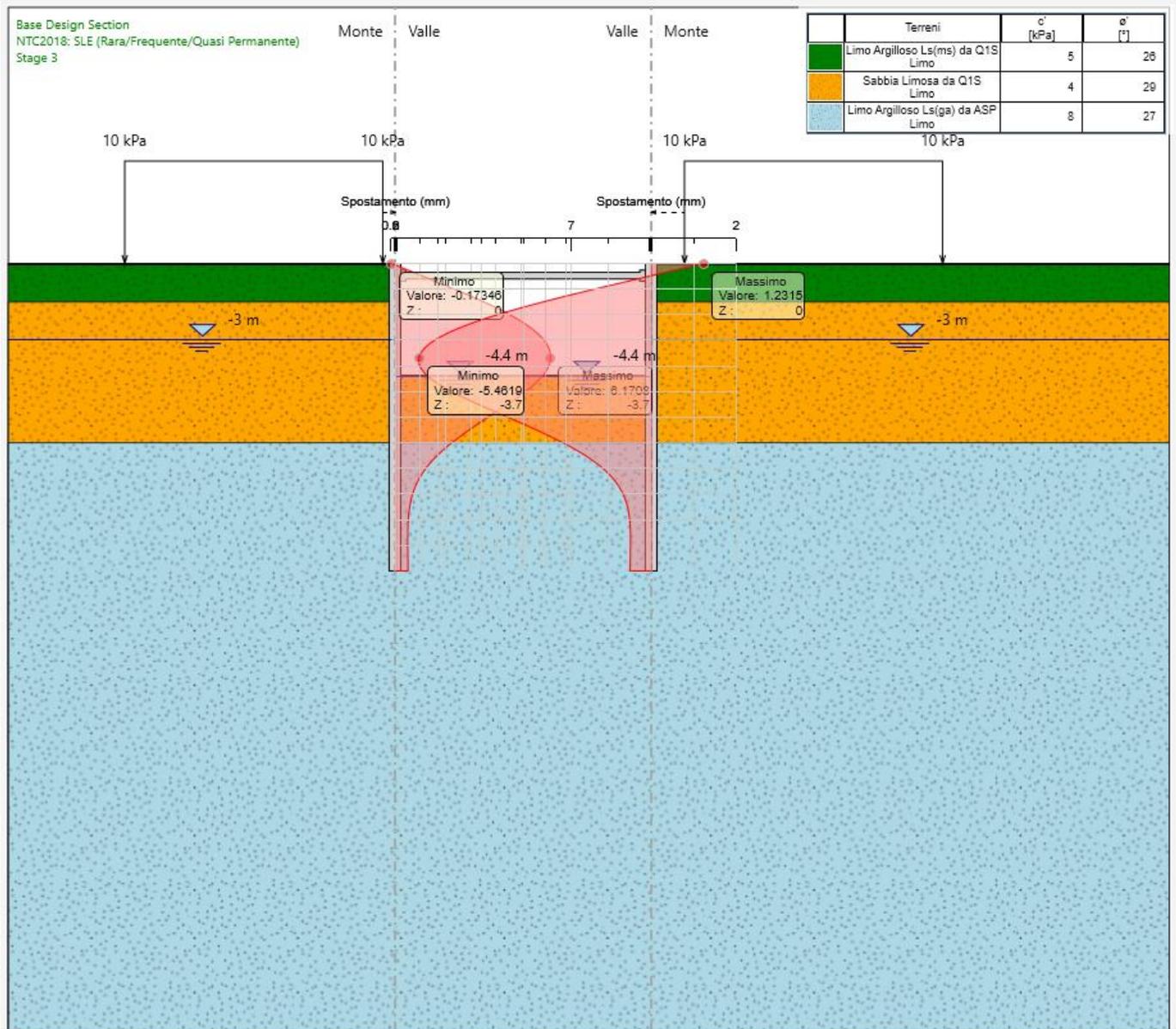


Figura 32 Spostamenti SLE

Lo spostamento in testa risulta pari a 0.12 cm

13.3. Sintesi dei risultati allo SLU

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi dei momenti e i diagrammi del taglio nell'ultima fase di calcolo, corrispondente alle condizioni A1+M1+R1 (STR) e A2-M2-R1 (GEO).

