



## IINDICE

<b>1.</b>	<b><u>PREMESSA.....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>NORMATIVA PRINCIPALE DI RIFERIMENTO .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>3.</b>	<b><u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....</u></b>	<b><u>4</u></b>
3.1.	GEOLOGIA.....	4
3.1.1.	<i>Sintema del Musone .....</i>	7
3.1.2.	<i>Sintema di Matelica .....</i>	7
3.1.3.	<i>Supersintema di Colle Ulivo-Colonia Montani.....</i>	8
3.1.4.	<i>Formazione della Laga.....</i>	8
3.1.5.	<i>Marne a Pteropodi.....</i>	9
3.1.6.	<i>Successione Calcarea e/o Marnosa Cretacico Miocenica Umbro Marchigiana.....</i>	9
3.2.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E INTERFERENZE PAI .....	10
3.3.	IDROGEOLOGIA.....	11
<b>4.</b>	<b><u>PARATIE .....</u></b>	<b><u>13</u></b>
4.1.	SEZIONI DI VERIFICA.....	13
4.2.	CODICE DI CALCOLO .....	19
4.3.	APPROCCIO NORMATIVO .....	21
4.4.	AZIONI SISMICHE.....	23
4.5.	CARICHI .....	25
4.6.	RISULTATI DELLE ANALISI .....	26
4.6.1.	<i>Verifica SLE/SLV stato limite per deformazione .....</i>	56
4.6.2.	<i>Verifica SLU/SLV della lunghezza di infissione del diaframma .....</i>	57
4.6.3.	<i>Verifica SLU/SLV a flessione.....</i>	57
4.6.4.	<i>Verifica SLU/SLV a taglio .....</i>	57
4.6.5.	<i>Verifica SLE a fessurazione della paratia .....</i>	58
4.6.6.	<i>Predimensionamento tiranti.....</i>	59
4.6.7.	<i>Lunghezza del tratto libero .....</i>	59
4.6.8.	<i>Lunghezza del bulbo e verifica della resistenza degli ancoraggi.....</i>	62
<b>5.</b>	<b><u>ALLEGATI DI CALCOLO .....</u></b>	<b><u>67</u></b>
5.1.	PARATIA TIRANTATA 16M.....	67
5.2.	PARATIA TIRANTATA 12M.....	128
5.3.	PARATIA 9.5M .....	177

## **1. PREMESSA**

La presente relazione si propone di descrivere i calcoli di dimensionamento strutturale e geotecnico delle opere di difesa necessarie alla realizzazione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica del 3° Stralcio dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in T.S. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" – S.S.n. 78 "Picena" nel tratto fra Roccafluvione e la SS4 Salaria in prossimità del borgo di Mozzano.

Le opere in oggetto sono costituite da paratie di pali trivellati con tecnologia ad elica continua "C.F.A."

## **2. NORMATIVA PRINCIPALE DI RIFERIMENTO**

La caratterizzazione e la modellazione geotecnica sono stati eseguiti secondo le seguenti norme e leggi:

- DM 17.01.2018 – Norme tecniche per le costruzioni.
- CIRCOLARE n.7 C.S.LL.PP. del 21.01.2019 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Per riferimenti di calcolo o in mancanza di specifiche indicazioni si farà riferimento alle seguenti norme:

Eurocodici strutturali e geotecnici pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali.

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

L'area di studio ricade nel settore centrale dell'Appennino *umbro-marchigiano*, una catena a pieghe e sovrascorrimenti che occupa le zone esterne dell'Appennino Settentrionale.

I dati riferiti sono al momento desunti dalla bibliografia esistente e da altre informazioni disponibili a vario titolo sul territorio, e dovranno essere verificati e confermati sulla base dei risultati di una specifica e ampia campagna di indagini (appositamente studiata per il PFTE) che ANAS sta svolgendo.

#### **3.1. GEOLOGIA**

La successione stratigrafica umbro-marchigiana riflette l'evoluzione del margine di Adria a partire dal Trias. La sequenza inferiore, essenzialmente carbonatica (Trias - Eocene), con le sue variazioni verticali e laterali, è riferibile alla individuazione ed evoluzione di un margine passivo da un ambiente di tipo continentale a uno di piattaforma carbonatico-evaporitica, a uno di tipo pelagico. La sequenza emipelagica che segue, il cui tetto è via via più giovane verso l'esterno, segna l'inizio della flessurazione della litosfera dell'avampaese, identificando la rampa che lega quest'ultimo all'avanfossa. Le sequenze torbiditiche che chiudono la successione sono anch'esse gradualmente più giovani verso l'esterno e segnano la progressiva migrazione della deformazione compressiva.

Nel corso del Miocene il bacino umbro-marchigiano è raggiunto dalle compressioni che, in rapida progressione da ovest verso est, ne modificano la morfologia del fondo (Cantalamessa et al., 1986). Esso assume via via i caratteri di un'avanfossa torbiditica (bacino della Marnoso-arenacea, bacino marchigiano interno e bacino marchigiano esterno) migrante verso est a spese dell'avampaese ed ubicata sul fronte della catena appenninica in evoluzione. Le torbiditi poggiano quindi sulle emipelagiti di avampaese (Formazioni del Bisciario, Schlier, Marne con cerroghna, ecc.), con le quali in alcuni casi sono anche lateralmente eteropiche.

Le successioni mioceniche delle Marche, ad esclusione della loro parte basale, sono quindi diverse da zona a zona; per questa ragione i bacini principali dell'avanfossa torbiditica sopra elencati sono suddivisi in letteratura in ulteriori sottobacini.

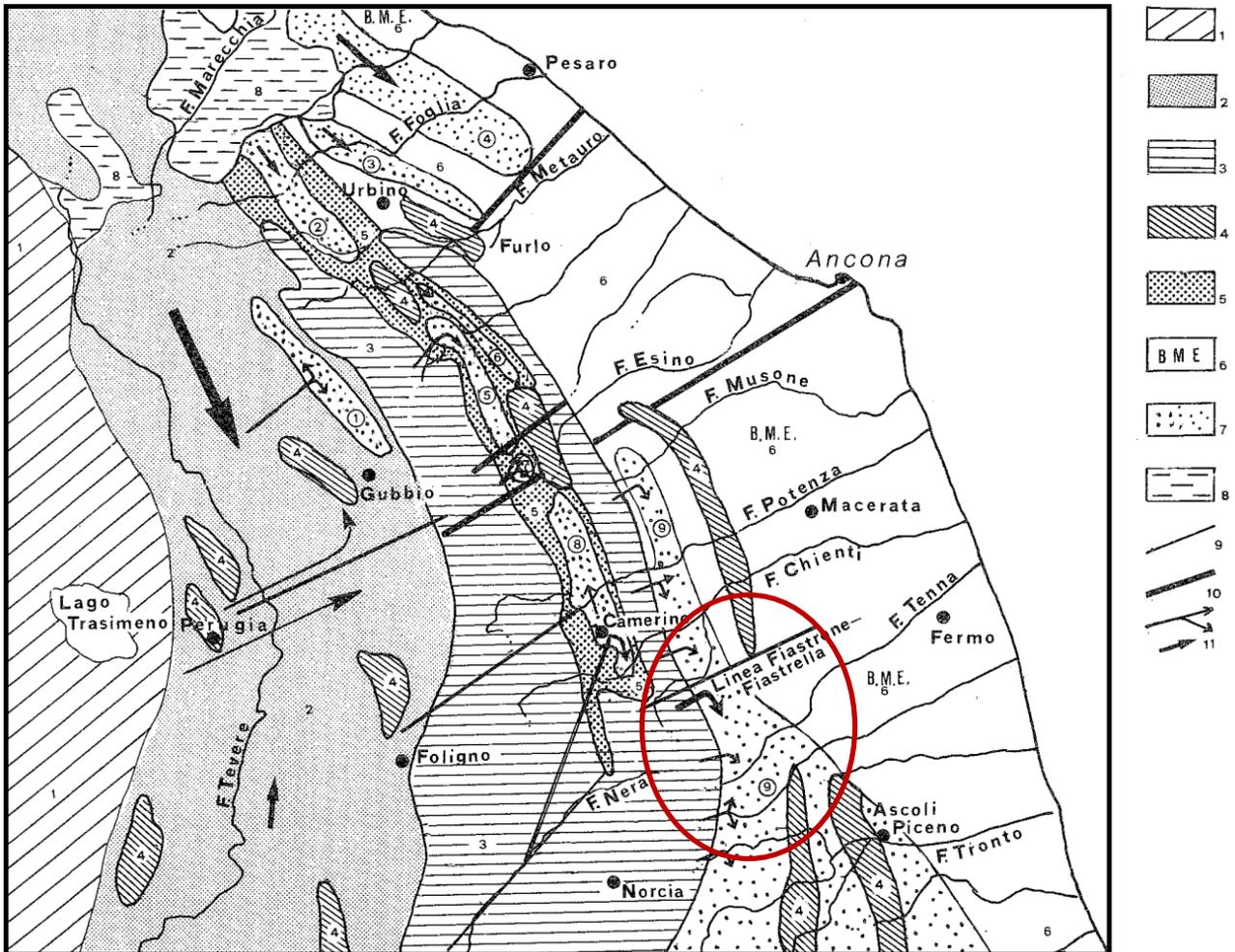


Figura 3.1 G. Cantalamessa, E. Centamore, U. Chiocchini, A. Micarelli, M. Potetti, con la collaborazione di L. Di LORITO (1986) - *Il Miocene delle Marche*, 35-55.

In particolare, le litologie presenti nell'area del tracciato appartengono al bacino Marchigiano esterno. Si tratta di un bacino complesso nel quale si riconoscono i seguenti bacini minori:

- bacino di Mon-tecalvo in Foglia;
- Isola del Piano;
- bacino di Monte Luro - Monte delle Forche;
- bacino della Laga.

In quest'ultimo bacino minore, nella sua propagine più settentrionale, ricade gran parte del tracciato.

Il bacino della Laga è il più grande dei "bacini minori" umbro-marchigiani. Sin dal Miocene inferiore-medio la morfologia del fondo marino, in continua evoluzione, era articolata in una serie di dorsali e depressioni longitudinali, interrotte da faglie trasversali. Le dorsali più importanti sono quelle di Cingoli, di Acquasanta e della Montagna dei Fiori. Tra le faglie trasversali, assume particolare importanza la linea Fiastrone-Fiastrella, che suddivide in due parti il bacino, con un'area settentrionale più rialzata ed un'area meridionale più subsidente (Figura 3.1).

La prima, di maggiore interesse per il presente progetto, è caratterizzata da questa successione:

- Bisciario;
- Schlier;
- Membro preevaporitico della Formazione della Laga;
- Formazione gessoso-solfifera;
- Argille a colombacci, parzialmente eteropiche del Membro postevaporitico della Formazione della Laga.

Nella regione marchigiana il Pliocene inizia quasi generalmente con una trasgressione particolare: ai depositi messiniani di lago-mare (Argille a colombacci) succedono peliti grigio-azzurre di ambiente batiale; solo nella parte del bacino della Laga ubicata a sud del F. Tronto, continua la deposizione torbiditica di mare profondo con le stesse caratteristiche del membro postevaporitico della Formazione della Laga messiniana.

Successivamente la sedimentazione torbiditica interessa anche l'area centro-settentrionale, con apporti da W, lungo "canali strutturali".

Nel Pliocene inferiore la tetto-genesi appenninica raggiunge il suo acme ed anche l'area marchigiana esterna viene corrugata (Cantalamessa et al., 1986 a).

Riprende la sedimentazione marina nell'avanfossa plio-pleistocenica: ulteriori successive compressioni, legate probabilmente alla riattivazione dei *thrust* del Pliocene inferiore, ne condizionano l'evoluzione sedimentaria creando, tra l'altro, delle depressioni longitudinali. Faglie trasversali, talora con caratteri di trascorrenza, oltre a favorire lo scorrimento dei flussi gravitativi verso il bacino, provocano lo smembramento dell'avanfossa marchigiana in tre aree principali: area settentrionale (a nord del F. Esino), area centrale anconetana (tra il F. Esino e il F. Musone) e area meridionale (a sud del Musone).

In quest'ultima area, dopo la trasgressione marina caratterizzata da depositi di ambiente litorale, si instaura per tutto il Pliocene medio-superiore un'attiva subsidenza lungo una fascia ad andamento longitudinale, prossima alla catena, con sedimentazione continua in ambiente fino a epibatiale. Dal margine interno appenninico vengono convogliati attraverso "canali strutturali" trasversali, e successivamente smistati verso NW, sedimenti torbiditici anche grossolani, che si "insaccano" nella depressione con giaciture *onlap*.

Tra la parte alta del Pliocene superiore ed il Plei-stocene inferiore, dopo la fine della fase compressiva precedentemente descritta, la subsidenza differenziale si attenua e le depressioni sono pressochè colmate.

L'area centrale, pur essendo relativamente profonda, come è indicato dal rinvenimento di forme batiali, costituisce un alto strutturale, in quanto non è raggiunta dalla sedimentazione torbiditica, che caratterizza invece le aree settentrionale e meridionale. Il depocentro settentrionale rappresenta la propaggine del tratto padano-romagnolo dell'avanfossa appenninica, mentre quello meridionale corrisponde al tratto marchigiano-abruzzese, individuatosi nel Miocene superiore (bacino della Laga) e migrato poi nell'Adriatico.

La continuità dell'avanfossa è pertanto interrotta nell'area centrale anconetana da un "alto", entro cui si sviluppano depressioni o "sinclinali" minori.

I depositi del "Pleistocene glaciale" ben sviluppati a S dell'Esino, con vari indicatori di "bassa energia"; questi ultimi depositi indicano, più o meno direttamente, innalzamenti del livello di base, connessi con periodi a clima più caldo.

Nel Pleistocene medio-superiore si sviluppano movimenti verticali differenziati lungo faglie trasversali, sia tra le tre aree principali, sia all'interno di queste ultime. Nell'insieme si osserva una disposizione a gradinata, in cui l'area settentrionale costituisce l'elemento più rialzato e l'area

meridionale quello più ribassato. In particolare alternativamente all'interno di quest'ultimo è possibile individuare blocchi ribassati e rialzati, ad andamento antiappenninico.

Tale assetto strutturale ha condizionato vistosamente la sedimentazione nell'area in questione, con la deposizione di sequenze diverse da zona a zona e l'impostazione dell'attuale reticolo idrografico.

Il territorio oggetto di studio rientra nel Bacino marchigiano esterno s.l., e più precisamente, nel settore centro-occidentale dello stesso, caratterizzato in affioramento dalla presenza di terreni sedimentari appartenenti ad una successione marina mio-plio-pleistocenica e da depositi continentali quaternari (depositi alluvionali, coltri eluvio-colluviali, accumuli di frana, ecc.). La successione stratigrafica è caratterizzata da varie unità litologiche, distinte in unità della copertura e del substrato. Vengono nei successivi sottoparagrafi descritte le unità litologiche che interessano le aree interessate dal progetto, sviluppando la descrizione secondo lo schema stratigrafico della carta geologica regionale (Carta Geologica delle Marche 1:10.000).

### 3.1.1. SINTEMA DEL MUSONE

- **Depositi di versante (olocene) MUSa**

Depositi eterometrici, angolosi, con matrice in quantità variabile, a luoghi stratificati e/o cementati. Spessore: 2-20m.

- **Depositi di frana con indizi di evoluzione (olocene) MUSa1**

Frane di diverse tipologie con evidenze di movimenti in atto o recenti. Depositi eterogenei più o meno caotici la cui composizione varia con il substrato interessato. Le dimensioni variano dai blocchi a clasti di piccole dimensioni, con matrice variabile.

- **Depositi di frana senza indizi di evoluzione (olocene) MUSa1q**

Frane di diverse tipologie senza evidenze di movimenti. Depositi eterogenei più o meno caotici la cui composizione varia con il substrato interessato. Le dimensioni variano dai blocchi a clasti di piccole dimensioni, con matrice variabile.

- **Depositi eluvio colluviali (olocene) MUSb2**

Depositi eterometrici, spesso siltoso-sabbiosi, generalmente privi di strutture sedimentarie e non cementati. Spessore: 2-10m.

- **Depositi alluvionali attuali (olocene) MUSb**

Depositi alluvionali dei fondovalle attuali, eterometrici (dalle ghiaie alle argille in proporzioni variabili), che costituiscono le forme di letto dei fiumi e che vengono rimaneggiati durante gli eventi alluvionali principali. Spessore: 0-10m.

- **Depositi alluvionali terrazzati (olocene) MUSbn**

Ghiaie, sabbie, silt e argille, in proporzioni variabili, in riempimenti di canali e corpi tabulari, spesso con strutture sedimentarie (stratificazione incrociata, concava o piano parallela). Livelli torbosi discontinui e suoli organici sepolti o relitti poco evoluti. Spessore: 0-10m.

### 3.1.2. SINTEMA DI MATELICA

- **Depositi alluvionali terrazzati (pleistocene superiore) MTIbn**

PROGETTAZIONE ATI:

Ghiaie, sabbie, silt e argille in riempimenti di canali e corpi tabulari, spesso con strutture sedimentarie (stratificazione incrociata, concava o piano parallela). Livelli torbosi discontinui e suoli organici sepolti o relitti poco evoluti. Spessore massimo: 15-30m.

- **Travertino (pleistocene superiore) MTIf1**

Accumuli di travertino generalmente associati a risorgive minerali o a sistemi di fratture, localmente molto cementati. Spessore: 0-10m.

### **3.1.3. SUPERSINTEMA DI COLLE ULIVO-COLONIA MONTANI**

- **Depositi alluvionali terrazzati di Colle Ulivo (pleistocene medio – medio sommitale) ACbn3**

Ghiaie e, subordinatamente, sabbie, silt e argille in riempimenti di canali e corpi tabulari, spesso con strutture sedimentarie. Localmente suoli relitti argillificati e rubefatti al tetto dell'unità. Spessore: 2-20m.

### **3.1.4. FORMAZIONE DELLA LAGA**

#### **Membro post-evaporitico (messiniano p.p.)**

Associazione torbiditica prevalentemente pelitico-arenacea, con intercalati numerosi orizzonti dell'associazione pelitica, arenaceo-pelitica, e arenacea, corrispondenti a litofacies. La sequenza di Bouma è di tipo T<sub>c-e</sub> subordinatamente T<sub>d-e</sub> e T<sub>b-</sub>. Spessore circa 300 metri

Nella porzione superiore è presente il livello guida vulcano derivato (a) rappresentato nella presente banca dati come elemento poligonale. È costituito da ceneri vulcaniche in 2 o 3 strati amalgamati, di spessore variabile da 0,5 a 2 metri e datato 5,5 mln di anni (corrisponde al livello guida vulcano derivato segnalato, in forma lineare, nella Formazione di San Donato.

Nel membro sono state cartografate le seguenti litofacies:

- **Litofacies pelitico-arenacea LAG3e**

Generalmente costituita da peliti fittamente stratificate, costituite da silt argilloso e, più raramente, solo da silt o argilla di colore grigiastro, con intercalazioni arenacee, consistenti in arenarie gialle e talora grigie a granulometria da fine a finissima, di spessore variabile da 2-3cm a 25-30cm. La sequenza di Bouma è prevalentemente di tipo T<sub>bc/e</sub>, e subordinatamente di tipo T<sub>cde</sub> e T<sub>de</sub>.

- **Litofacies arenaceo-pelitica LAG3d**

Alternanze di strati arenacei, da medi a spessi, e da strati sottili di peliti marnoso-siltose di colore grigio-azzurro. La frazione arenacea presenta una granulometria da fine a media e strati di colore grigio-marrone a geometria tabulare, a luoghi lenticolare, con strutture trattive e controimpronte basali. La sequenza di Bouma è prevalentemente di tipo T<sub>a-e</sub>, e T<sub>b-e</sub>, subordinatamente T<sub>c-e</sub>.

#### **Membro evaporitico (messiniano p.p.)**

Arenarie da medio-grossolane a fini, scarsamente cementate a stratificazione da molto spessa a media con a luoghi livelli pelitici. Spessore affiorante oltre 500 metri. Nel membro sono state cartografate le seguenti litofacies:

- **Litofacies arenaceo-pelitica LAG2d**

Alternanze di strati, da sottili a medio-spessi, di arenarie e peliti. Le prime presentano una colorazione giallastra e granulometria da medio a fine con rari livelli grossolani. La frazione pelitica è costituita da materiale argilloso-siltoso. La sequenza di Bouma è di tipo Tabcd, Tab/de.

- **Litofacies arenacea LAG2c**

Arenarie torbiditiche silicoclastiche, sporadicamente gessose, in strati molto spessi, spessi e medi, di colore grigio-azzurro e giallastro, a granulometria grossolana e fine, con intercalazioni sottili, a volte discontinue, di peliti marnoso-siltose azzurre. La stratificazione è lenticolare e/o tabulare. Nel

complesso si osservano sequenze di Bouma complete o tronche dell'intervallo "a". Verso la base del Membro evaporitico, nell'associazione arenacea è presente l'orizzonte guida gessarenitico g.

- **Livello guida gessarenitico g**

L'orizzonte gessarenitico è costituito, per uno spessore di 30-70m, da areniti gessose bluastre e/o grigie, ad alto contenuto silicoclastico, in strati da medi a spessi, separati da sottili interstrati di marne scure euxiniche.

### **Membro pre-evaporitico (messiniano p.p.)**

Torbiditi prevalentemente arenacee e subordinatamente arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee. Lo spessore massimo può essere valutato attorno ai 350 metri. Nel membro sono state cartografate le seguenti litofacies:

- **Litofacies arenaceo-pelitica LAG1d**

Strati arenacei spessi e strati pelitici sottili. I primi mostrano una granulometria media mentre i secondi sono costituiti da argille marnose e siltose grigio-azzurre e brune. La geometria degli strati è generalmente tabulare con strutture trattive date da laminazione piano-parallela e incrociata a scala *ripple*. Nella parte meridionale della Regione questa litofacies è costituita da strati spessi e molto spessi di arenaria giallastra e grigia, alternati a strati medi e sottili di peliti marnose e indicati come litofacies arenaceo-pelitica a grandi banconi nella precedente versione della cartografia. Sono presenti sequenze complete di Bouma T<sub>a-e</sub> o tronche degli intervalli inferiori (T<sub>b-e</sub> e subordinatamente T<sub>c-e</sub>).

- **Litofacies arenacea LAG1c**

Costituita da strati arenacei da molto spessi a massicci caratterizzati da granulometria grossolana e geometrie lenticolari. Talvolta gli strati sono separati da sottili e discontinui livelli pelitico-marnosi grigi; rare sono le controimpronte basali (*flute cast*, *groove cast*) indicanti una generale direzione delle paleocorrenti. Subordinatamente si osservano strati con sequenze di Bouma tronche T<sub>a-c</sub>, T<sub>b-e</sub>.