13.3.1. Sollecitazioni di momento flettente

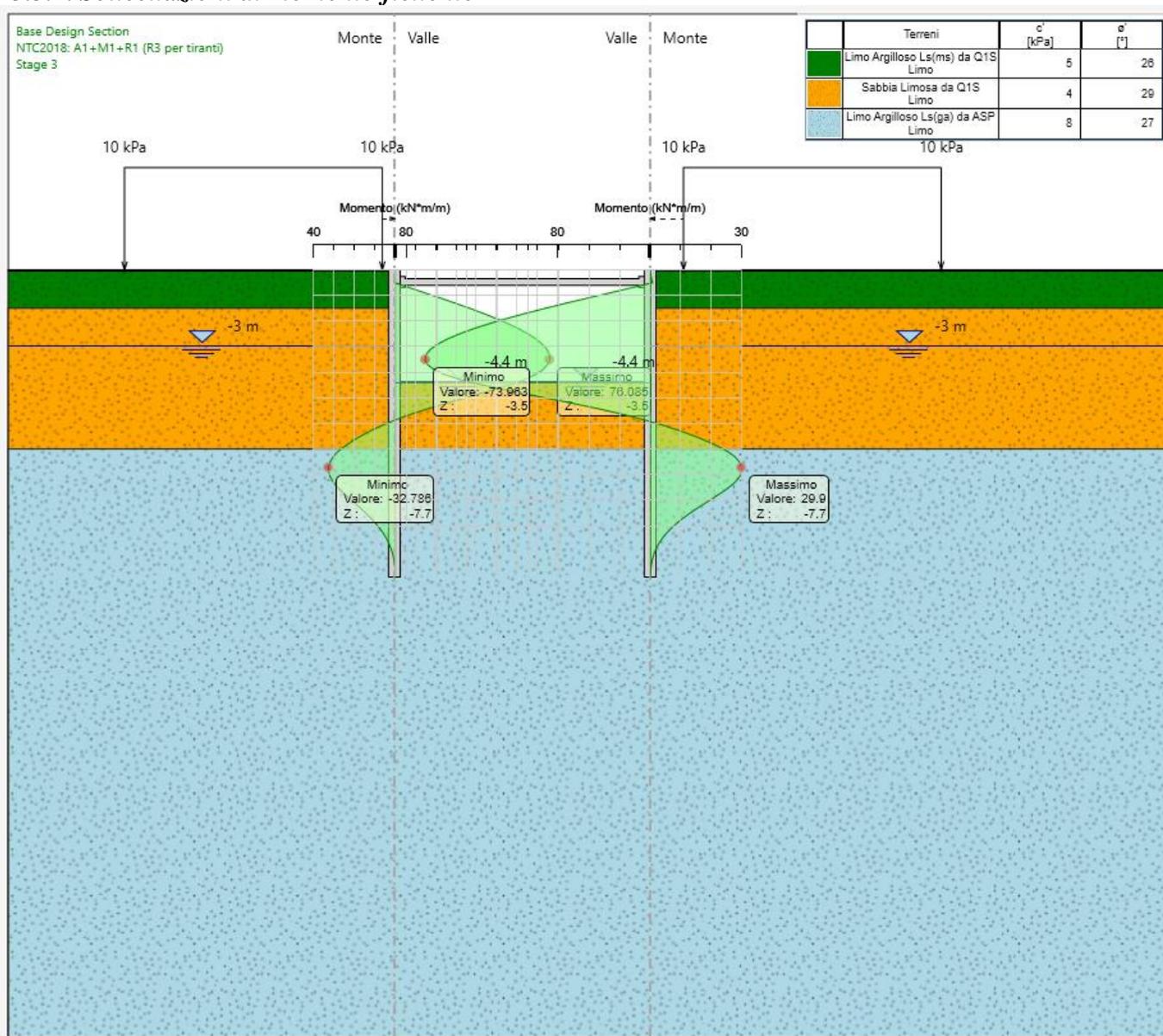


Figura 33 Diagramma momenti flettenti (STR)

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	62 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

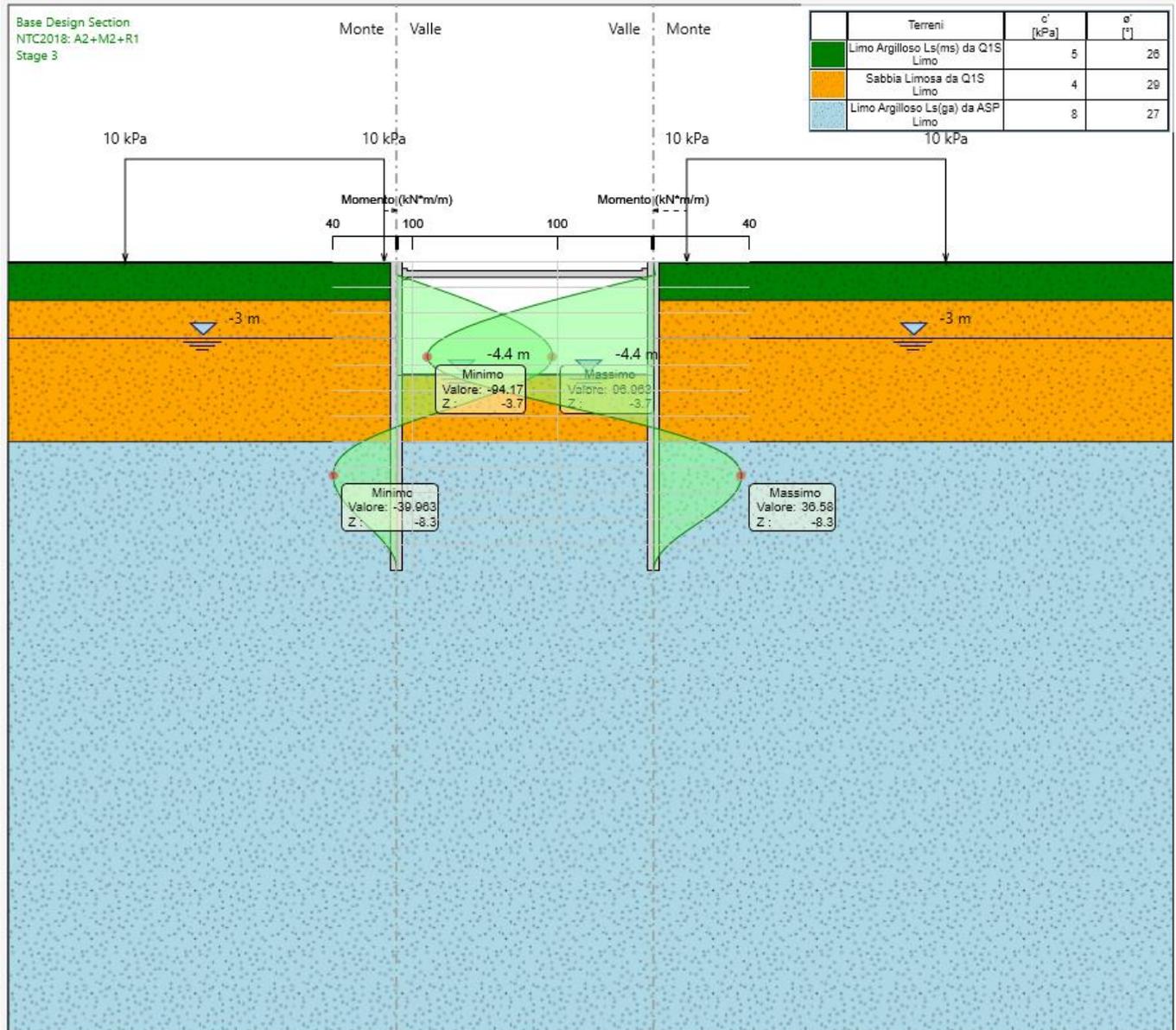


Figura 34 Diagramma momenti flettenti (GEO)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	63 di 71