### **3.1.5. MARNE A PTEROPODI**

- **Marne a pteropodi MAP (tortoniano p.p. – messiniano p.p.)**

Questa formazione si rinviene solo alla base della Formazione della Laga. Essa consiste in sedimenti pelitici, in strati sottili e molto sottili e si riconoscono due membri non cartografabili per l'esiguità dello spessore. L'inferiore è caratterizzato dall'alternanza di marne grigio-verdoline, e marne argillose grigiastre intensamente bioturbate, e da rari e sottili strati calcareo-marnosi e calcarenitici. Quello superiore è composto quasi esclusivamente da peliti scure bituminose e, a luoghi, da arenarie fini grigiastre, in strati medi e sottili, che rappresentano le parti più fini e distali dei flussi torbiditici della Formazione della Laga che si depositavano nelle zone più depresse. Lo spessore delle Marne a Pteropodi è di circa 40-50m nelle aree meridionali, mentre

### **3.1.6. SUCCESSIONE CALCAREO E/O MARNOSA CRETACICO MIOCENICA UMBRO MARCHIGIANA**

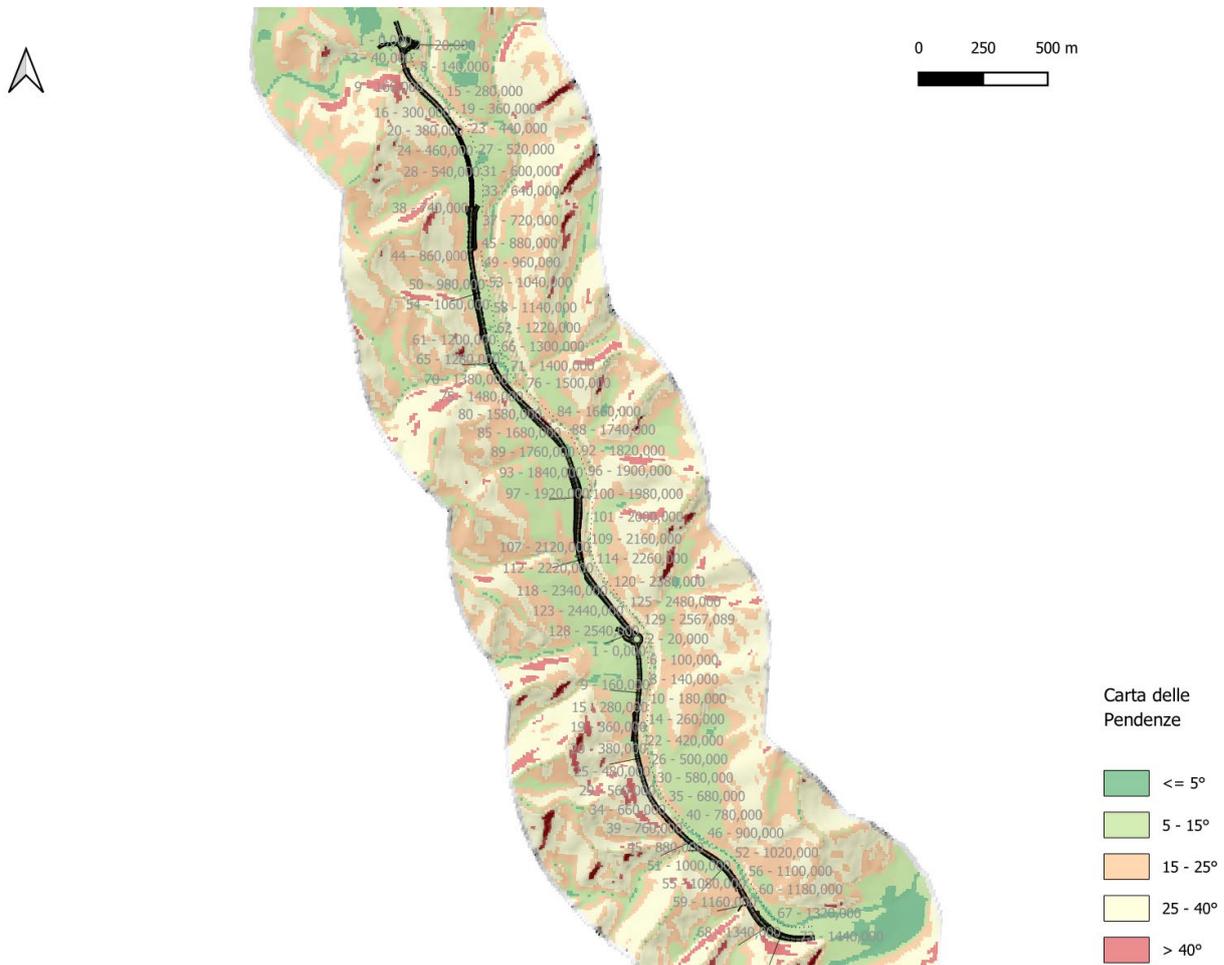
- **Marne Con Cerrognia CRR (burdigaliano p.p.-tortoniano)**

Questa formazione affiora nella parte meridionale delle Marche, alla base delle Marne a Pteropodi. È costituita da alternanze di marne, marne calcaree, marne argillose, di colore grigio-chiaro, con frequenti intercalazioni di calcareniti torbiditiche, in strati da medi a spessi. La stratificazione è spesso mascherata da un diffuso clivaggio ed un'intensa bioturbazione. Frequenti sono gli *slumpings*. Le torbiditi carbonatiche, provenienti dall'erosione della piattaforma laziale-abruzzese, come indicano le direzioni di scorrimento ricavate in base a *groove* e *flute casts*, diminuiscono

procedendo verso nord e sulle zone di alto strutturale. Lo spessore degli strati varia da 80 a 300 metri.

### 3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E INTERFERENZE PAI

L'intero intervento denominato "Mozzano" si sviluppa in destra idrografica del T. Fluvione, all'interno della sua valle alluvionale, colmata in parte dai depositi dei corsi d'acqua e in parte dai depositi eluvio colluviali, che localmente possono avere pendenze superiori ai 10° in prossimità delle pendici costituite dal membro evaporitico, arenaceo della Formazione della Laga.

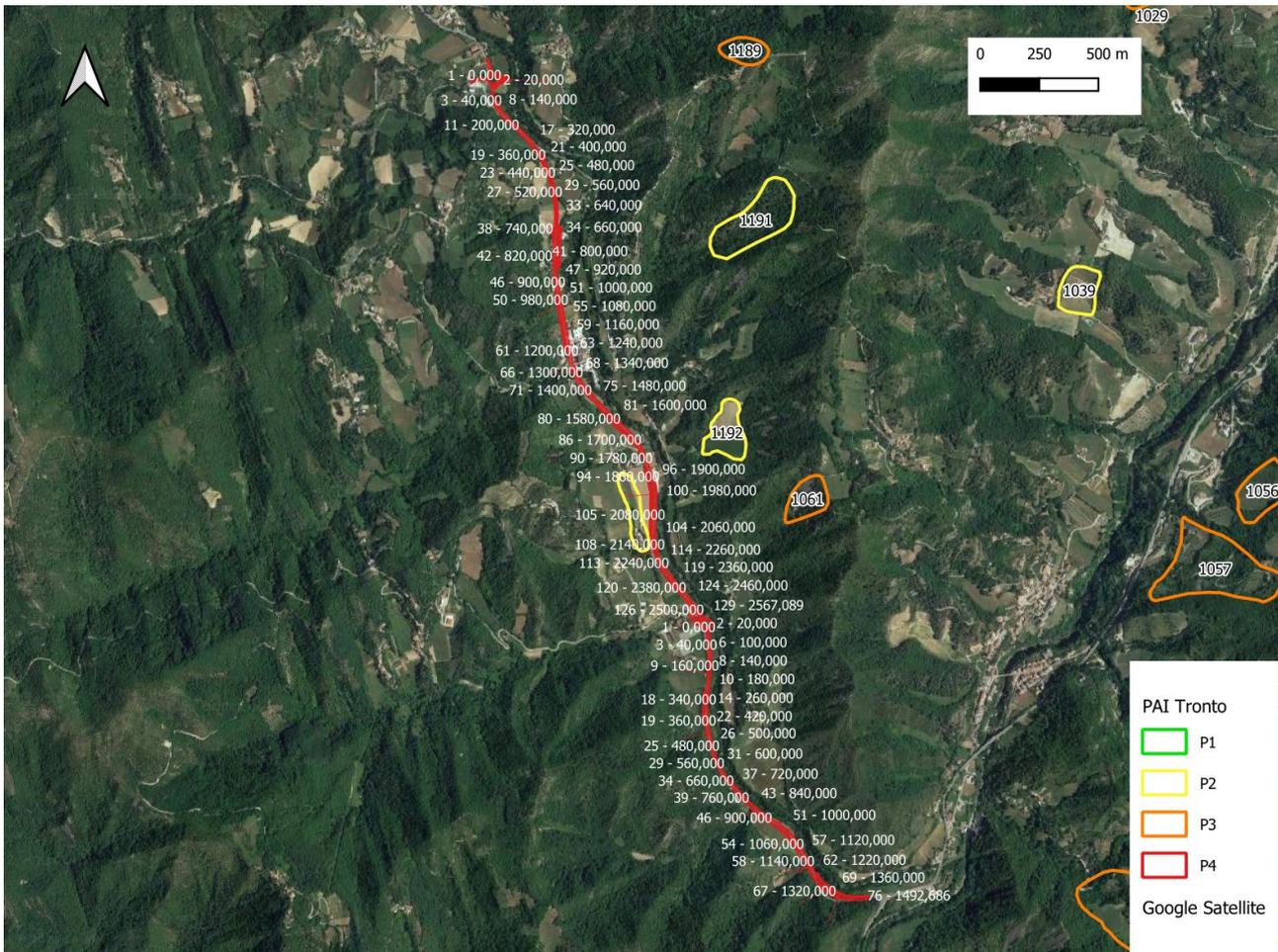


**Figura 3.2 Carta delle pendenze**

Gli interventi previsti non interferiscono con le aree PAI relative al rischio geomorfologico. Le cartografie sono fornite da Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale Piano Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino interregionale del Fiume Tronto.

La cartografia del PAI Tronto vigente è aggiornata alla data del 23/02/2023 (pubblicazione del BUR Marche n. 18 del 23/02/2023).

In particolare l'intervento (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) non presenta interferenze con le aree PAI.



**Figura 3.3 Aree PAI interferenti**

### 3.3. IDROGEOLOGIA

Le unità idrogeologiche riconosciute presentano sia permeabilità primaria per porosità che permeabilità secondaria per fessurazione.

In linea generale i depositi presenti nell'area possono essere raggruppati in quattro complessi idrogeologici caratterizzati da diverso grado di permeabilità:

1. *Complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali, detritici e di versante*
2. *Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali, delle alluvioni terrazzate e depositi morenici*
3. *Complesso idrogeologico dei depositi arenacei, calcarei, evaporitici e travertinosi.*
4. *Complesso idrogeologico dei depositi argillosi e marnosi*
5. *Complesso idrogeologico delle formazioni con alternanze*

I primi due complessi idrogeologici comprendono i terreni di copertura più recenti, mentre gli altri tre comprendono le rocce del substrato:

- Complesso C1 - Complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali, detritici e di versante. Depositi tipicamente eterogenei, costituiti, considerate le formazioni affioranti

nell'area da materiale anche grossolano immerso in una matrice limoso argillosa. Permeabilità di tipo primario da bassa a medio bassa, localmente nelle aree propriamente carbonatiche, i depositi di versante possono presentare permeabilità media.

- Complesso C2 - Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali, delle alluvioni terrazzate e depositi morenici. Complesso formato essenzialmente da depositi alluvionali terrazzati recenti ed antichi delle pianure alluvionali, costituiti da corpi ghiaiosi, ghiaioso limosi, con intercalate, di estensione e spessore variabili, argille limose e sabbie limose. La permeabilità, di tipo primario, è generalmente medio alta, può, solo localmente, abbassarsi in corrispondenza delle lenti limoso-argillose presenti nei depositi alluvionali.
- Complesso C3 - Complesso idrogeologico dei depositi arenacei, calcarei, evaporitici e travertinosi. Questo complesso è costituito dai membri arenacei della Formazione della Laga e il livello gessarenitico. La permeabilità prevalente è di tipo secondario, anche se nei membri arenacei quella di tipo primario può raggiungere tenori importanti. La permeabilità è strettamente connessa al grado di fratturazione delle rocce, che, data la tettonica dell'area, risulta generalmente medio alto.
- Complesso C4 - Complesso idrogeologico dei depositi argillosi e marnosi. Di questo complesso fanno parte le formazioni propriamente marnose e argillose delle Successioni Umbro-Marchigiana e Umbro-Marchigiana-Romagnola come le Marne a Pteropodi e Marne con Cerrognana. La permeabilità di tale complesso risulta sempre bassa o molto bassa.
- Complesso C5 - Complesso idrogeologico delle formazioni con alternanze. Di questo complesso fanno parte i membri della Formazione della Laga costituiti da alternanze arenaceo-pelitiche. La permeabilità di questo complesso è molto variabile poichè è costituito da formazioni caratterizzate da alternanze tra arenarie e marne o argille. Per questo motivo la circolazione idrica può risultare compartimentata di tipo secondario ed esclusiva degli strati arenacei, l'alterazione di questi depositi ha sempre permeabilità molto bassa.

**CLASSI DI PERMEABILITA' - AFTES**

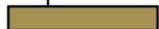
MOLTO ALTA - ALTA $K > 10^{-4}$ m/s	ALTA - MEDIA $10^{-4}$ m/s > $K > 10^{-6}$ m/s	MEDIA - BASSA $10^{-6}$ m/s > $K > 10^{-8}$ m/s	BASSA - MOLTO BASSA $K > 10^{-9}$ m/s	COMPLESSO IDROGEOLOGICO
				Complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali, detritici e di versante
				Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali, delle alluvioni terrazzate e depositi morenici
				Complesso idrogeologico dei depositi arenacei, calcarei, evaporitici e travertinosi.
				Complesso idrogeologico dei depositi argillosi e marnosi
				Complesso idrogeologico delle formazioni con alternanze

Figura 3.4 Classi di permeabilità

#### 4. PARATIE

Sulla base dei dati sintetizzati in precedenza, ed in riferimento ai terreni tipo e le ricostruzioni stratigrafiche eseguite nel precedente paragrafo, sono state individuate le "stratigrafie di progetto" che tengono conto delle principali variabili geotecniche significative dal punto di vista ingegneristico. Di seguito vengono mostrate le sezioni geotecniche su cui sono stati strutturati i modelli di calcolo.

##### 4.1. SEZIONI DI VERIFICA

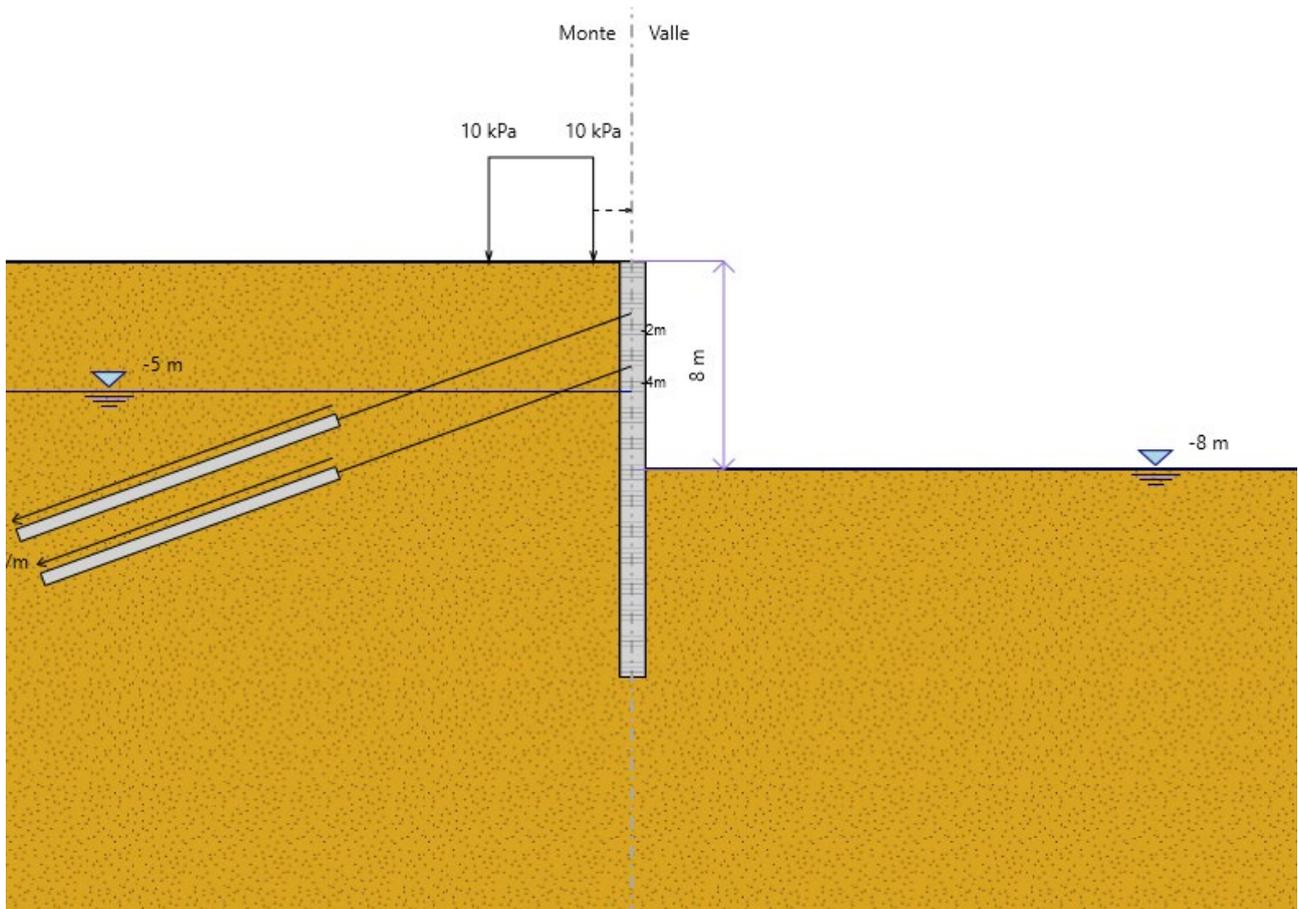
Le analisi di dimensionamento della paratia definitiva di pali sono avvenute facendo riferimento a n.3 sezioni di calcolo.

Ai fini della definizione delle sezioni di verifica, è stato condotto un esame di dettaglio delle condizioni geometriche (altezza degli scavi da sostenere), delle caratteristiche stratigrafiche (spessore e tipologia delle formazioni), dei carichi esterni sollecitanti l'opera di sostegno.

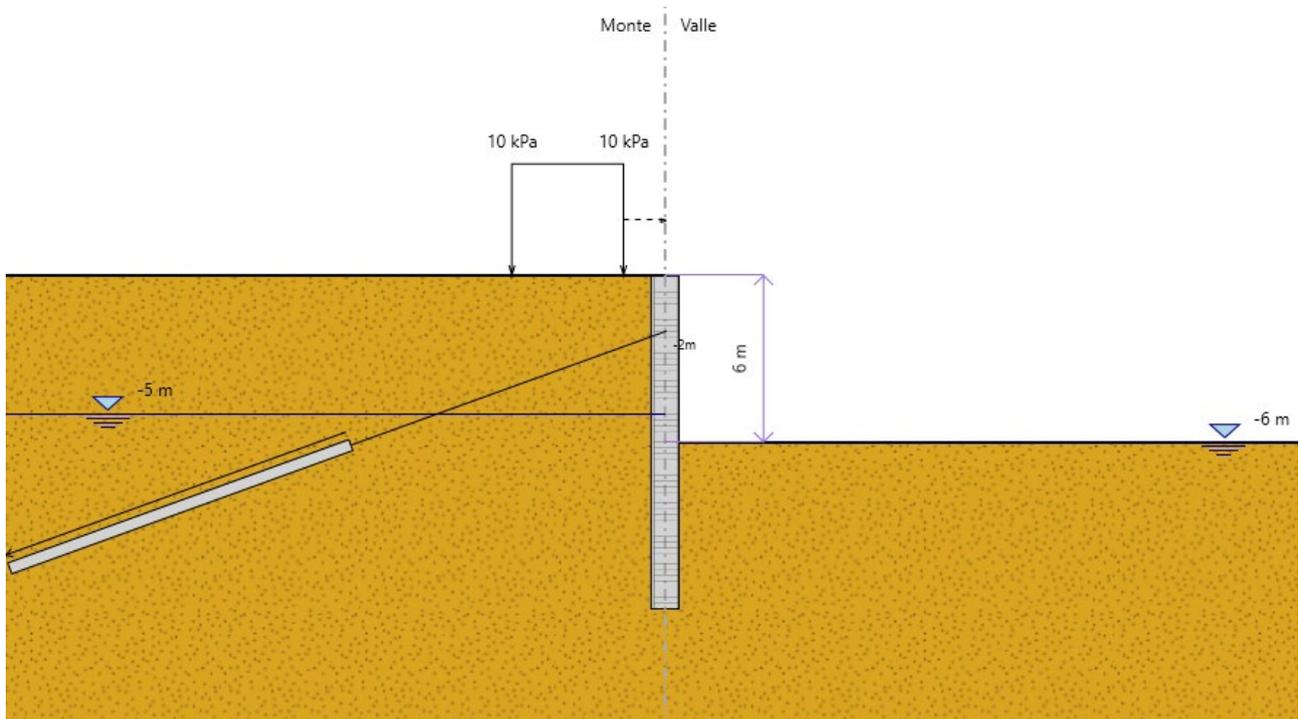
Le verifiche della paratia, dunque, sono state effettuate riferendosi alle sezioni caratterizzate dalle massime altezze di scavo.

	Terreni	$\gamma_{SAT}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	Moduli Elastici [kPa] or [kN/m <sup>2</sup> ]
	Arenaria e Marne Sabbia/Ghiaia	20	5	28	$E_{vc} = 50000$ $E_{ur} = 80000$

Tabella 4.1 – Parametri geotecnici utilizzati nelle analisi progettuali.