13.3.2. Sollecitazioni di taglio

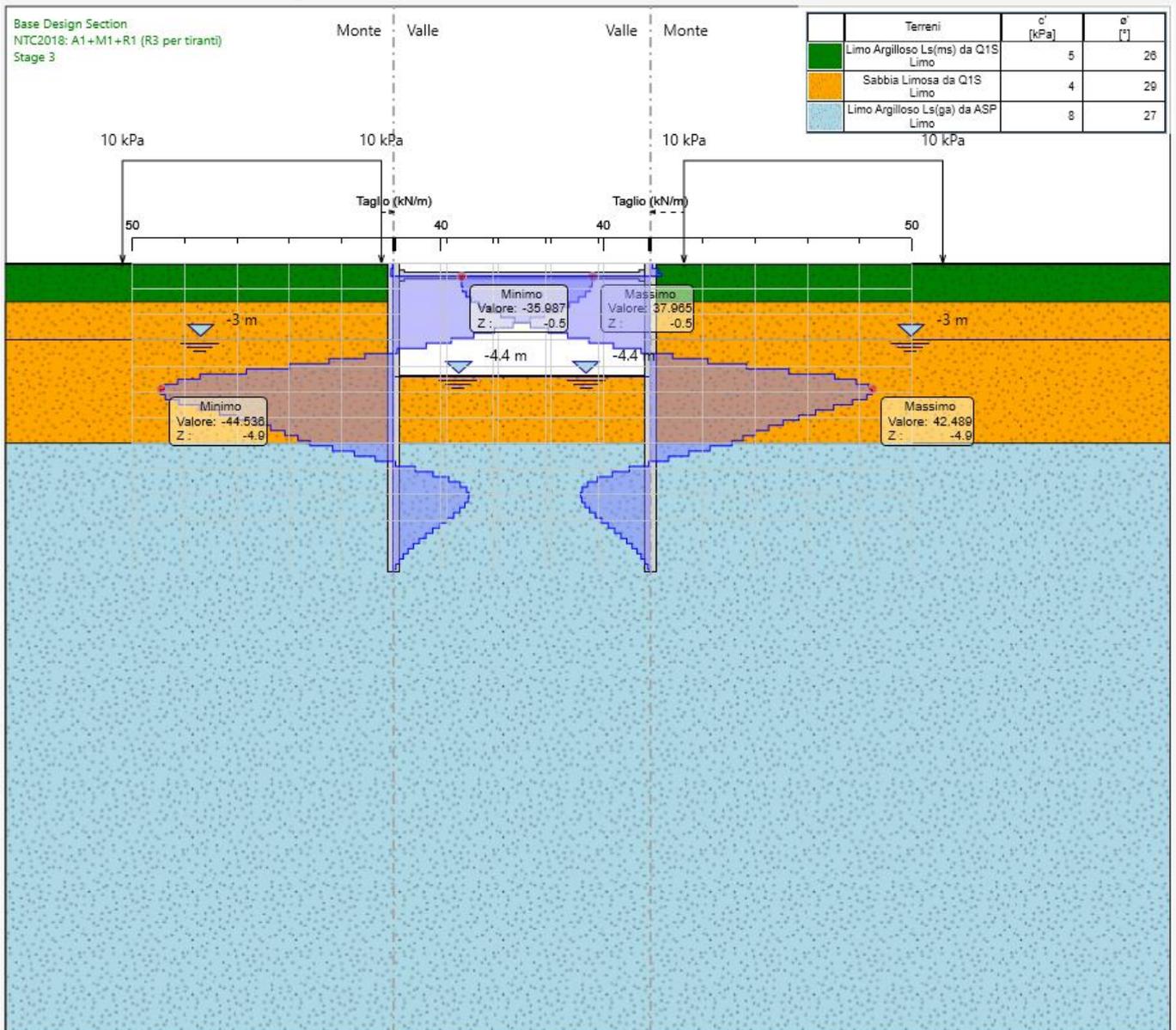


Figura 35 Diagramma taglio (STR)

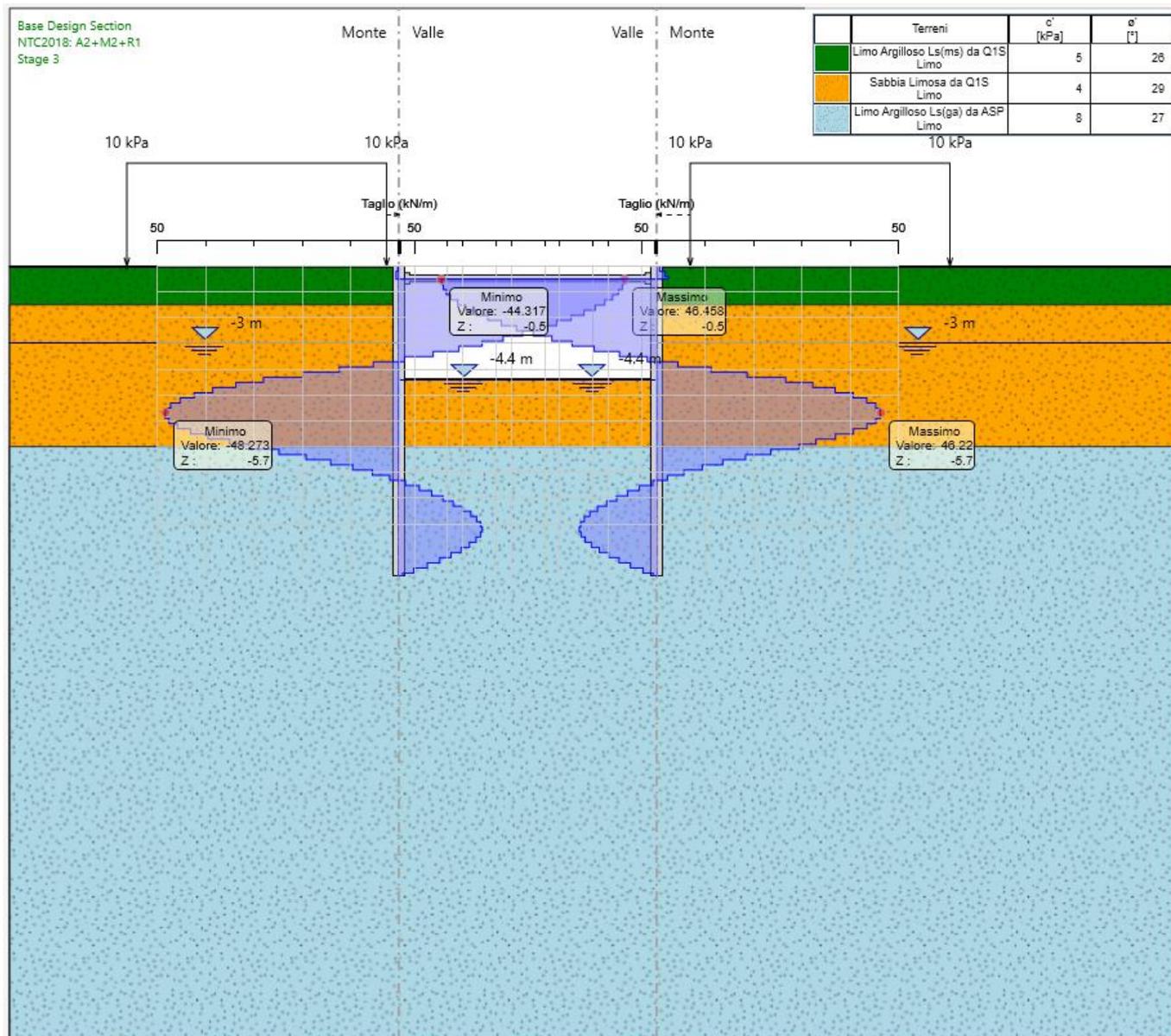


Figura 36 Diagramma taglio (GEO)

13.4. Verifiche elemento strutturale

Nelle figure seguenti si riportano i tassi di sfruttamento calcolati dal programma per la condizione A1+M1+R1 e A2-M2-R1. I tassi di sfruttamento risultano sempre inferiori a 1, pertanto le verifiche delle sezioni sono soddisfatte.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	65 di 71

13.4.1. Tasso di sfruttamento momento

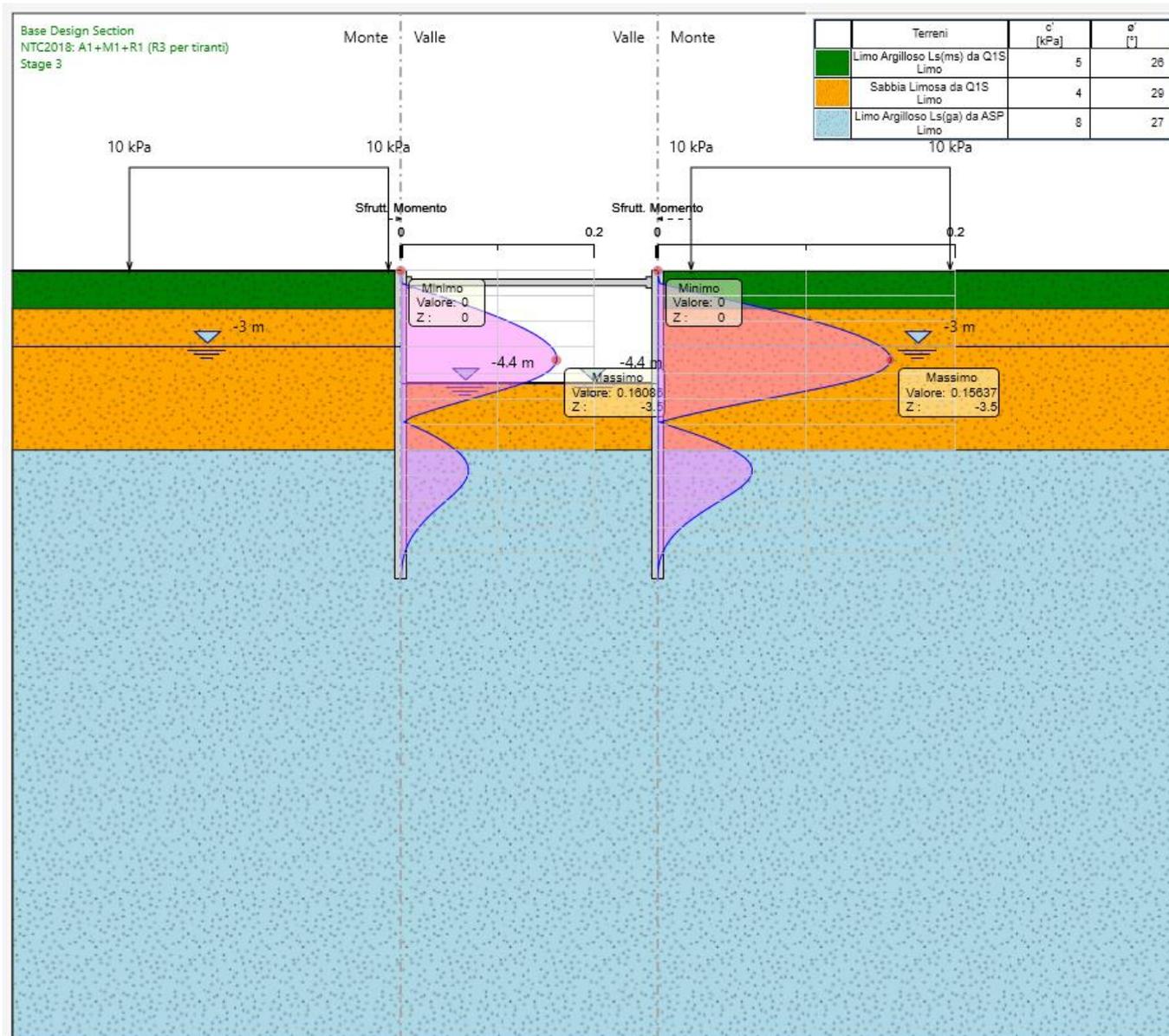


Figura 37 Tasso sfruttamento Momento (STR)