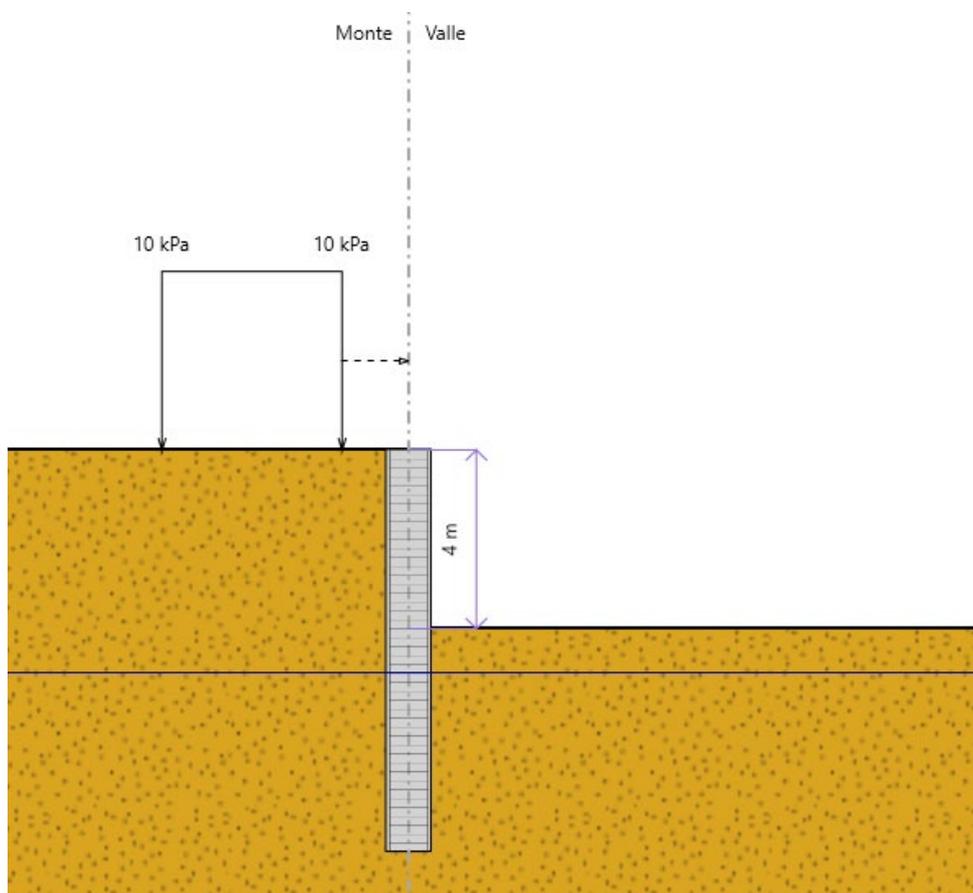


**Figura 4.1 – Sezione 1 di verifica.**



**Figura 4.2 – Sezione 2 di verifica.**

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 4.3 – Sezione 3 di verifica.**

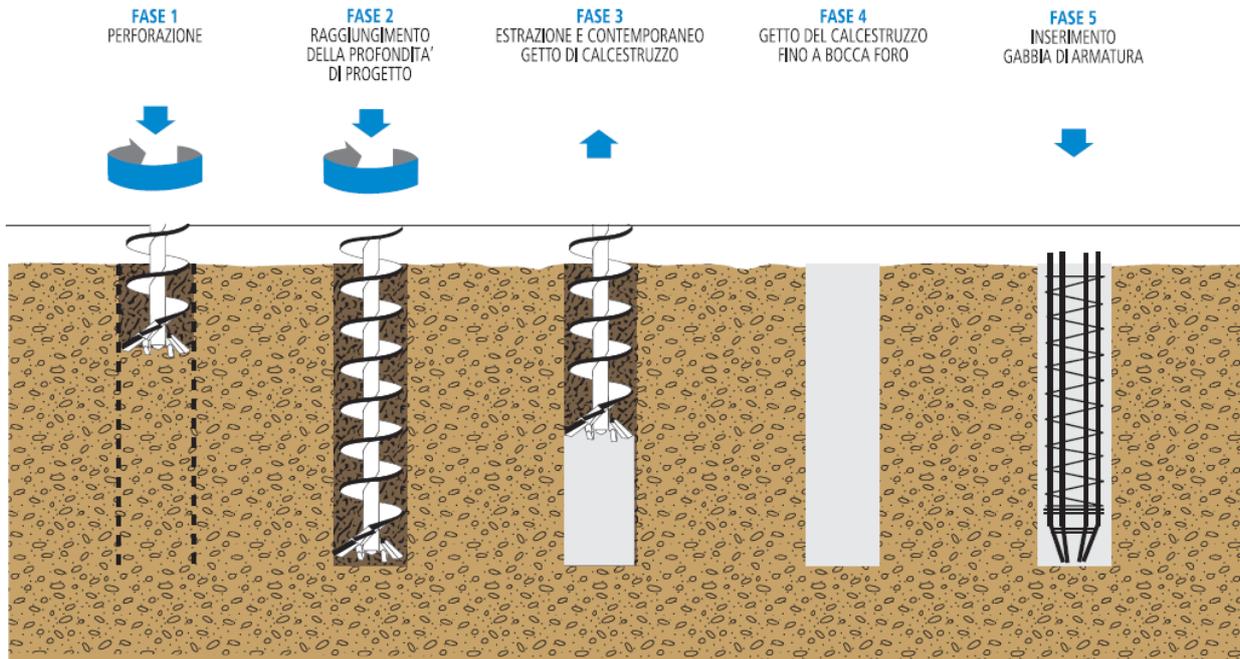
I pali eseguiti con la tecnica dell'elica continua sintetizzano i pregi dei pali infissi e la versatilità di applicazione dei pali trivellati.

In particolare, i pali ad elica continua inducono il miglioramento delle proprietà geotecniche dei terreni connessi con il fusto e la base del palo analogamente ad un palo battuto, ma ereditano anche l'estrema diversificazione delle condizioni di applicazione propria dei pali trivellati.

La riduzione della lunghezza e del numero dei pali, nonché l'ottimizzazione della distribuzione e delle armature, sono riconducibili da un lato alla maggior accuratezza di riposta nei calcoli esecutivi, dall'altro alla maggior "certezza" esecutiva che caratterizza i pali "C.F.A." rispetto ai trivellati tradizionali, che si traduce sia in coefficienti di sicurezza inferiori previsti da NTC 2018, sia in coefficienti di spinta laterali più elevati, che aumentano la portanza laterale del palo.

La sequenza realizzativa di ciascun palo avviene secondo le seguenti fasi di lavoro:

1. Piazzamento;
2. Perforazione;
3. Getto di calcestruzzo ed estrazione dell'elica;
4. Inserimento della gabbia di armatura.



*Fasi esecutive dei pali ad elica continua.*

Il procedimento operativo prevede i seguenti accorgimenti esecutivi:

- Raggiunta la profondità di progetto, il calcestruzzo viene pompato ad una pressione fino a 1-2 bar all'interno dell'asta cava attorno alla quale è assemblata l'elica e la trivella viene sollevata di alcuni centimetri; la pressione raggiunta comporta l'espulsione della puntazza ed il riempimento dello spazio sottostante.
- Mentre il calcestruzzo occupa progressivamente la cavità realizzata dall'elica, questa viene estratta lentamente evitando di farla ruotare o ruotando lentamente nello stesso senso dell'avanzamento.
- Il getto terminerà a livello del piano di lavoro.
- Segue installazione dell'armatura nei pali già gettati tramite gru o a mezzo dell'organo di servizio della perforatrice.
- Per garantire il corretto posizionamento della gabbia vanno applicati idonei centratori.

E' da tener presente che la tecnologia ad elica continua introduce tutta una serie di vantaggi rispetto ai pali trivellati classici, i principali dei quali sono l'elevata produttività (da 2 a 6 volte maggiore), l'abbattimento della logistica del cantiere, il basso impatto ambientale, i quantitativi ridotti di materiale da gestire e trasportare ad impianti idonei a riceverlo.

Caratteristica saliente dei pali ad elica continua è, in particolare, l'assenza di fango bentonitico di perforazione, che, oltre a comportare ingombri ridotti dell'impianto di cantiere, minimizza anche i problemi connessi allo smaltimento del terreno di risulta, in quanto non inquinato dalla bentonite, e alla possibile contaminazione delle acque di falda.

In definitiva, i vantaggi che tale tecnologia comporta rispetto ai pali trivellati tradizionali impiegati nel Progetto Definitivo sono di seguito elencati:

- la tecnologia esecutiva proposta determina un incremento delle caratteristiche meccaniche all'interfaccia palo-terreno, mentre, nel caso di impiego di pali trivellati, è ben noto il fenomeno di scadimento del terreno lungo il preforo, che rigonfia a seguito dell'aumento del contenuto d'acqua dovuto al richiamo di acqua generato dalla decompressione, nonché all'assorbimento dell'acqua del calcestruzzo, che per motivi di lavorabilità viene messo in

opera con un rapporto acqua-cemento in esubero rispetto allo stretto necessario per il processo di idratazione del cemento. In definitiva, la capacità portante del palo ad elica risulta superiore;

- metodologia di perforazione che si presta ottimamente all'attraversamento di terreni in presenza di falda;
- tecnologia caratterizzata da elevata produttività: a parità di ambiente geomeccanico di applicazione, consente una velocità di esecuzione almeno doppia rispetto alla realizzazione di pali trivellati con sistema tradizionale con kelly;
- assenza di fango bentonitico di perforazione, che oltre a ridurre gli ingombri dell'impianto di cantiere, riduce anche i problemi connessi allo smaltimento del terreno di risulta, in quanto delle stesse caratteristiche ambientali di quello in posto prima dell'inizio dello scavo e, dunque, non inquinato dalla bentonite;
- esecuzione del palo con continuo sostegno del foro mediante l'elica, senza decompressione del terreno, franamenti e convergenze, con conseguente impatto sulle adiacenze: tale aspetto rende la tecnologia particolarmente idonea per la realizzazione di pali in prossimità di fabbricati e manufatti esistenti, minimizzando il disturbo arrecabile;
- perforazione eseguita in continuo con elica a rotazione e non in discontinuo, con conseguente riduzione delle emissioni acustiche e la tensoché totale eliminazione delle vibrazioni verso le preesistenze attigue;
- attrezzature di minor impatto numerico e volumetrico, con conseguente minimizzazione di impatto visivo, di rumore, di vibrazioni, di "consumo" di aree di cantiere, di aree per gli impianti (non sono necessari), di attraversamenti ed estensione di linee per la movimentazione dei fanghi, nonché minore impatto sul traffico per le installazioni e gli spostamenti di cantiere nelle varie fasi;
- assenza di ingombranti impianti di miscelazione e dissabbiamento necessari nei cantieri di pali trivellati tradizionali;
- riduzione delle emissioni di polveri durante l'esecuzione dei lavori (minore numero di mezzi, minori movimentazioni durante i lavori, scavo a rotazione ed in continuo senza franamenti di terreno);

ridotto volume di terreno portato in superficie dall'elica, che riduce la quantità di materiale da portare a discarica.

PARATIA TIPO (-)	TIPOLOGIA PARATIA (-)	ALTEZZA CORDOLO (m)	LUNGHEZZA PALO (m)	Ø PALO (m)	INTERASSE (m)	AREA FERRI (cm <sup>2</sup> )	SPIRALE (#)	COPRIFERRO (cm)
1	CFA	1	16	1.0	1.2	24 Ø24	Ø12/20cm	5.0
2	CFA	1	12	1.0	1.2	16 Ø20	Ø10/20cm	5.0
3	CFA	1	9.5	1.0	1.2	16 Ø20	Ø10/20cm	5.0

**Tabella 4.2 – Paratie: caratteristiche dei pali.**

PARATIA TIPO (#)	TIRANTI ATTIVI (#)	QUOTA DA ESTRADOSSO TRAVE CORONAMENTO (m)	NUMERO DI TREFOLI (#)	DIAMETRO TREFOLI (#)	D PERFORO (mm)	PRETIRO (kN)	INT. TIRANTI (m)	L <sub>TOT</sub> (m)	L <sub>LIB</sub> (m)	L <sub>BULBO</sub> (m)	INCLINAZIONE (°)	METODO DI INIEZIONE (#)
1 e 2	Inclinati I ORDINE	-2.0	4	0.6"	220	450	2.4	25.0	13.0	12.0	20	I.G.U.
2	Inclinati II ORDINE	-5.0	4	0.6"	220	450	2.4	24.0	13.0	12.0	20	I.G.U.

**Tabella 4.3 – Paratia Tipo1 e 2 tirantata: caratteristiche tiranti attivi.**

PARATIA TIPO (#)	MICROPALI (#)	TIRO IN ESERCIZIO kN	TIRO IN CONDIZIONI ULTIME kN	$R_{id}$ kN	$R_{ed}$ kN	$P_c$ kN
1	Inclinati I ORDINE	186.18	228.9	807	754	225
1	Inclinati II ORDINE	193.13	231.12	807	754	232

Tabella 4.4 – Paratia Tipo1 tirantata: caratteristiche tiranti attivi.

PARATIA TIPO (#)	MICROPALI (#)	TIRO IN ESERCIZIO kN	TIRO IN CONDIZIONI ULTIME kN	$R_{id}$ kN	$R_{ed}$ kN	$P_c$ kN
2	Inclinati I ORDINE	194	197	807	754	234

Tabella 4.5 – Paratia Tipo2 tirantata: caratteristiche tiranti attivi.

In particolare:

- il tiro in esercizio (indicato di sovente anche come  $P_Q$  “valore teorico della forza di utilizzazione”) è il tiro previsto dai calcoli di progetto in condizioni di esercizio;
- il tiro in condizioni ultime (indicato di sovente anche come  $P_d$ ) è il tiro di progetto previsto dai calcoli di progetto in condizioni ultime;
- $R_{i,d}$  è la resistenza di progetto al limite di snervamento dei tiranti;
- $R_{e,d}$  è la resistenza di progetto allo sfilamento della parte di micropalo ancorata oltre il cuneo attivo;
- $P_c = 1.2 \cdot N_{i,SLE}$  è il tiro di collaudo.

Per la quantificazione di alcune delle grandezze sopra introdotte si rimanda §4.6.8

## 4.2. CODICE DI CALCOLO

Il dimensionamento delle paratie è avvenuto mediante il codice di calcolo agli elementi finiti **PARATIE – PLUS 2023**.

La struttura viene schematizzata mediante elementi finiti di tipo trave, definiti nel piano da un nodo iniziale ed uno finale, e dalle caratteristiche inerziali della sezione trasversale. Ogni nodo dell'elemento possiede due gradi di libertà: la traslazione in direzione orizzontale e la rotazione intorno ad un asse ortogonale al piano di riferimento.

I **pali** della paratia vengono rappresentati come elementi monodimensionali tipo trave di larghezza unitaria e spessore assegnato. Agli elementi trave è assegnato un comportamento elastico lineare. La loro risposta è caratterizzata dalla rigidezza flessionale EJ.

Per i **terreni** è stato assunto un comportamento elasto-plastico ideale con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Nel modello di calcolo, il terreno viene rappresentato mediante elementi monodimensionali tipo molla, connessi alla paratia in ogni suo nodo. Il comportamento meccanico della molla è di tipo elasto-plastico: essa reagisce elasticamente fino ai valori limiti della resistenza, raggiunta la quale, a seconda del verso dello spostamento, assume un valore pari alla spinta attiva o alla spinta passiva del terreno. Il criterio di resistenza adottato è quello di Mohr-Coulomb.

La deformabilità della molla è funzione dello stato tensionale a cui risulta sottoposta: in campo elastico essa è definita dall'espressione della rigidezza della molla:

$$K = E \cdot D / L$$

dove E è il modulo di elasticità del terreno, L la lunghezza della molla e D l'interasse tra le singole molle.

La lunghezza della molla L è variabile in funzione delle dimensioni della zona di terreno coinvolta nel movimento, sia in condizioni di spinta attiva sia di spinta passiva.

Lo stato tensionale iniziale della molla, nelle condizioni che precedono le operazioni di scavo e/o all'applicazione di qualsiasi azione esterna sulla paratia, è funzione della tensione verticale litostatica secondo la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

in cui  $K_0$  è il coefficiente di spinta a riposo.

A seguito delle operazioni di scavo, o dell'applicazione di azioni esterne sulla struttura, la reazione offerta dalla molla aumenta o diminuisce (a seconda del verso della deformazione) raggiungendo al limite le tensioni corrispondenti alle condizioni di spinta attiva o passiva, rispettivamente per decrementi o incrementi di tensione.

Per la valutazione del  $K_0$  si utilizza l'espressione:

$$K_0 = 1 - \sin \phi'$$

Per i coefficienti di spinta attiva e passiva  $K_A$  e  $K_P$  in condizioni statiche sono state utilizzate rispettivamente le espressioni fornite da Coulomb (1776) e Lancellotta (2007), ipotizzando un angolo di attrito tra terreno e struttura  $\delta = \phi'/2$  per lo stato limite attivo e per lo stato limite passivo.

Per i coefficienti di spinta attiva e passiva  $K_{AE}$  e  $K_{PE}$  in condizioni sismiche sono state utilizzate le espressioni fornite, rispettivamente, da Mononobe-Okabe (1926÷1929) e Lancellotta (2007), ipotizzando un angolo di attrito tra terreno e struttura  $\delta = \phi'/2$  per lo stato limite attivo e passivo.

I **“tiranti attivi”** sono schematizzati mediante elementi elastici collegati ai nodi dei pali verticali e caratterizzati dalla rigidezza assiale EA dell'elemento corrispondente.

Le **verifiche di stabilità globale** dell'opera, avvenute anch'esse con il software PARATIE PLUS 2020, sono state realizzate con i metodi all'equilibrio limite. Con tali metodi, come è noto, le condizioni di equilibrio di volumi di terreno delimitati da superfici di scorrimento di forma qualsiasi vengono analizzate mediante le equazioni della statica. La massa di terreno potenzialmente

instabile è assimilata ad un mezzo rigido-plastico e si assume che la resistenza al taglio presenti un egual grado di mobilitazione lungo l'intera superficie di scorrimento.

Nelle analisi di stabilità è stato utilizzato il metodo di Bishop, facente parte della famiglia dei cosiddetti metodi delle strisce.

Le ipotetiche superfici di rottura sono state fornite al programma tramite una griglia di centri di rotazione e delle condizioni di vincolo, consistenti in intervalli sulla e al di sotto della paratia, che fissano le zone di immersione (a monte della paratia) e di riaffioramento (a valle della struttura e sulla struttura stessa) delle superfici di scorrimento plausibili per la geometria esaminata.

Il software sottopone a verifica tutta la famiglia di superfici cinematicamente compatibili con le condizioni a contorno imposte, fino ad individuare la superficie di minima resistenza.

### 4.3. APPROCCIO NORMATIVO

Le analisi di dimensionamento sono state eseguite conformemente al D.M. 17 Gennaio 2018 (NTC 2018), con il metodo degli stati limite ultimi SLU (sicurezza nei confronti della rottura) e degli stati limite di esercizio SLE (deformazioni compatibili con la destinazione d'uso).

In particolare, per le analisi condotte in condizioni statiche si fa riferimento a quanto riportato al §6.5.3.1.2 di NTC2018 e a quanto precisato nell'ambito della Circolare n.7 C.S.LL.PP. del 21.01.2019 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Le verifiche in condizioni sismiche vengono eseguite conformemente alle prescrizioni contenute in §7.11.6.3 di NTC2018 e alle indicazioni contenute in §C7.11.6.3 della Circolare esplicativa.

Le verifiche allo SLU sono soddisfatte se avviene il rispetto della condizione  $E_d \leq R_d$ , con  $E_d$  valore di progetto dell'azione o del suo effetto e  $R_d$  valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica di tale condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali definiti rispettivamente per la azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1 e R2).

Di seguito, limitatamente al caso delle opere flessibili, si riassumono i valori numerici dei coefficienti parziali in accordo con NTC 2018.

ANALISI			AZIONI - $\gamma_F$				PROPRIETÀ TERRENO - $\gamma_M$		
			PERMANENTI		VARIABILI		TAN $\phi'$	$c'$	$\gamma$
			SFAVOREVOLI	FAVOREVOLI	SFAVOREVOLI	FAVOREVOLI			
1	SLE	Base model	1.0	1.0	1.0	0	1.0	1.0	1.0
2A	SLU A1+M1+R1	0: DM18_ITA; Comb. 1: A1+M1+R1	1.3	1.0	1.5	0	1.0	1.0	1.0
2B	SLU A2+M2+R1	0: DM18_ITA; Comb. 2: A2+M2+R1	1.0	1.0	1.3	0	1.25	1.25	1.0
3A	SLV GEO M2+R1	0: DM18_ITA; EQQ - GEO	1.0	1.0	1.0	0	1.25	1.25	1.0
3B	SLV STR M1+R1	0: DM18_ITA; EQQ - STR	1.0	1.0	1.0	0	1.0	1.0	1.0
4	SLOPE SLU A2+M2+R2/ SLOPE SLV M2+R2	0: DM18_ITA SLOPE: Comb. 2: A2+M2+R2	1.0	1.0	1.3	0	1.25	1.25	1.0

Tabella 4.6 – Approcci di calcolo e coefficienti parziali di sicurezza per opere di sostegno flessibili.

I coefficienti di sicurezza parziale  $\gamma_R$  sulla resistenza di progetto, coerentemente con il set R1 e R2, vanno assunti rispettivamente 1.0 e 1.1.

Ciò sta a significare che, una volta amplificate le azioni e parzializzate le caratteristiche geotecniche dei terreni nei modi sopra precisati, **nelle Analisi 2A, 2B, 3A e 3B si adotta un coefficiente di sicurezza minimo pari a  $FS_{adm} = \gamma_R = 1.0$ , nell'Analisi 4  $FS_{adm} = \gamma_R = 1.1$ .**

Si noti che le Analisi 3A e 3B vengono condotte in fase statica secondo le stesse modalità delle Analisi 2A, 2B, impiegando i medesimi coefficienti parziali di sicurezza. I valori di questi indicati in Tabella 4.6 sono riferiti, dunque, esclusivamente allo step finale in cui vengono implementate le azioni sismiche.

L'**Analisi 1** consente di verificare i seguenti aspetti:

- LATO STRUTTURA:
  - verifica della deformabilità della paratia;
  - verifica delle tensioni di esercizio nella paratia;
  - verifica della fessurazione nella paratia.