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	66 di 71

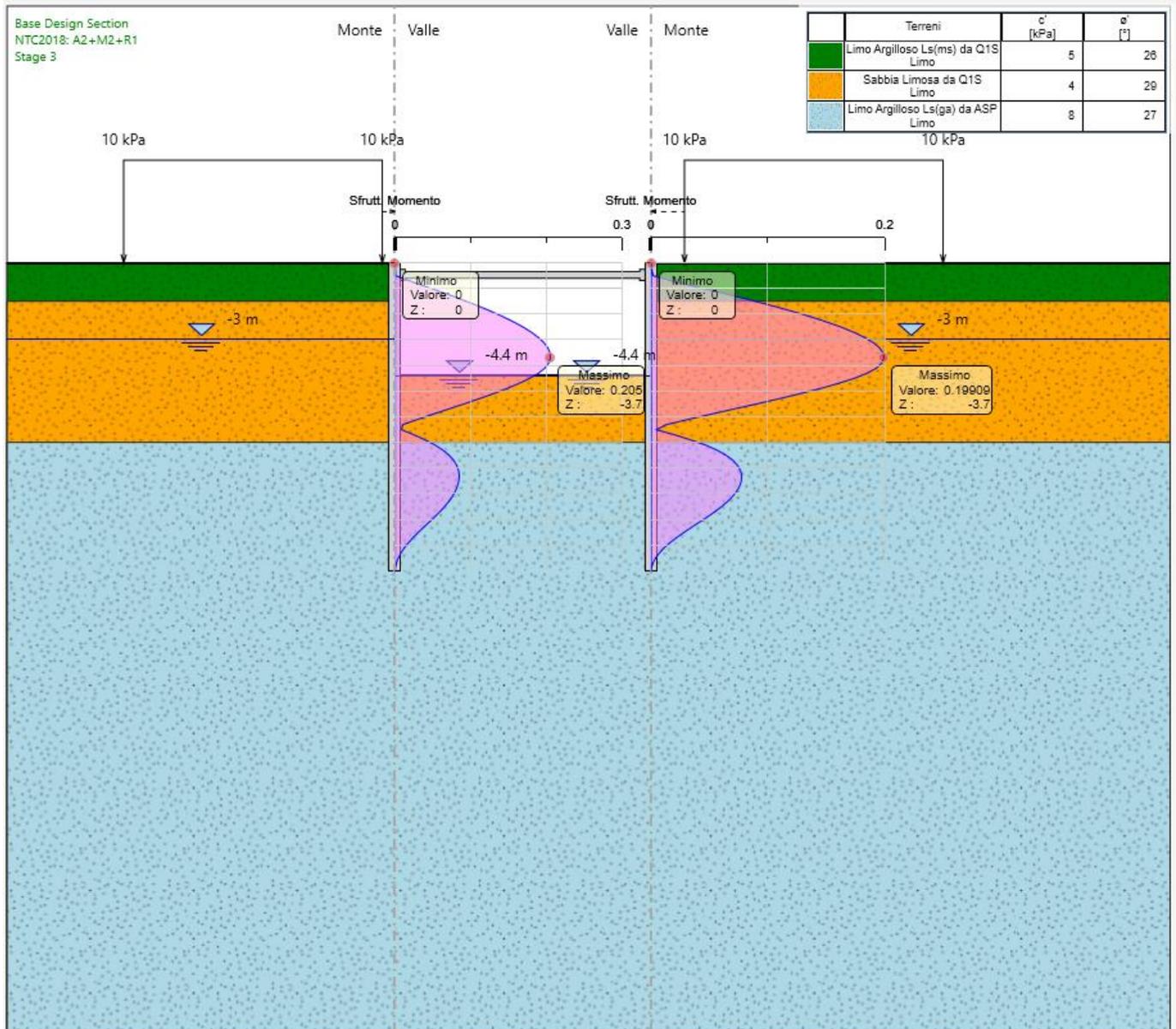


Figura 38 Tasso sfruttamento Momento (GEO)

13.4.2. Tasso di sfruttamento taglio

CAVALCAFERROVIA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA7K 00 D09 CL IV.00.0.0 001 B 67 di 71