Le **Analisi 2A e 2B 3A e 3B** consentono di verificare i seguenti aspetti:

- LATO GEOTECNICO (ANALISI 2B, 3A):
  - verifica lunghezza di infissione della paratia garantendo che il rapporto tra la lunghezza di progetto e la lunghezza limite di incipiente collasso ottenuta con i parametri abbattuti sia superiore  $\geq 1$  ( $FS \geq 1$ );
- LATO STRUTTURA (ANALISI 2A, 3B):
  - verifica della deformazione post-sismiche della paratia;
  - verifica di resistenza delle sezioni della paratia (Flessione e Taglio);

L'**Analisi 4** consente di verificare le condizioni di stabilità globale. Essa, in particolare, viene condotta per tutte le fasi di costruzione dell'opera, dunque riferendosi a condizioni statiche in fase di scavo ed in corrispondenza della configurazione definitiva, prevedendo poi uno step finale in cui viene simulato il sisma.

#### 4.4. AZIONI SISMICHE

Le strutture sono state verificate nei confronti delle "azioni sismiche", secondo le prescrizioni contenute al §7.11.6.3 del D.M. 17 gennaio 2018. Le azioni indotte dal sisma, tipicamente dinamiche, sono state simulate attraverso un insieme di forze statiche equivalenti (metodo pseudo-statico).

Coerentemente con la normativa tecnica di riferimento, per tener conto delle azioni sismiche, oltre alla spinta statica è stata considerata anche un incremento di spinta orizzontale del terreno.

L'incremento di spinta del terreno  $\Delta P_d$  è pari alla differenza tra la spinta calcolata in condizioni sismiche ( $F_d$ ) e quella calcolata in condizioni statiche ( $F$ ):

$$\Delta P_d = F_d - F$$

Per la valutazione dei carichi equivalenti dovuti al sisma ci si è avvalsi della teoria di Mononobe-Okabe.

Secondo tale formulazione la spinta sismica equivalente efficace, dovuta allo scheletro solido, è data dall'espressione:

$$F_d = \frac{1}{2} \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot K_{AE} H^2$$

in cui:

$\gamma^*$  = peso del terreno, il cui valore dipende dal grado di saturazione del medesimo;

$K_{AE}$  = coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche (funzione di  $k_h$  e  $k_v$ , coefficienti pseudostatici orizzontali e verticali, nonché della presenza o meno di acqua di falda);

$H$  = altezza fuori-terra della paratia.

Per ulteriori approfondimenti circa la metodologia di Mononobe-Okabe e per la formulazione analitica di  $K_{AE}$ , vista la diffusione della stessa in letteratura, si rimanda all'apposita manualistica geotecnica.

Per la resistenza passiva offerta dal terreno di valle in presenza di azioni sismiche, il coefficiente di spinta passiva  $K_{PE}$  è valutato secondo la formulazione in forma chiusa ricavata da Lancellotta (2007), sulla base del teorema dell'estremo inferiore della teoria della plasticità: la soluzione è, dunque, intrinsecamente conservativa.

Si è tenuto conto della capacità delle paratie in oggetto di tollerare spostamenti senza subire significative riduzioni di resistenza nella maniera di seguito specificata.

La componente orizzontale  $a_h$  dell'accelerazione del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera può essere legata all'accelerazione di picco  $a_{max}$  mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $k_h$  è il coefficiente sismico in direzione orizzontale,  $\alpha \leq 1$  è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera,  $\beta \leq 1$  è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza e

$a_{max} = S \cdot a_g$ , con  $S$  fattore suolo, produttoria dei coefficiente di amplificazione topografica e stratigrafica e  $a_g$  accelerazione al bedrock.

Per le paratie, la componente verticale dell'accelerazione  $a_v$  può porsi nulla.

Il valore del coefficiente  $\alpha$  può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva  $H_{TOT}$  della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma di Figura 4.4.

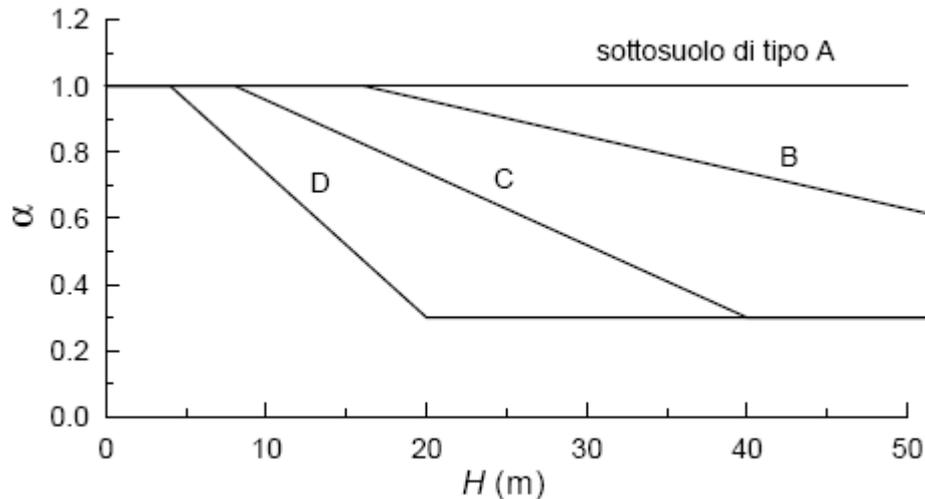


Figura 4.4 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$ .

Il valore del coefficiente  $\beta$  può essere ricavato dal diagramma di Figura 4.5, in funzione del massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

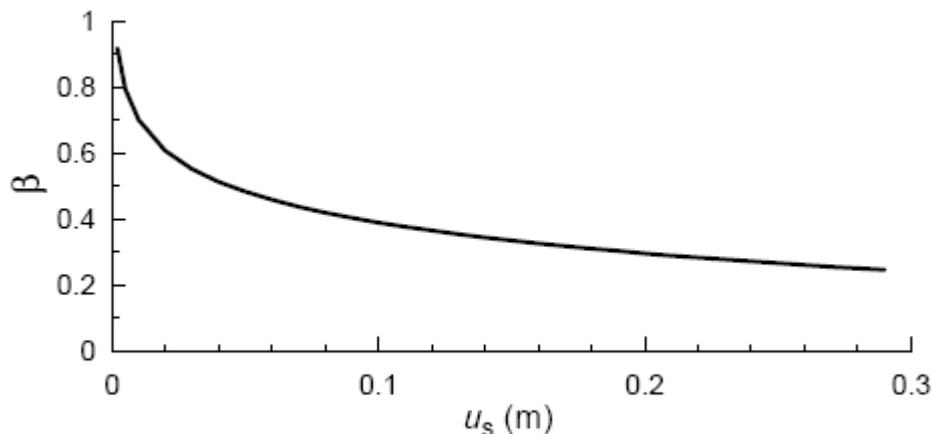


Figura 4.5 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$ .

Il valore dello spostamento co-sismico ammissibile  $u_s$ , da scegliersi a discrezione del progettista, è stato valutato secondo quella proposta in §7.11.6.3.1 di NTC 2018, in cui viene specificato che deve risultare  $u_s = 0,005 \times H_{fuori\ terra}$ .

#### 4.5. CARICHI

Per tener conto della possibile presenza di azioni accidentali in fase di realizzazione delle opere di sostegno, si è considerato un valore caratteristico del sovraccarico agente pari a  $\Delta q_k = 10 \text{ kPa}$  immediatamente a tergo dell'opera di sostegno.

Carico	$\Delta q_k$ (kPa)	Tipo	$\Delta q_d$ (kPa)			
			1-SLE	2A-SLU A1+M1+R1	2B-SLU A2+M2+R1, 4- SLOPE SLU A2+M2+R2	3A-SLV M1+R1, 3B- SLV M2+R1, 4- SLOPE SLV M2+R2
Accidentale (Macchine operatrici)	10	Variabile	10	15	13	2

Tabella 4.7 – Sovraccarichi: valori caratteristici  $\Delta q_k$  e di progetto  $\Delta q_d$ .

I carichi sono stati amplificati secondo i coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{F,i}$ .

Per quanto attiene le verifiche sismiche SLV, coerentemente con la combinazione "sismica" delle azioni riportata al §2.5.3 di NTC2018, l'azione accidentale viene presa col suo valore caratteristico,

riducendone il valore, però, a mezzo del coefficiente di combinazione  $\psi_{2i}$ , il quale evita che la struttura venga impegnata dalla contestuale applicazione di carichi di natura evidentemente accidentale con bassa probabilità di occorrenza simultanea.

E' utile ricordare che per strutture "sensibili" quali i ponti, la normativa indica al §3.2.4 un valore di  $\psi_{2i}$  pari a 0.2 per i carichi dovuti al transito dei mezzi: in considerazione di quanto sopra, si è ritenuto tale valore definitivamente rappresentativo anche per le analisi in oggetto, che porta a considerare un sovraccarico  $\Delta q = 0.2 \times 10 \text{ kPa} = 2 \text{ kPa}$  per le macchine operatrici.

#### 4.6. RISULTATI DELLE ANALISI

Si riporta nelle figure seguenti un quadro di sintesi dei risultati ottenuti.

In particolare, l'approccio di calcolo esaminato mostrano i risultati dello spostamento massimo registrato in seno alla paratia, i valori massimi delle sollecitazioni nelle paratie (momento flettente e taglio), i tassi di sfruttamento massimi (rapporto azioni di progetto-resistenze di progetto, **la verifica risulta soddisfatta per un valore minore di uno**), le massime reazioni nei vincoli (laddove presenti), i tassi di sfruttamento massimi TSF dei vincoli (rapporto azioni di progetto-resistenze di progetto, **la verifica risulta soddisfatta per un valore minore di uno**), il fattore di sicurezza nei confronti dell'infissione critica.

Di seguito si riporta il dettaglio del significato delle Seguenti figure:

- Spostamento paratia: valore dello spostamento massimo in seno alla paratia.
- diagramma involuppo dei massimi valori del momento flettente sulla paratia - valori in kN\*m a metro lineare - per la combinazione SLU A1+M1+R1/ SLV M1+R1 (a seconda di quale risulta la più gravosa) in cui è massimo il valore del momento flettente sollecitante  $M_{Ed}$  ;
- diagramma involuppo dei massimi valori della forza di taglio sulla paratia - valori in kN a metro lineare - per la combinazione SLU A1+M1+R1/ SLV M1+R1 (a seconda di quale risulta la più gravosa) in cui è massimo il valore del taglio sollecitante ( $V_{Ed}$ );
- FS infissione (eq.limite): rappresenta il rapporto tra la lunghezza effettiva di infissione e la lunghezza limite in condizioni di incipiente collasso, valutato con analisi all'equilibrio limite.
- Verifica stabilità globale (FS): fattore di sicurezza per la stabilità globale.

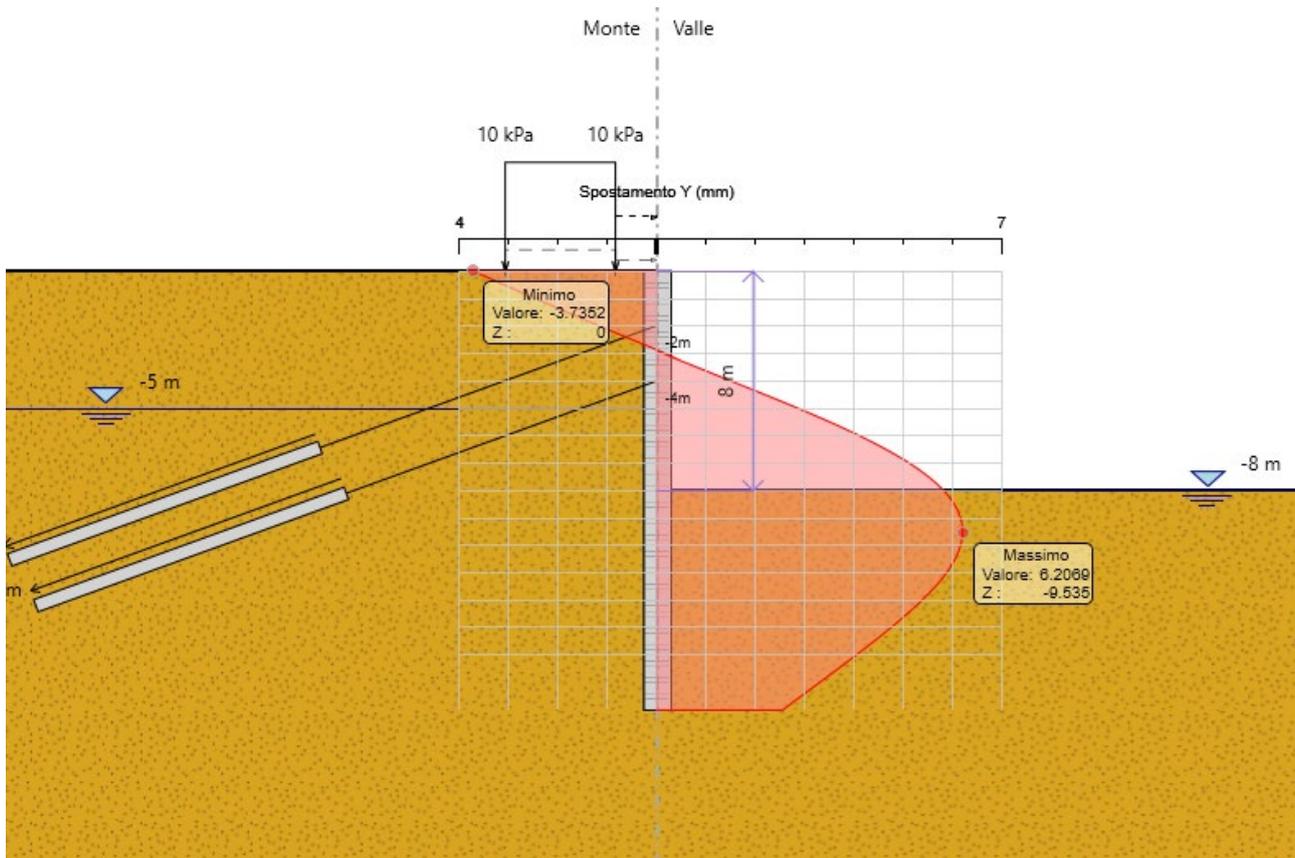


Figura 4.6 – Sezione 1: SLE, diagramma involuipo spostamenti.

Risultati		
Tipo risultato: Spostamento Y Parete: Left Wall		
Quota (m)	Valore (mm)	
-9.125	6.1878	
-9.33	6.2042	
-9.535	6.2069	
-9.74	6.1962	
-9.945	6.1728	
-10.15	6.1372	
-10.355	6.0902	

Figura 4.7 – Sezione 1: SLE, Spostamento max.

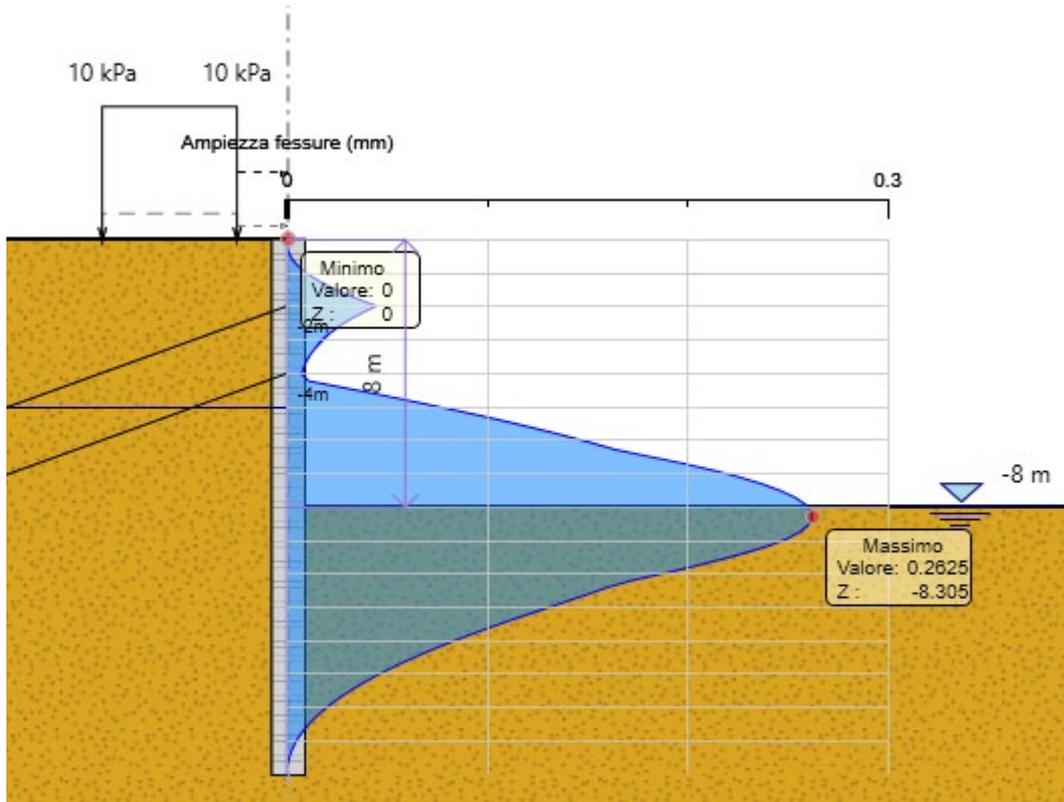


Figura 4.8 – Sezione 1: SLE, verifica a fessurazione.

Risultati		
Tipo risultato: Ampiezza fessure Parete: Left Wall		
Quota (m)	Valore (mm)	
-7.895	0.2591	
-8.1	0.26196	
-8.305	0.2625	
-8.51	0.26071	
-8.715	0.25657	
-8.92	0.25009	

Figura 4.9 – Sezione 1: SLE, fessurazione max.

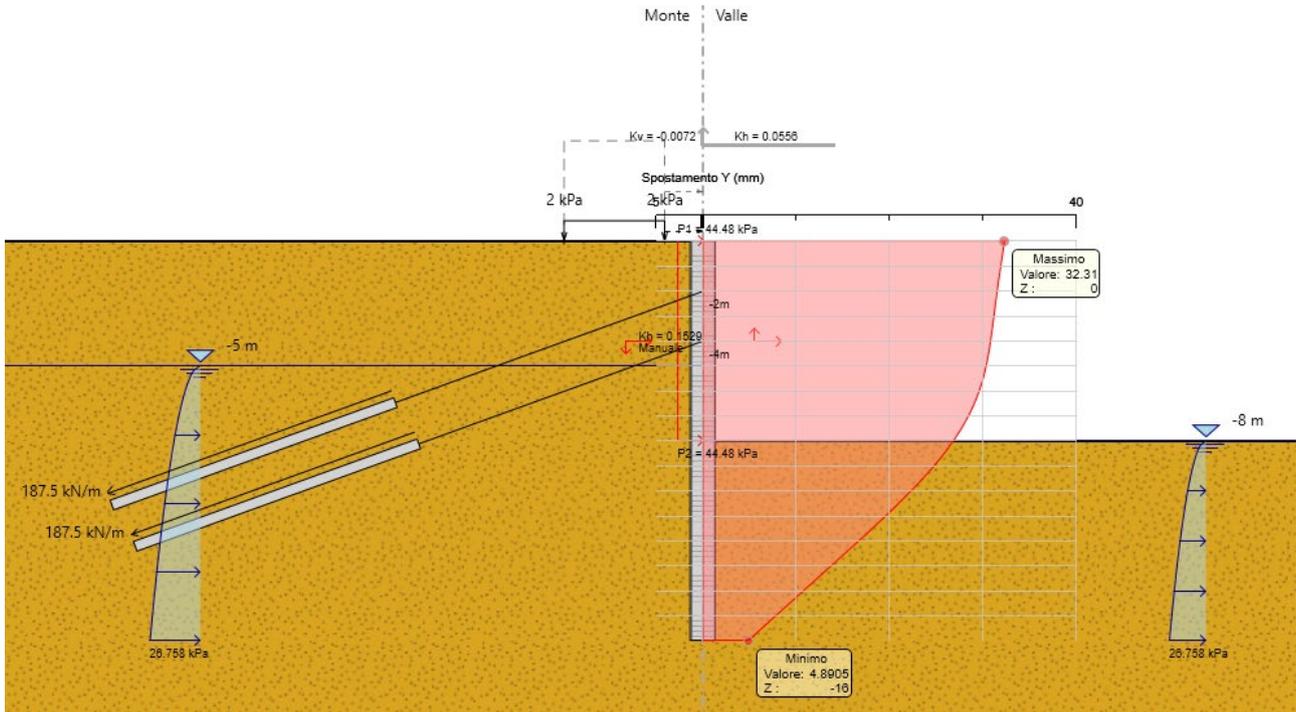


Figura 4.10 – Sezione 1: SLV M1+R1, diagramma involuppo spostamenti.

Risultati	
Tipo risultato: Spostamento Y Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (mm)
0	32.31
-0.205	32.226
-0.41	32.143
-0.615	32.06
-0.82	31.977
-1.025	31.895
-1.23	31.813

Figura 4.11 – Sezione 1: SLV M1+R1, spostamento max

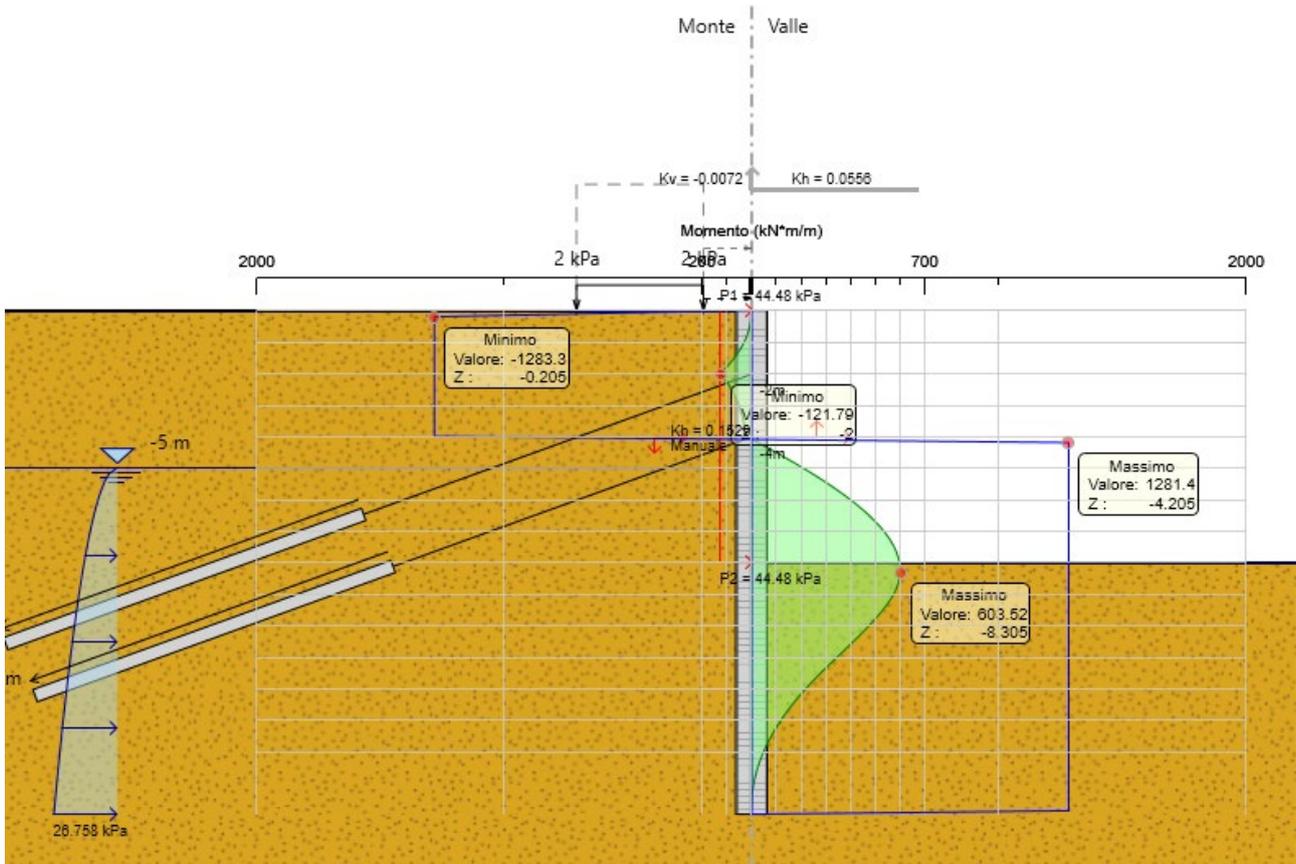


Figura 4.12 – Sezione 1: SLU-STR A1+M1+R1, diagramma involuopo momento flettente.

Risultati	
Tipo risultato: Momento Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (kN*m/m)
-7.895	597.76
-8.1	602.51
-8.305	603.52
-8.51	600.78
-8.715	594.26
-8.92	583.95
-9.125	569.83

Figura 4.13 – Sezione 1: SLU-STR A1+M1+R1, momento max.

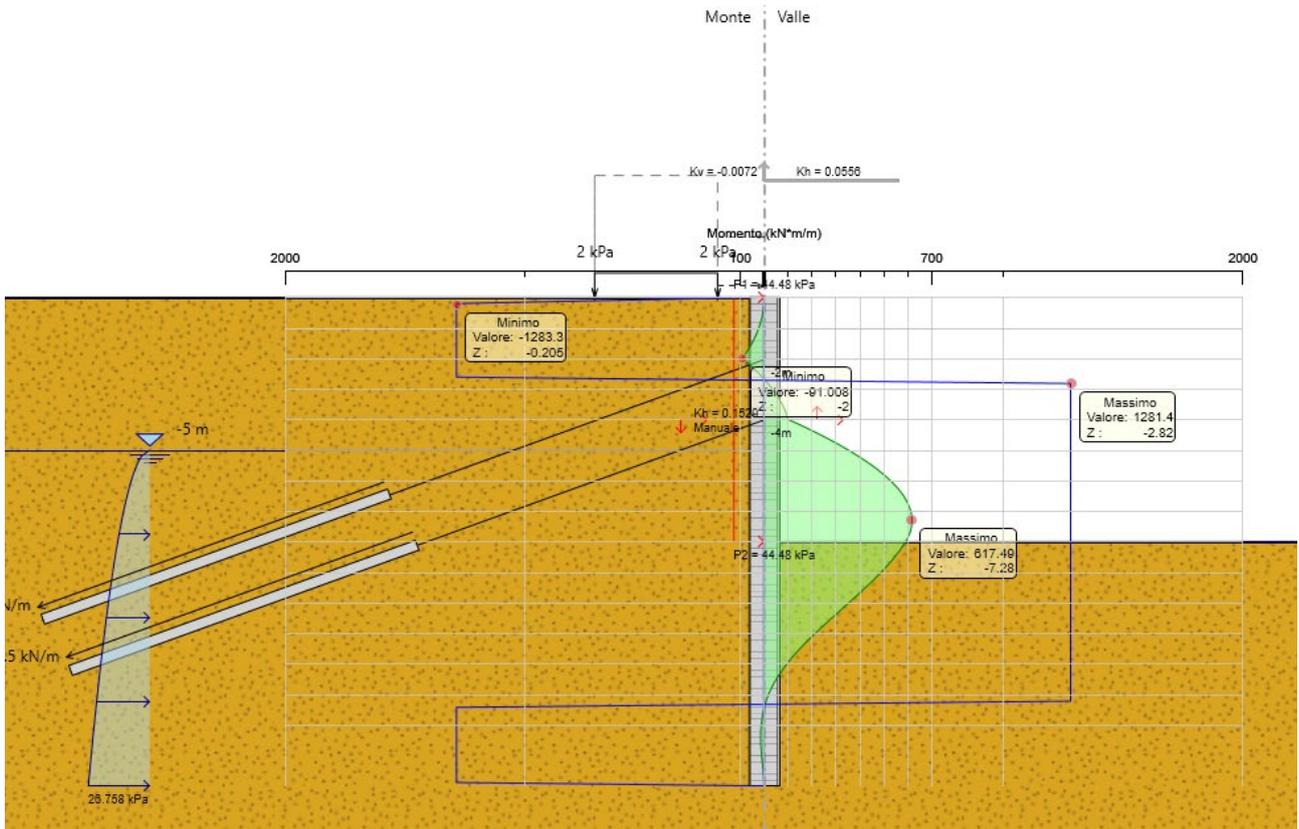


Figura 4.14 – Sezione 1: SLV M1+R1, diagramma involuppo momento flettente.

**Risultati**

Tipo risultato: **Momento** Parete: **Left Wall**

Quota (m)	Valore (kN*m/m)
-6.665	594.79
-6.87	606.79
-7.075	614.4
<b>-7.28</b>	<b>617.49</b>
-7.485	615.93
-7.69	609.6
-7.895	598.37

Figura 4.15 – Sezione 1: SLV M1+R1, momento max.

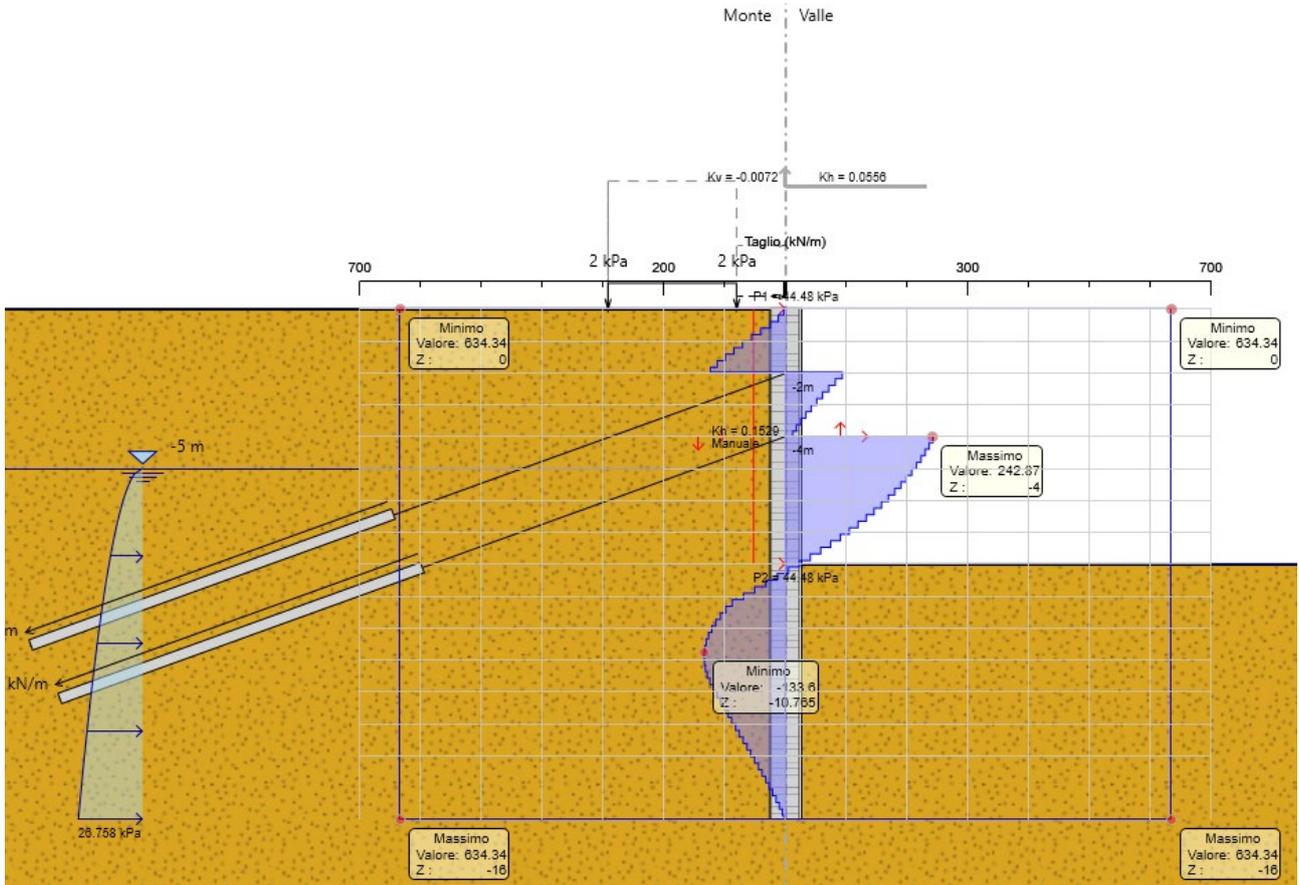


Figura 4.16 – Sezione 1: SLU-STR A1+M1+R1, diagramma involuppo taglio.

Risultati	
Tipo risultato: Taglio Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (kN/m)
-4	12.122
-4	242.87
-4.205	242.87
-4.205	236.67
-4.41	236.67
-4.41	230.07
-4.615	230.07
-4.615	223.07

Figura 4.17 – Sezione 1: SLU-STR A1+M1+R1, taglio max.

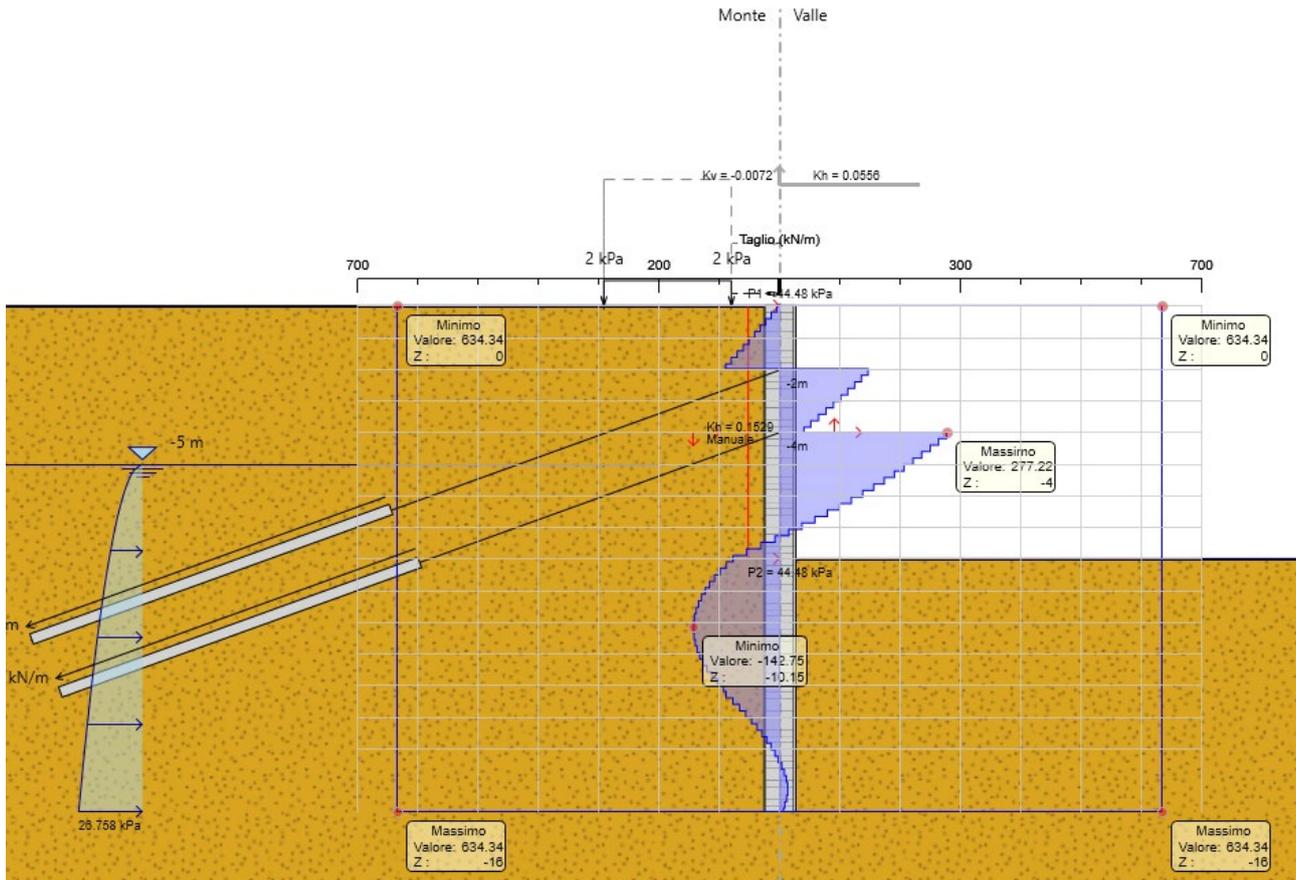


Figura 4.18 – Sezione 1: SLV M1+R1, diagramma involuppo taglio.

Risultati

Tipo risultato: Taglio Parete: Left Wall

Quota (m)	Valore (kN/m)
-4	40.313
<b>-4</b>	<b>277.22</b>
-4.205	277.22
-4.205	263.68
-4.41	263.68
-4.41	249.87
-4.615	249.87
-4.615	235.8

Figura 4.19 – Sezione 1: SLV M1+R1, taglio max.

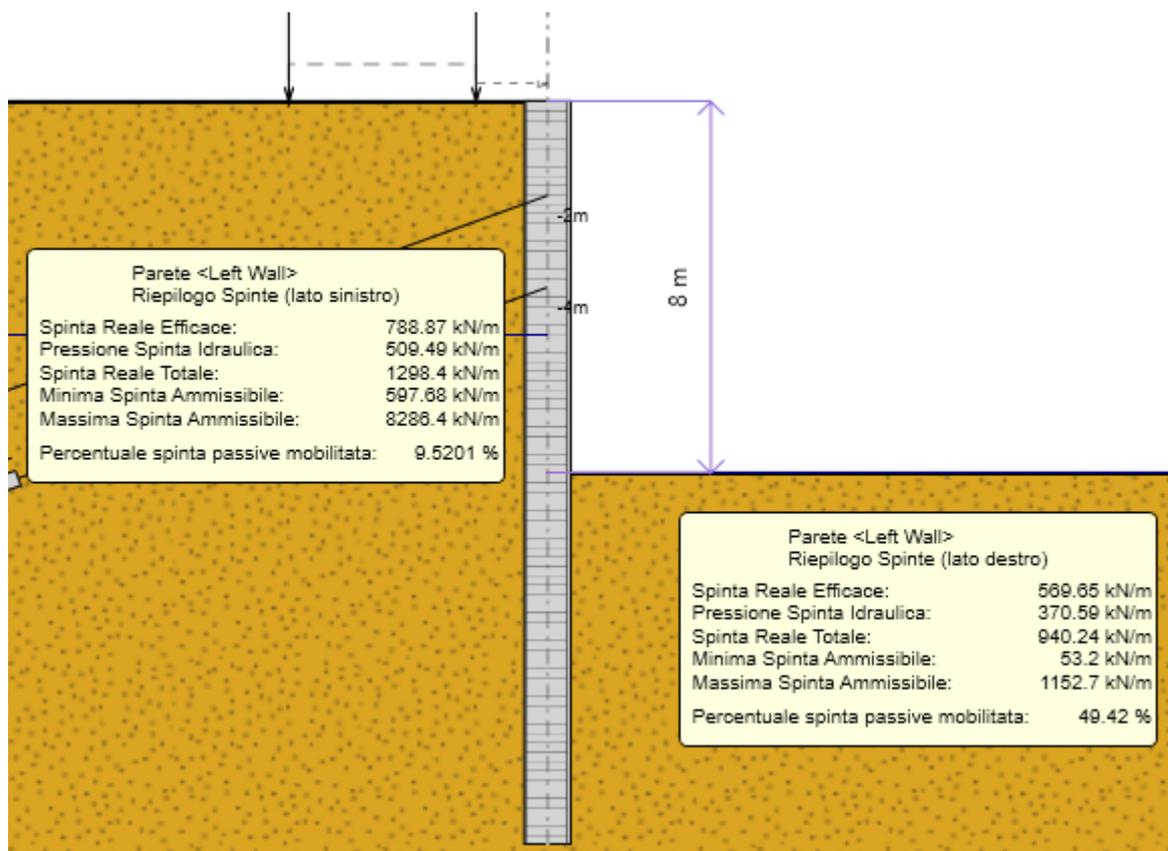


Figura 4.20 – Sezione 1: SLU A2+M2+R1, verifica di stabilità al piede.

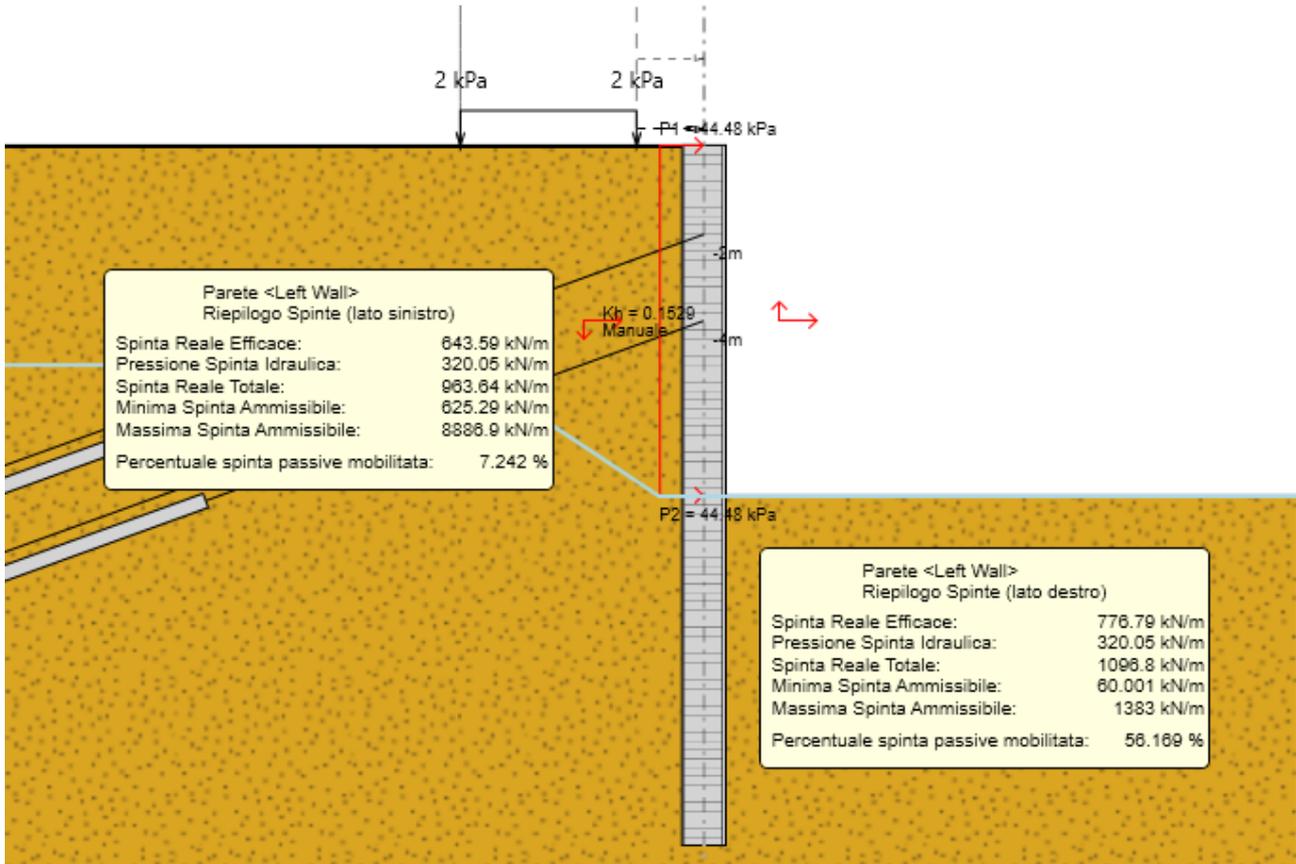


Figura 4.21 – Sezione 1: SLV M2+R1, verifica di stabilità al piede.