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

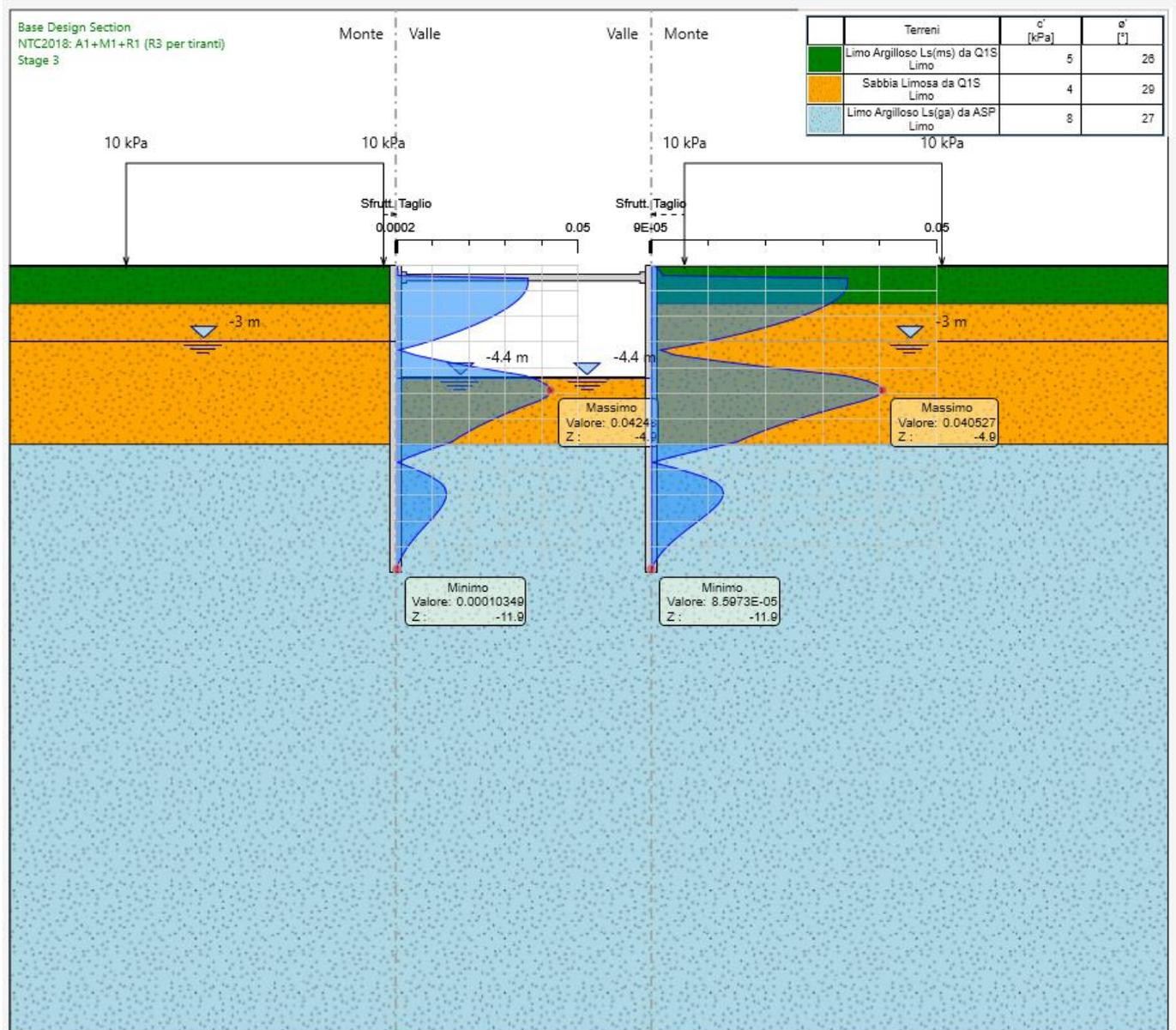


Figura 39 Tasso sfruttamento Taglio (STR)



Figura 40 Tasso sfruttamento Taglio (GEO)

13.5. Instabilità puntone

La verifica del puntone è soddisfatta. I coefficienti di sfruttamento e l'instabilità risultano <1.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	69 di 71

Sezione: D219 s=20mm S275	N [kN/m]	N [kN]	sfrut. Momento	sfrut. Taglio	Instabilità
STR	38	273	0.08	0.005	0.34
GEO	47	334	0.10	0.004	0.38

13.6. Sifonamento

Di seguito la verifica a sifonamento, effettuata sia secondo DM08 che DM18, utilizzando l'altezza di scavo effettiva

SIFONAMENTO:		
1,0	ΔH_w [m] monte-valle	
4,0	h_{scavo} [m]	
8,0	infissione [m]	
12	H_{tot} [m]	
19,5	γ_{valle} [kN/m ³]	
0,95	i_{crit} [-]	
3	FS da garantire	
0,06	i_{eff} [-]	
Verifiche stati limite ultimi idraulici DM08	Verifica Gradiente soddisfatta	
	110,5	$u_{inst,d}$ [kPa]
	140,4	$\sigma_{stab,d}$ [kPa]
	Verifica a Sifonamento soddisfatta	
	Caso frontiera di efflusso libera DM18	0,32
0,06		i_{eff} [-]
Verifica Gradiente soddisfatta		

La verifica risulta soddisfatta

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO INTERMODALE DI BRINDISI COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>CAVALCAFERROVIA</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI DEI CAVALCAFERROVIA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA7K</td> <td>00</td> <td>D09</td> <td>CL IV.00.0.0 001</td> <td>B</td> <td>70 di 71</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	70 di 71
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	70 di 71								

14. IV02 - ANALISI DI STABILITÀ SCAVO A CIELO APERTO

Nel seguito si riportano le analisi di stabilità condotte e i relativi fattori di sicurezza determinati per lo scavo a cielo aperto con pendenza scavo 1/1, altezza scavo assunta in via cautelativa pari a 3,70m e falda a -3m da p.c.. Le analisi sono state condotte considerando il terreno con comportamento drenato.

Per i parametri geotecnici, le condizioni di falda e la stratigrafia di riferimento si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale di cui al Doc. 0 e al Profilo Geotecnico Doc. 0.

È stato considerato un sovraccarico variabile a tergo dello scavo pari a 10 kPa.

La stratigrafia considerata è la seguente:

Unità	da	a	γ	ϕ	c'
	m	m	kN/mc	°	kPa
L _{s(ms)}	0	-1,5	19,5	26	5
S _{L/cal}	- 1,5	in poi	19	29	4

Nella seguente figura si riporta il modello di calcolo implementato nel software GeoSlope, riportando i risultati nella combinazione A2-M2-R2.

CAVALCAFERROVIA

RELAZIONE DI CALCOLO SCAVI E OPERE PROVVISORIALI
DEI CAVALCAFERROVIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7K	00	D09	CL IV.00.0.0 001	B	71 di 71

[-33,28316; 14,64543 m] Surcharge (Unit Weight): 10 kN/m³

Color	Name	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)
■	Limo Argilloso	19	5	26
■	Sabbia Limosa	19	4	29

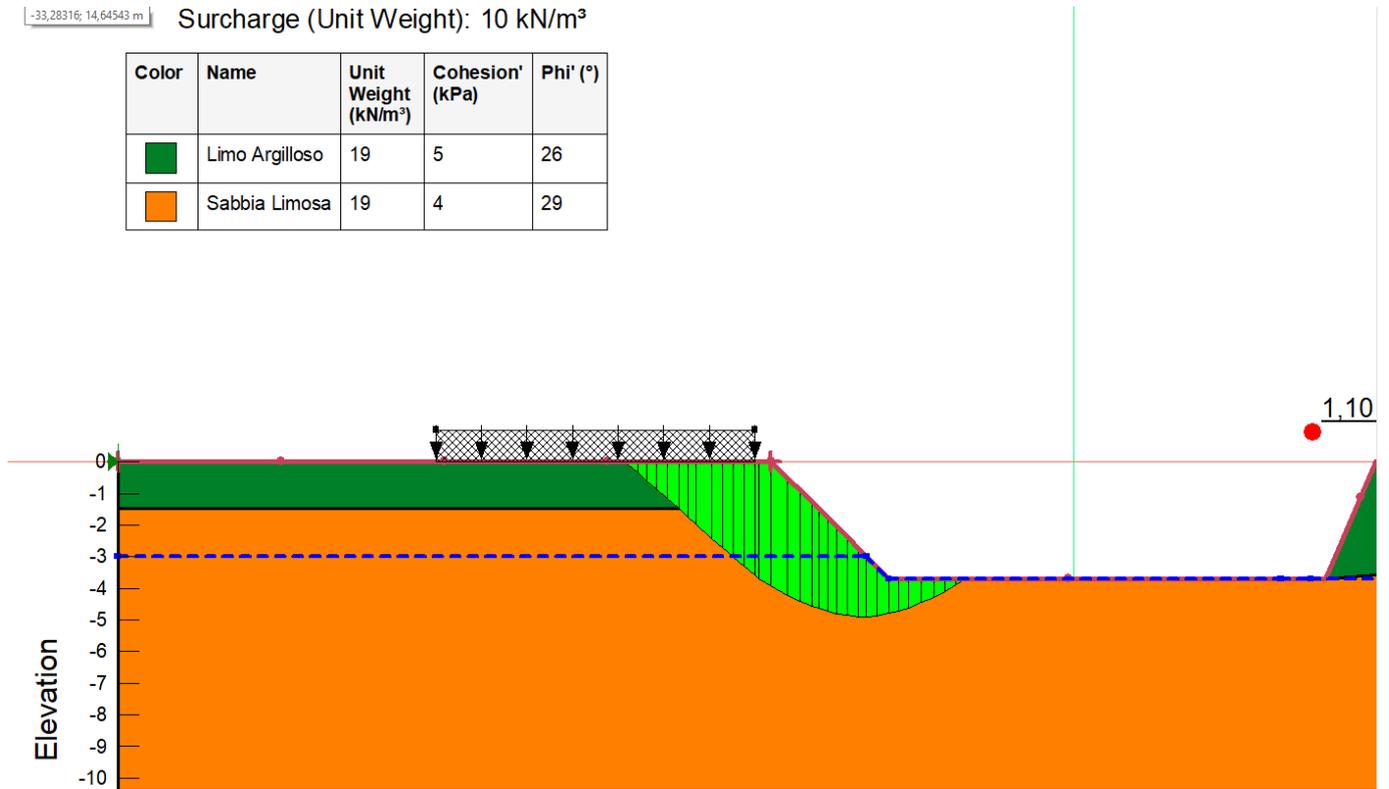


Figura 41 Sezione di calcolo scavo a cielo aperto

La verifica di stabilità risulta soddisfatta, essendo $FS=1.1 \geq 1.1$