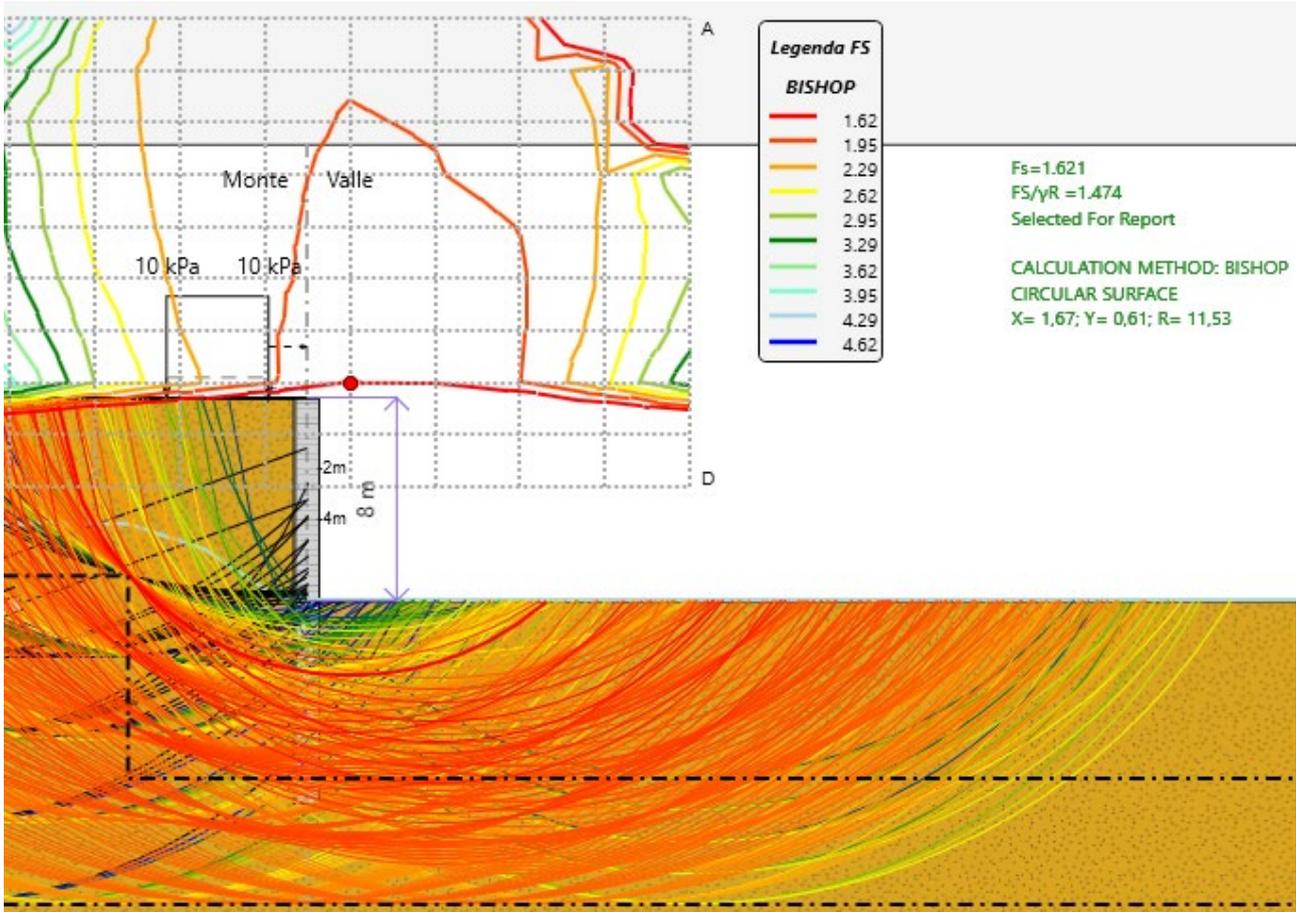


Figura 4.22 – Sezione 1: SLU A2+M2+R2: stabilità globale.

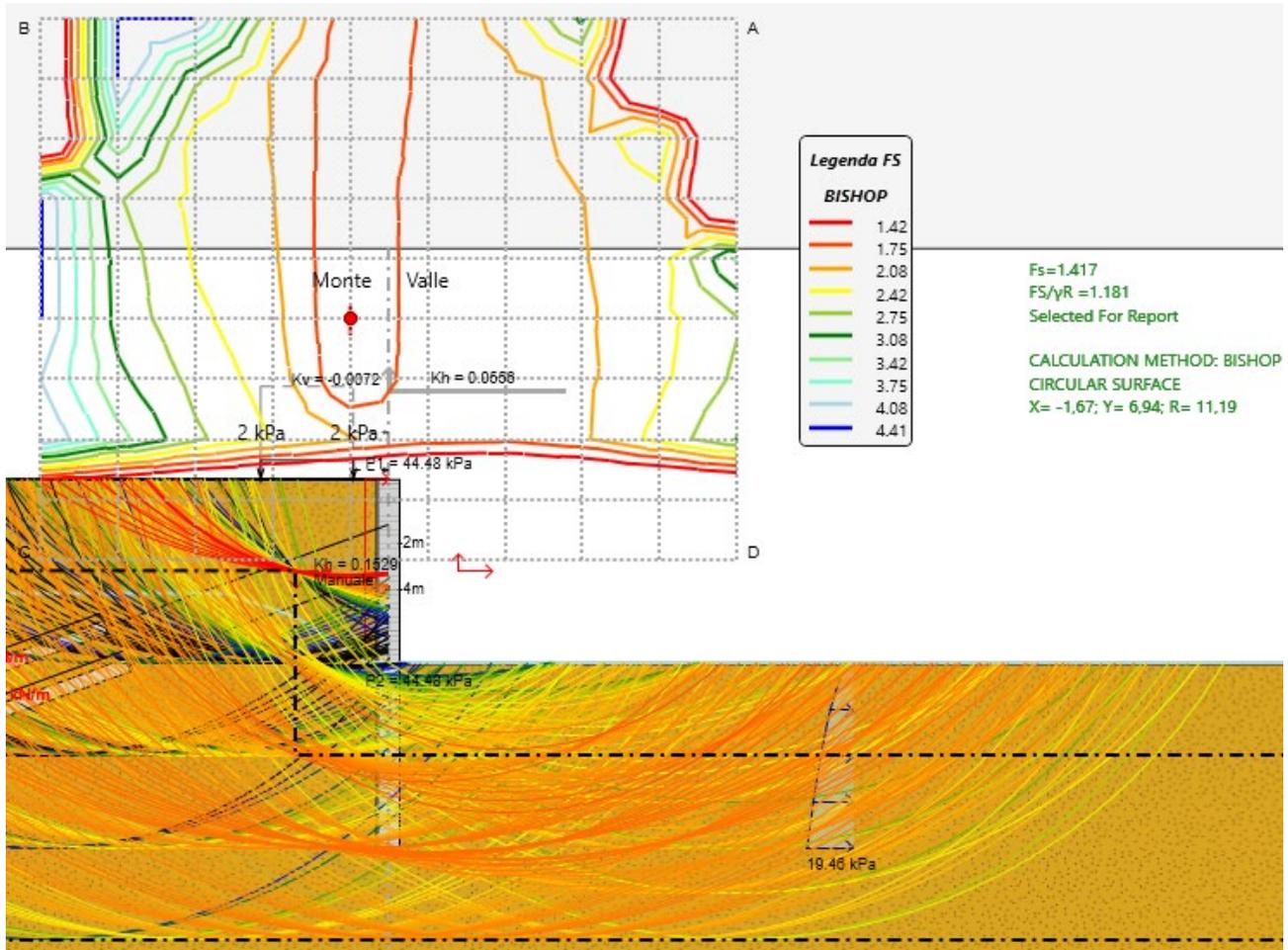


Figura 4.23 – Sezione 1: SLV M2+R2: stabilità globale.

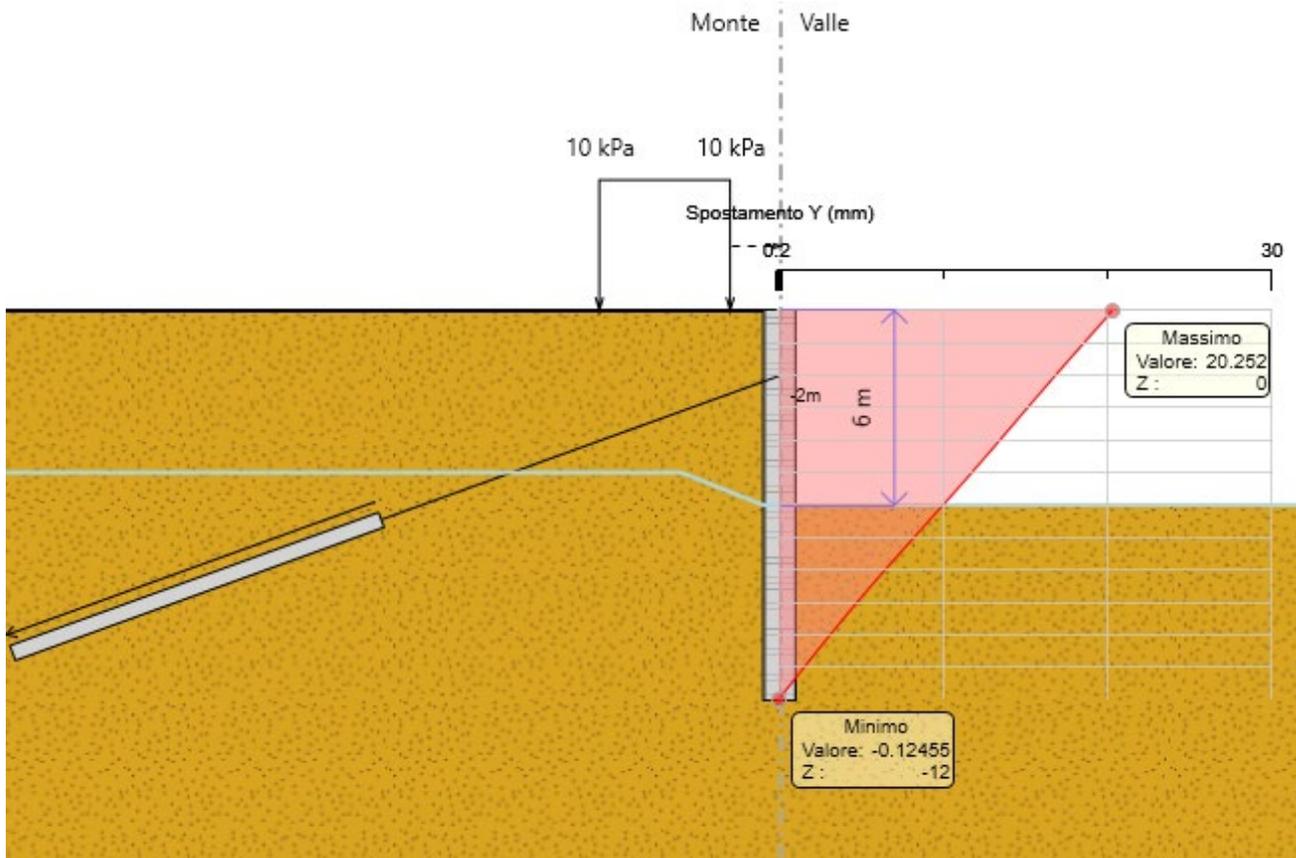


Figura 4.24 – Sezione 2: SLE, diagramma involuppo spostamenti.

Risultati	
Tipo risultato: Spostamento Y Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (mm)
0	20.252
-0.205	19.892
-0.41	19.533
-0.615	19.173
-0.82	18.813
-1.025	18.454

Figura 4.25 – Sezione 2: SLE, Spostamento max.

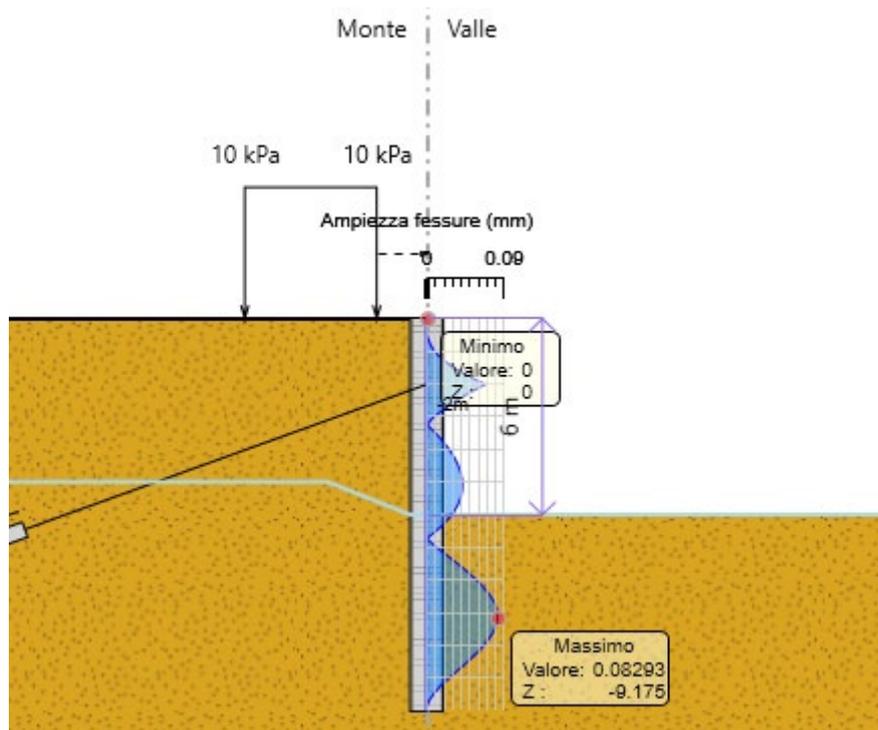


Figura 4.26 – Sezione 2: SLE, verifica a fessurazione.

Risultati	
Tipo risultato: Ampiezza fessure Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (mm)
-9.175	0.08293
-9.38	0.081197
-9.585	0.077795
-9.79	0.072855
-9.995	0.066635
-10.2	0.059421
-10.405	0.051385

Figura 4.27 – Sezione 2: SLE, fessurazione max.

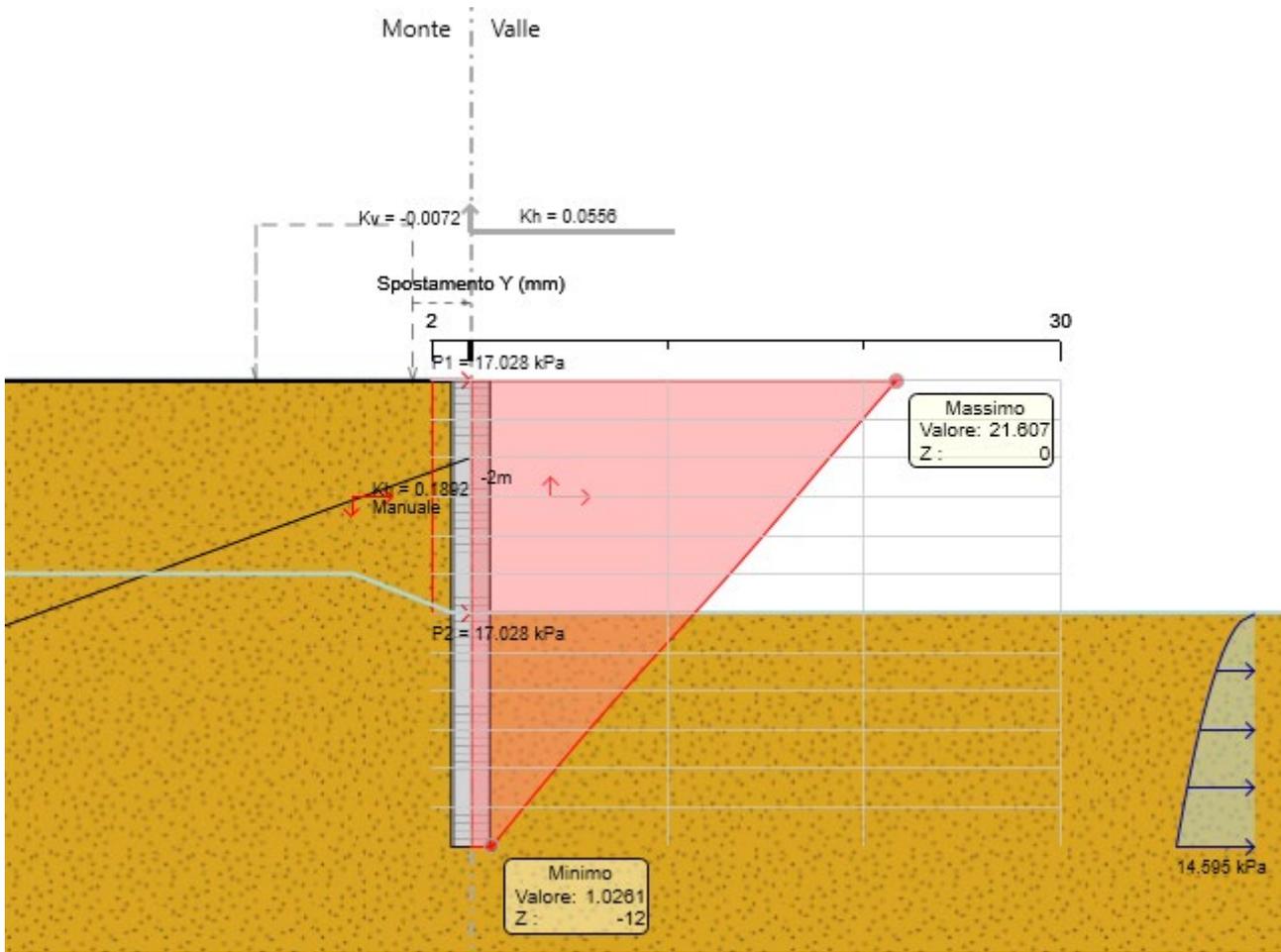


Figura 4.28 – Sezione 2: SLV M1+R1, diagramma involuppo spostamenti.

Risultati	
Tipo risultato: Spostamento Y Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (mm)
0	21.607
-0.205	21.254
-0.41	20.901
-0.615	20.548
-0.82	20.195
-1.025	19.843
-1.23	19.49

Figura 4.29 – Sezione 2: SLV M1+R1, spostamento max

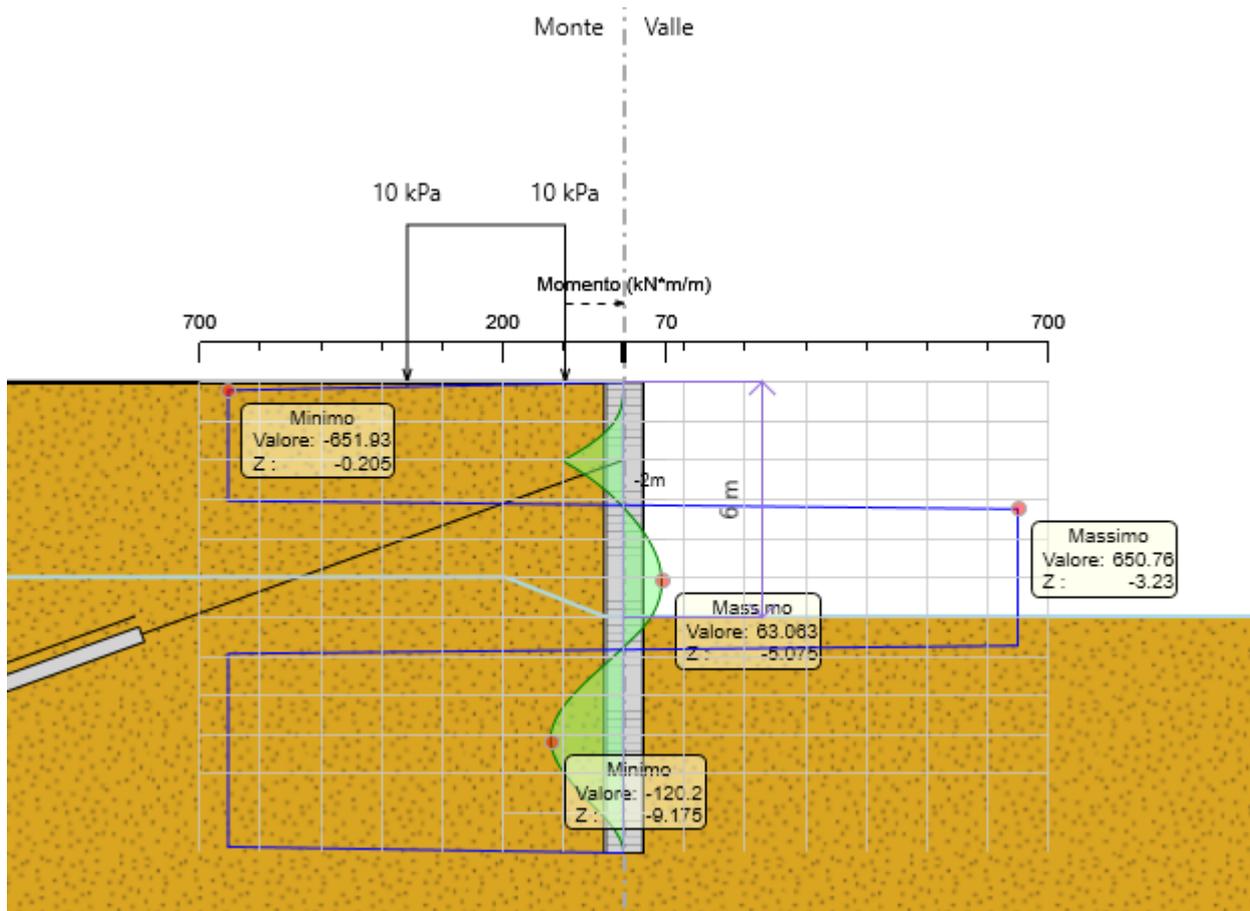


Figura 4.30 – Sezione 2: SLU-STR A1+M1+R1, diagramma involuppo momento flettente.

Risultati	
Tipo risultato: Momento Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (kN*m/m)
-8.56	-111.25
-8.765	-116.91
-8.97	-119.98
<b>-9.175</b>	<b>-120.2</b>
-9.38	-117.79
-9.585	-112.94
-9.79	-105.83

Figura 4.31 – Sezione 2: SLU-STR A1+M1+R1, momento max.

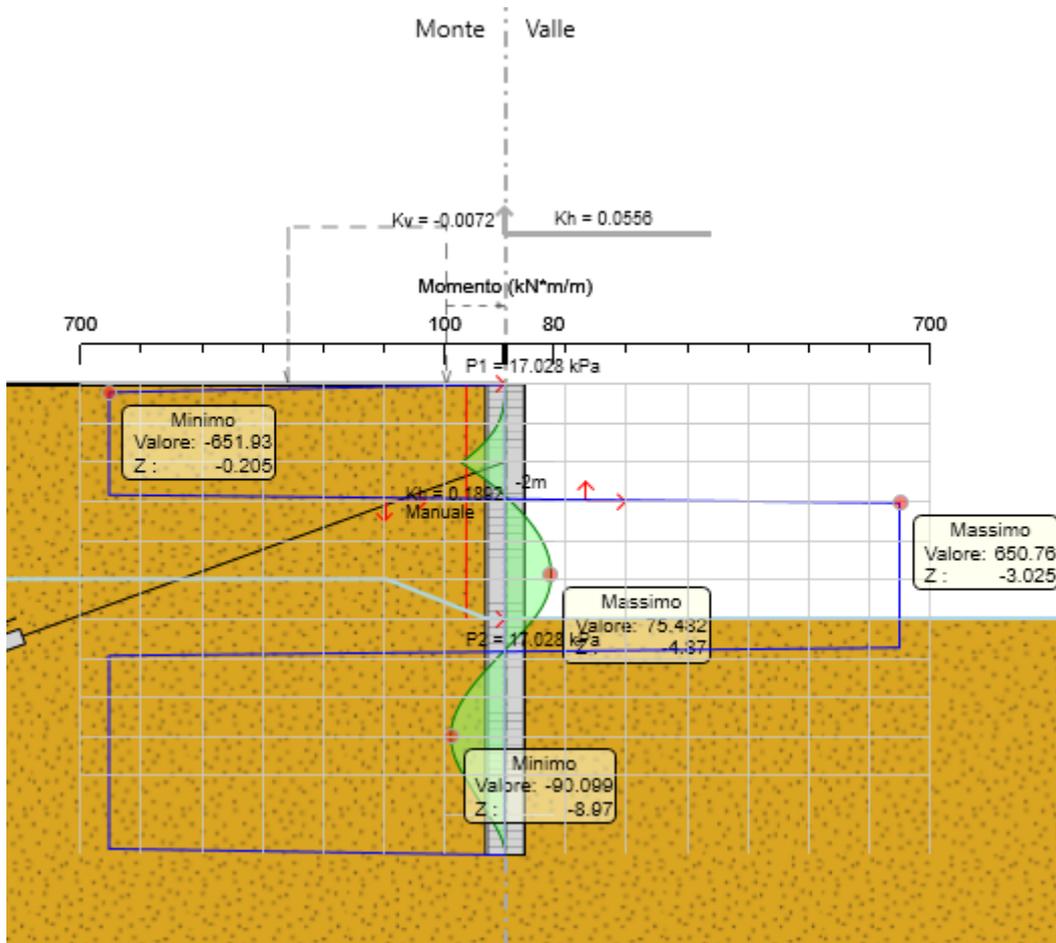


Figura 4.32 – Sezione 2: SLV M1+R1, diagramma involuppo momento flettente.

Risultati	
Tipo risultato: Momento Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (kN*m/m)
-8.97	-90.099
-9.175	-89.115
-9.38	-86.217
-9.585	-81.588
-9.79	-75.405
-9.995	-67.99

Figura 4.33 – Sezione 2: SLV M1+R1, momento max.

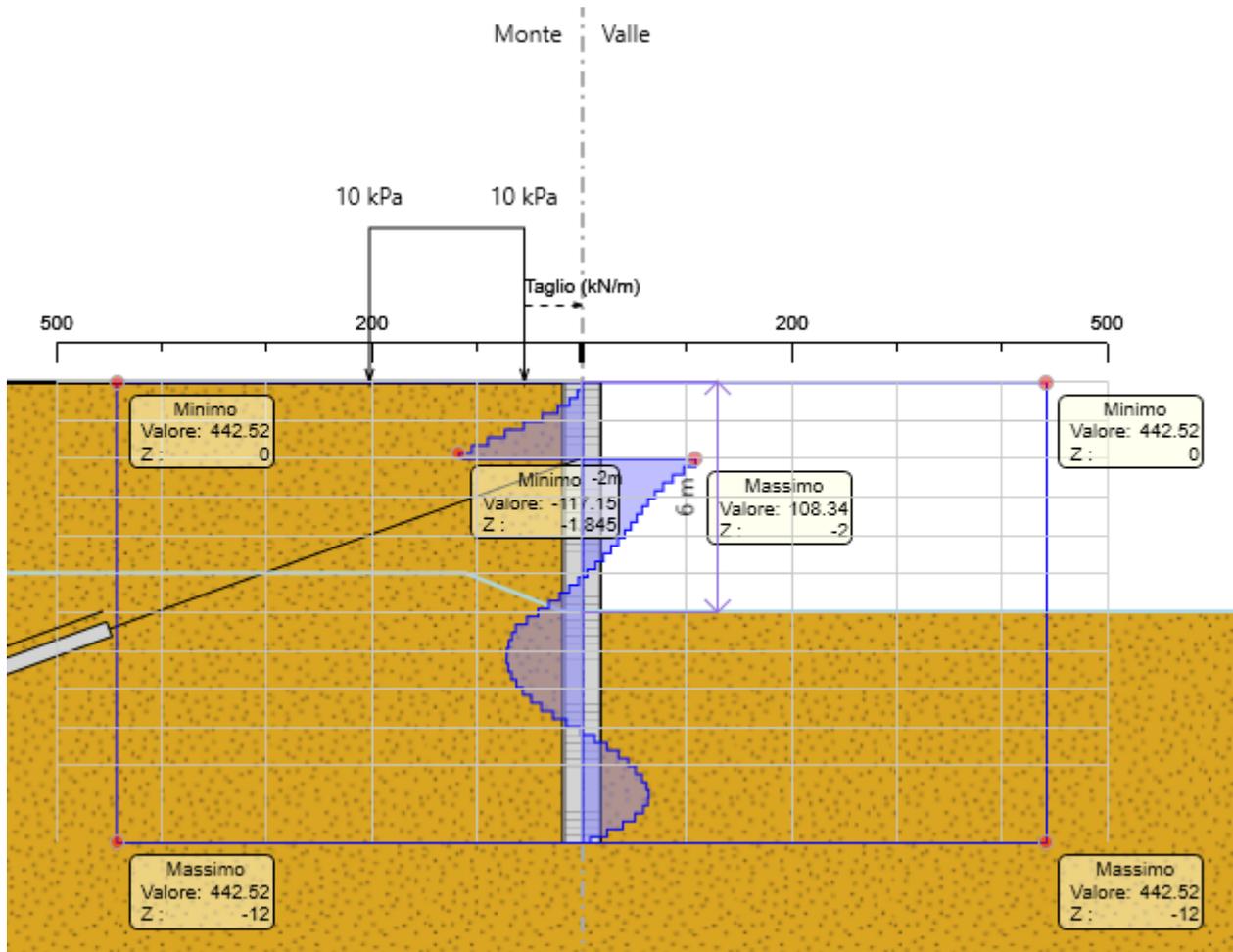


Figura 4.34 – Sezione 2: SLU-STR A1+M1+R1, diagramma involuogo taglio.

Risultati	
Tipo risultato: Taglio Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (kN/m)
-1.845	-117.15
-2	-117.15
-2	108.34
-2.205	108.34
-2.205	96.752
-2.41	96.752
-2.41	86.428

Figura 4.35 – Sezione 2: SLU-STR A1+M1+R1, taglio max.

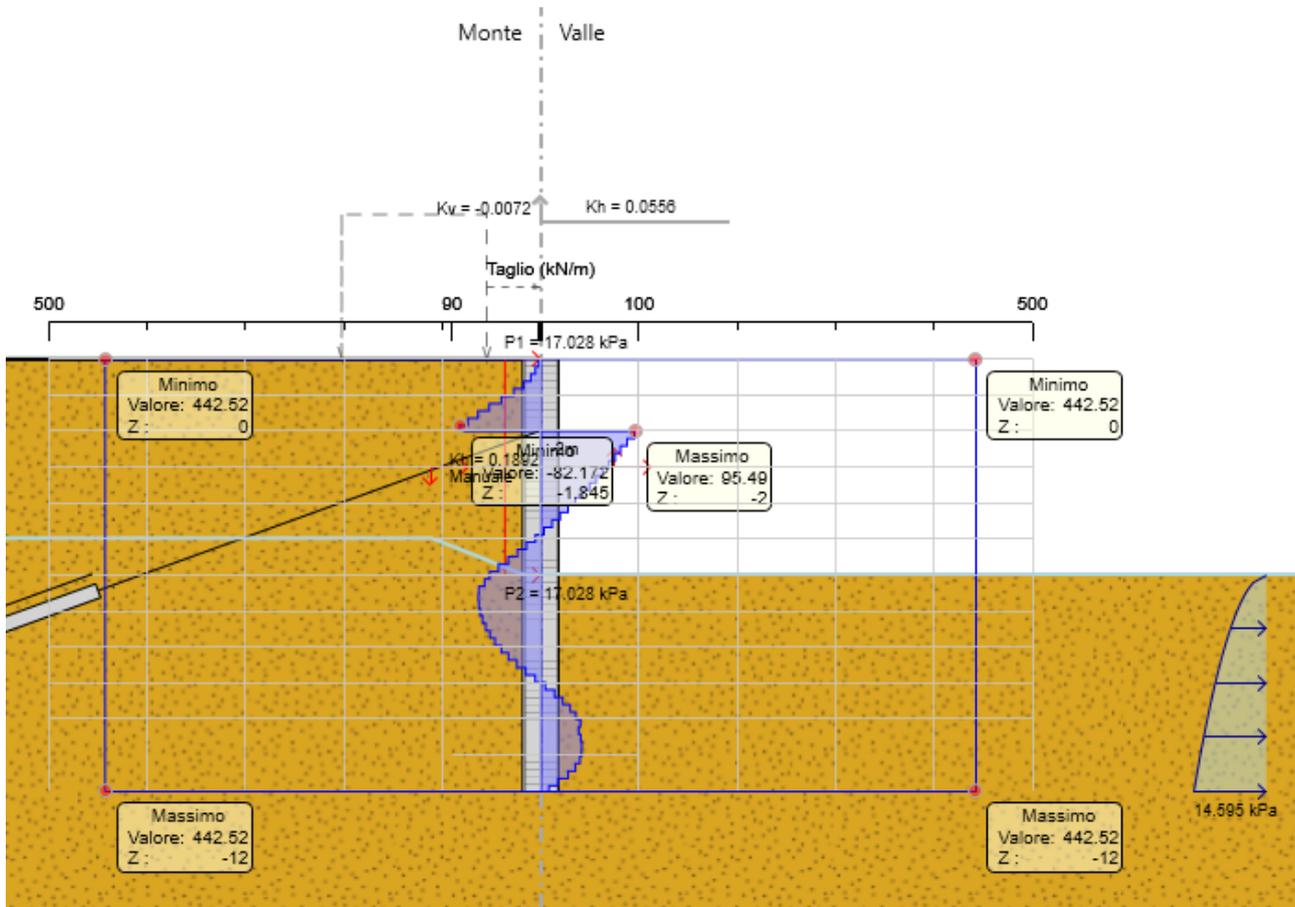


Figura 4.36 – Sezione 2: SLV M1+R1, diagramma involuppo taglio.

Risultati

Tipo risultato: Taglio Parete: Left Wall

Quota (m)	Valore (kN/m)
-1.845	-82.172
-2	-82.172
-2	95.49
-2.205	95.49
-2.205	87.967
-2.41	87.967
-2.41	81.455

Figura 4.37 – Sezione 2: SLV M1+R1, taglio max.

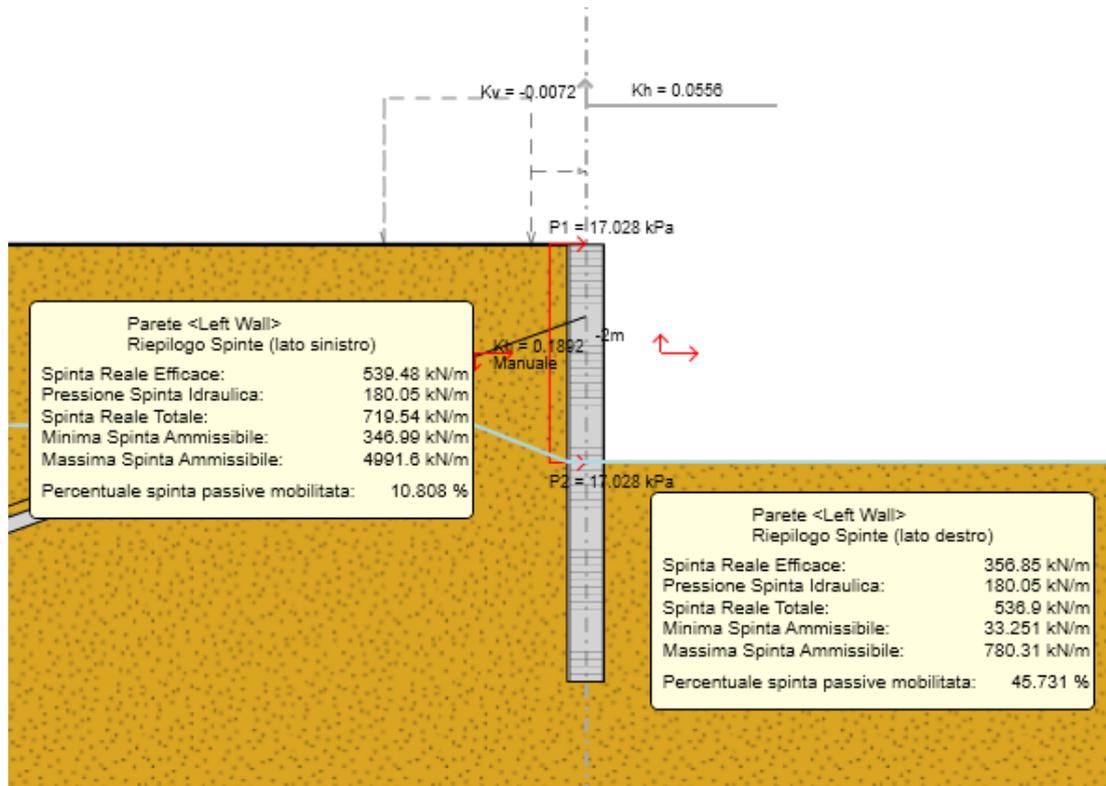


Figura 4.38 – Sezione 2: SLU A2+M2+R1, verifica di stabilità al piede.

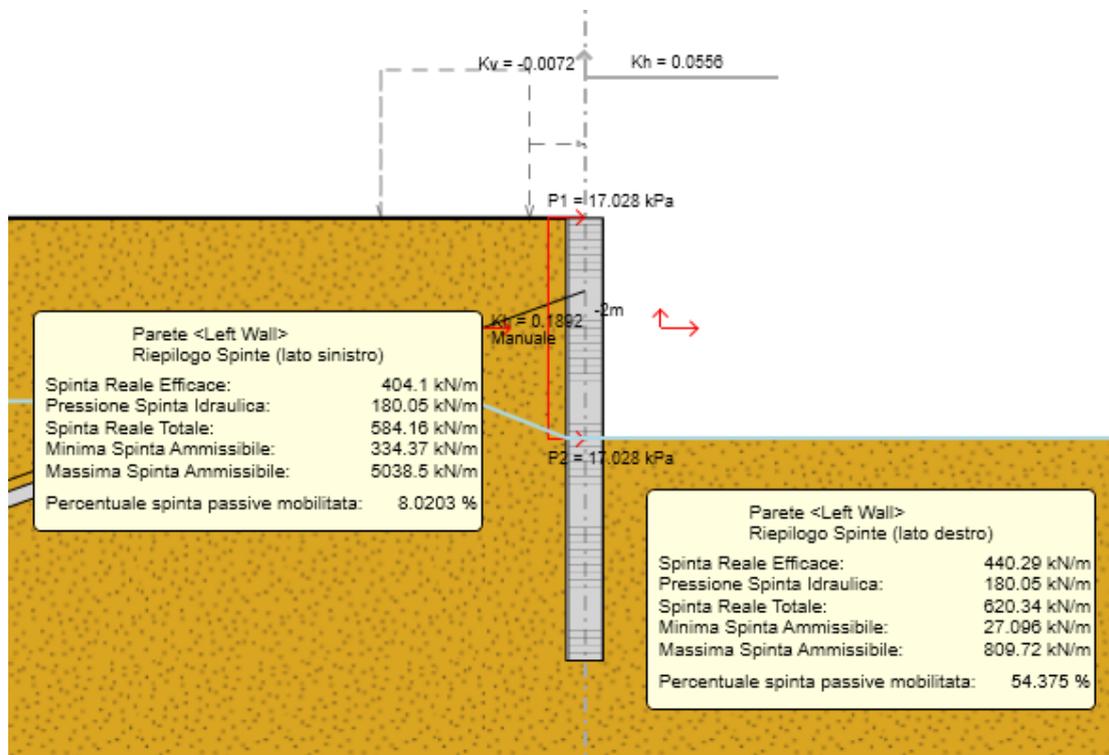


Figura 4.39 – Sezione 2: SLV M2+R1, verifica di stabilità al piede.

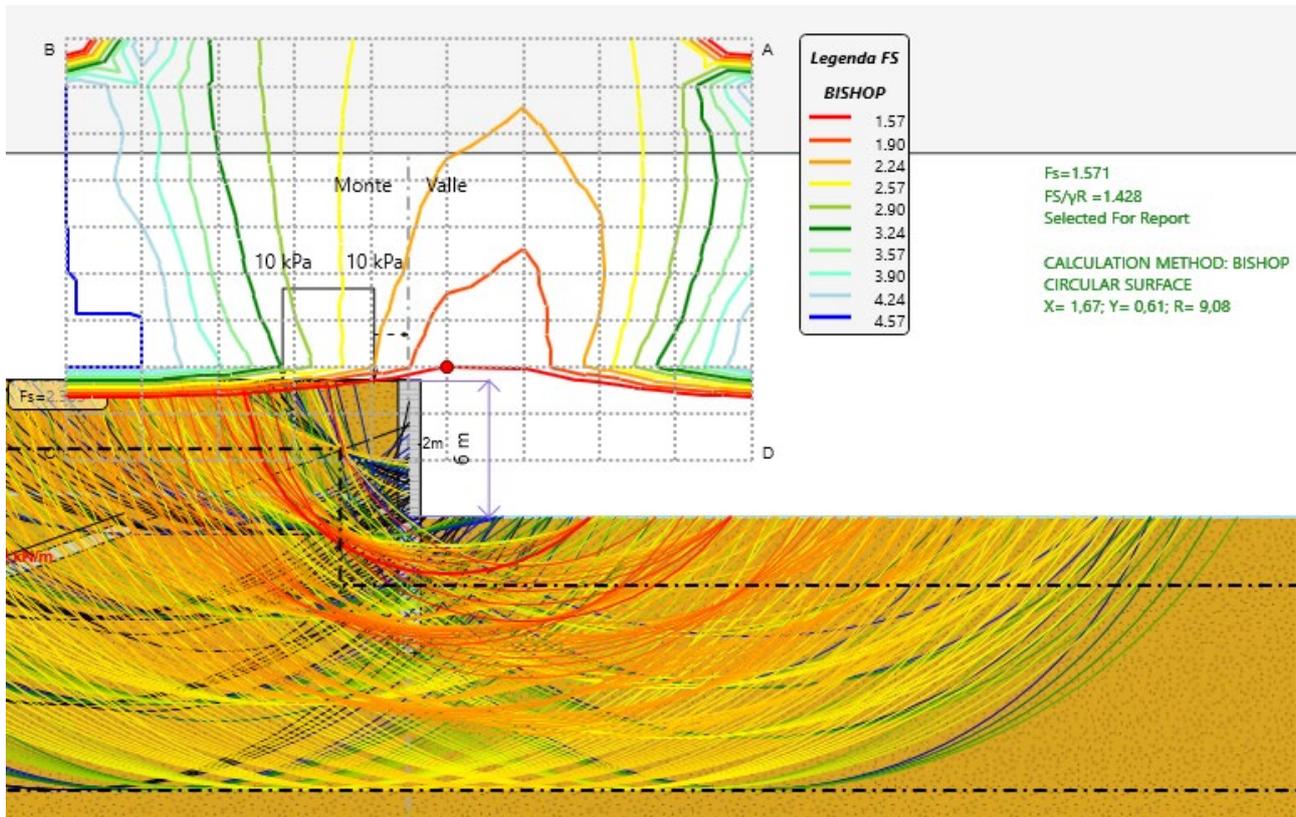


Figura 4.40 – Sezione 2: SLU A2+M2+R2: stabilità globale.

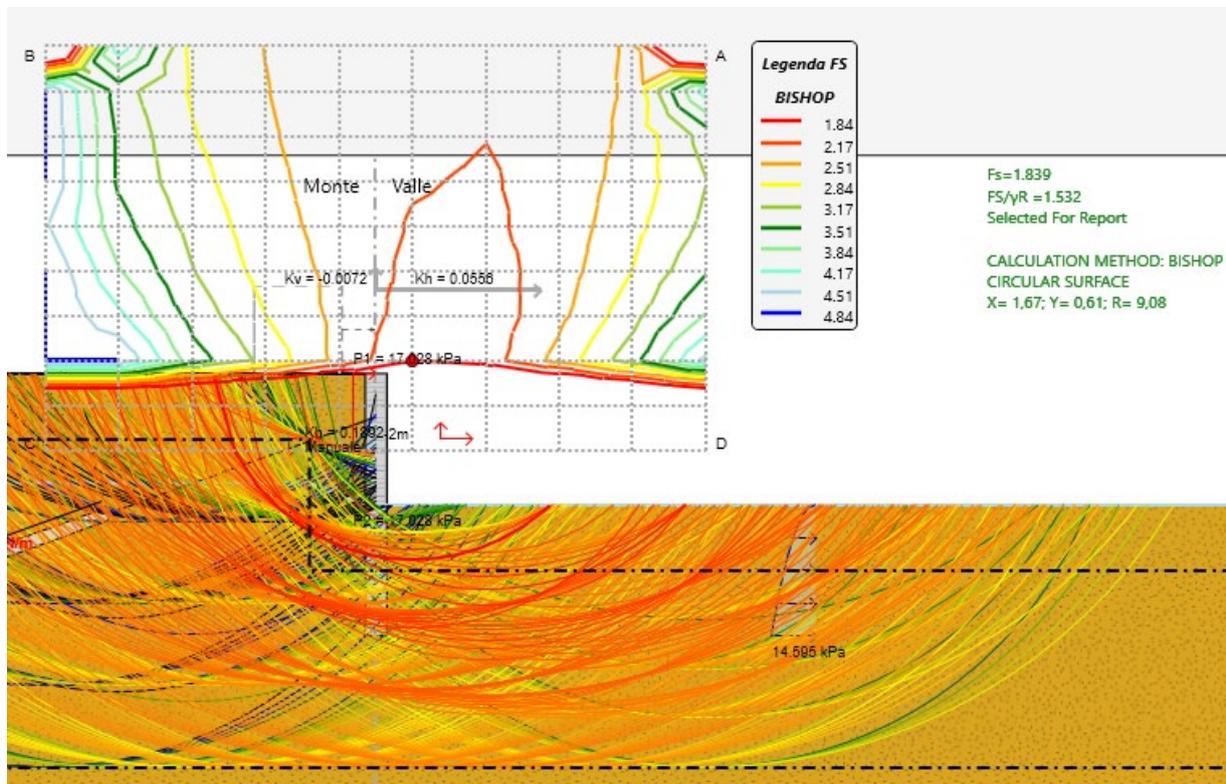


Figura 4.41 – Sezione 2: SLV M2+R2: stabilità globale.

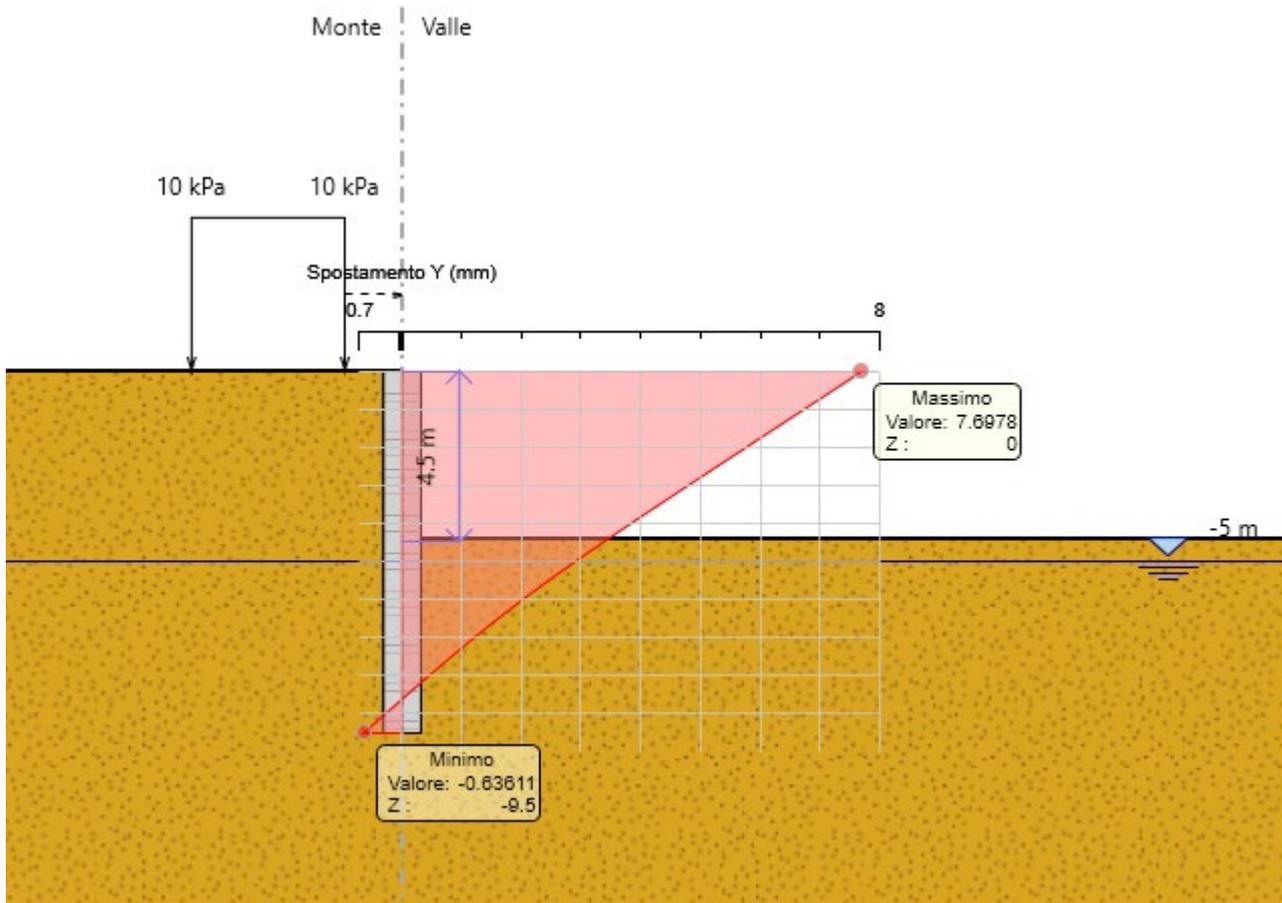


Figura 4.42 – Sezione 3: SLE, diagramma involuppo spostamenti.

Risultati

Tipo risultato: Spostamento Y Parete: Left Wall

Quota (m)	Valore (mm)
0	7.6978
-0.205	7.4989
-0.41	7.3001
-0.615	7.1012
-0.82	6.9024
-1.025	6.7036
-1.23	6.5047

Figura 4.43 – Sezione 3: SLE, Spostamento max.

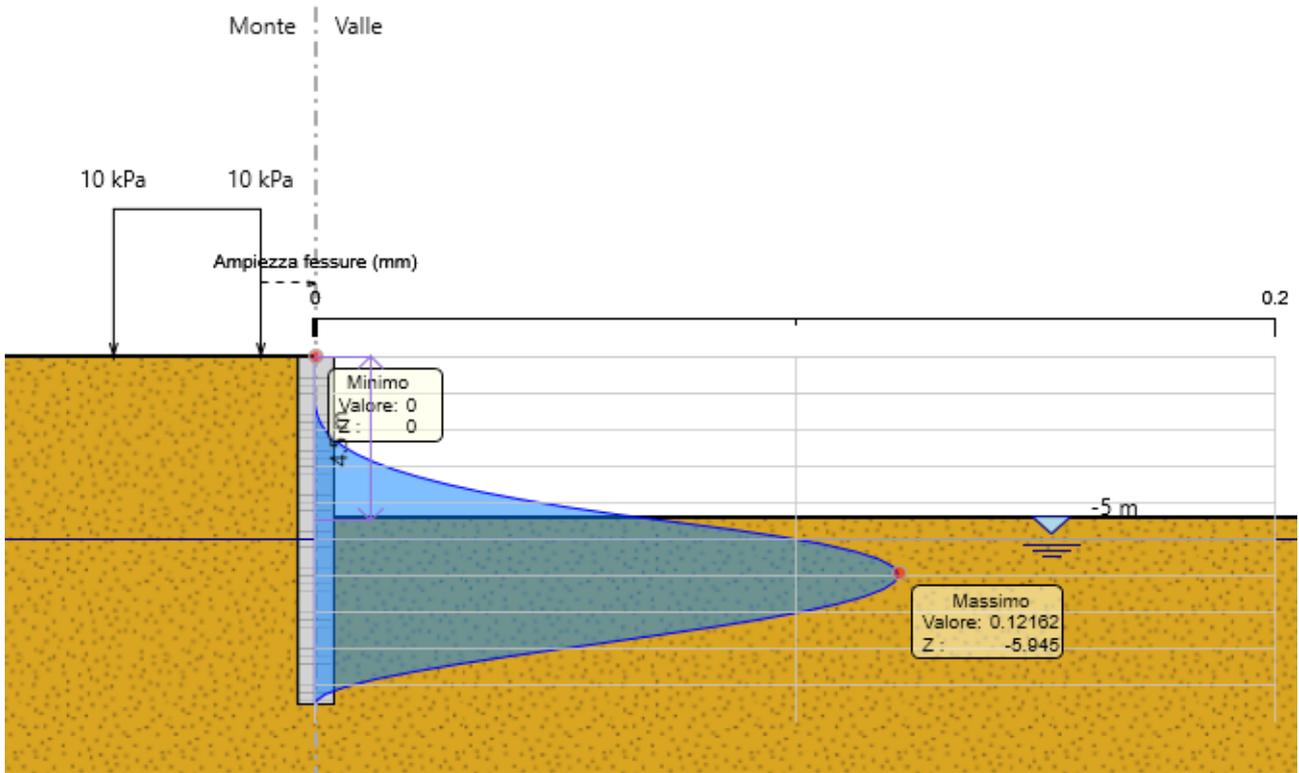


Figura 4.44 – Sezione 3: SLE, verifica a fessurazione.

Risultati

Tipo risultato: Ampiezza fessure Parete: Left Wall

Quota (m)	Valore (mm)
-5.535	0.11764
-5.74	0.12055
-5.945	0.12162
-6.15	0.12092
-6.355	0.11851
-6.56	0.11444
-6.765	0.10879

Figura 4.45 – Sezione 3: SLE, fessurazione max.

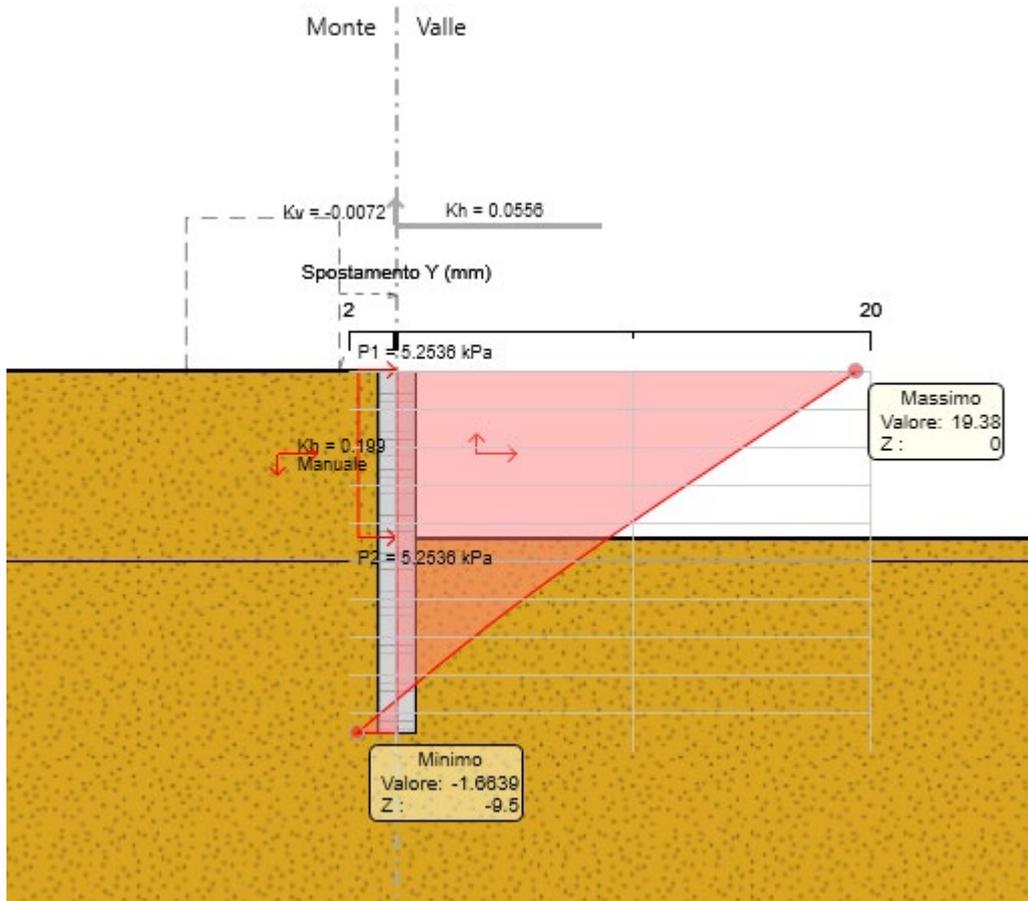


Figura 4.46 – Sezione 3: SLV M1+R1, diagramma involuppo spostamenti.

Risultati	
Tipo risultato: Spostamento Y Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (mm)
0	19.38
-0.205	18.887
-0.41	18.393
-0.615	17.9
-0.82	17.407
-1.025	16.914

Figura 4.47 – Sezione 3: SLV M1+R1, spostamento max

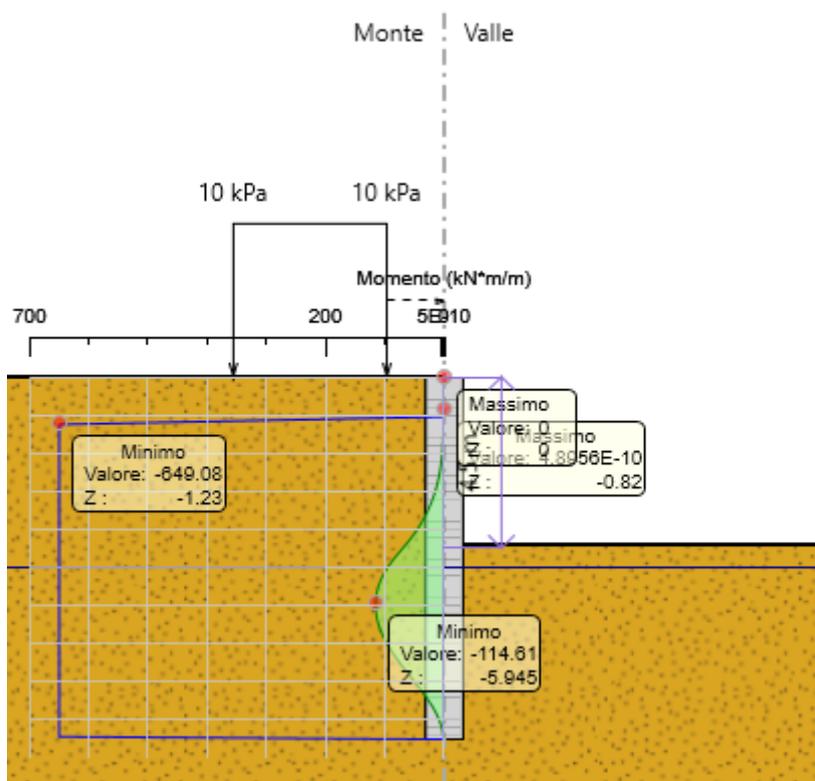


Figura 4.48 – Sezione 3: SLU-STR A1+M1+R1, diagramma involuppo momento flettente.

Risultati

Tipo risultato: Momento Parete: Left Wall

Quota (m)	Valore (kN*m/m)
-5.74	-113.57
-5.945	-114.61
-6.15	-113.99
-6.355	-111.75
-6.56	-107.97
-6.765	-102.69
-6.97	-96.021
-7.175	-88.059

Figura 4.49 – Sezione 3: SLU-STR A1+M1+R1, momento max.

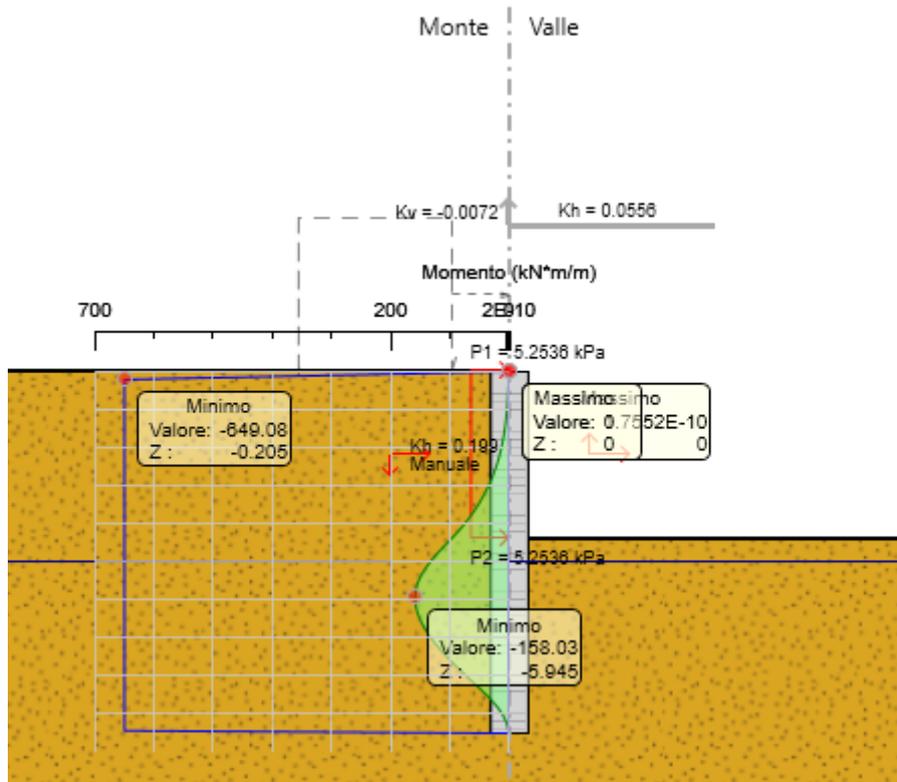


Figura 4.50 – Sezione 3: SLV M1+R1, diagramma involuppo momento flettente.

Risultati	
Tipo risultato: Momento Parete: Left Wall	
Quota (m)	Valore (kN*m/m)
-5.535	-153.15
-5.74	-156.88
-5.945	-158.03
-6.15	-156.82
-6.355	-153.43
-6.56	-148.08
-6.765	-140.95

Figura 4.51 – Sezione 3: SLV M1+R1, momento max.

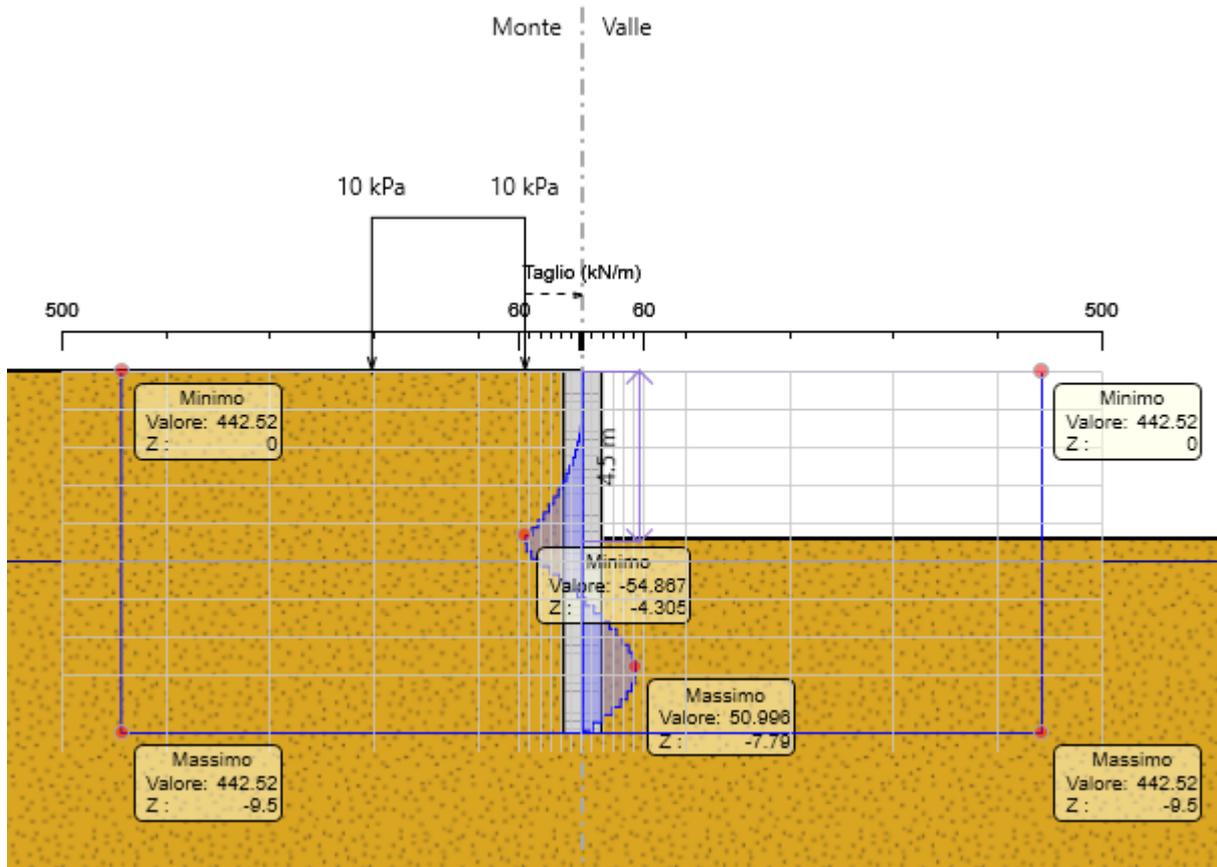


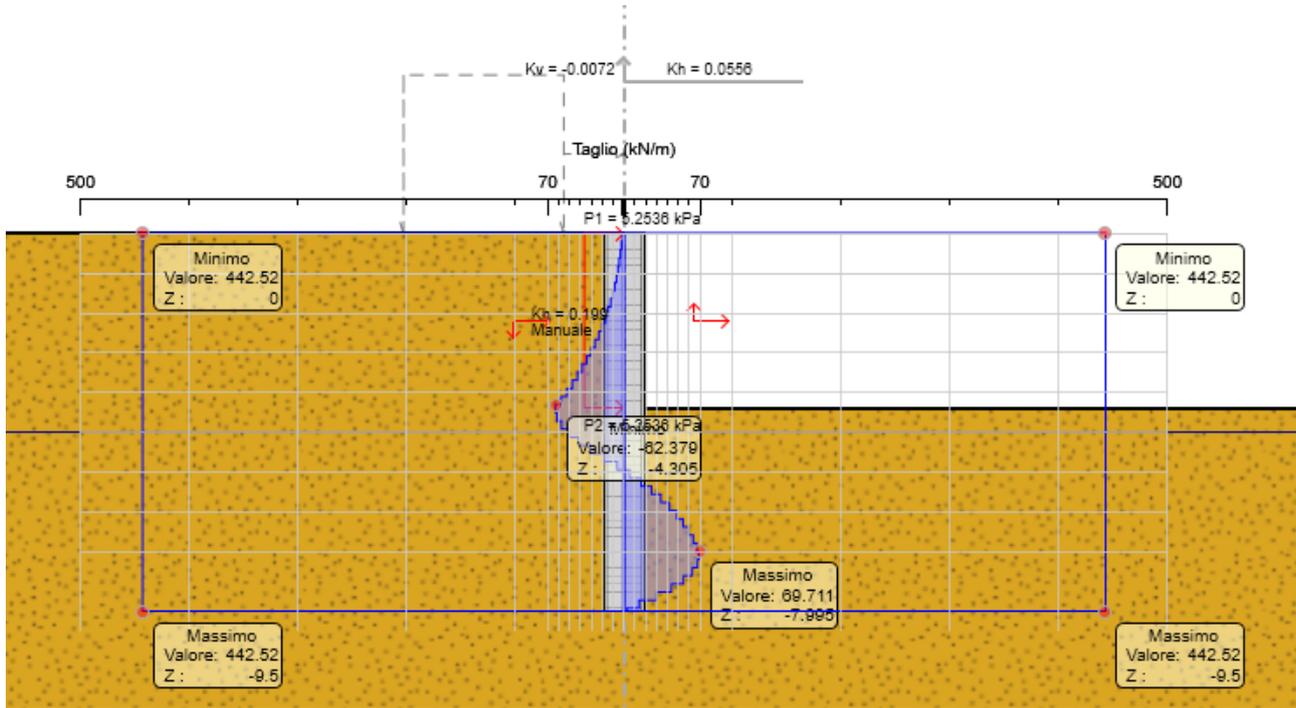
Figura 4.52 – Sezione 3: SLU-STR A1+M1+R1, diagramma involuppo taglio.

Risultati

Tipo risultato: Taglio Parete: Left Wall

Quota (m)	Valore (kN/m)
-4.1	-42.909
-4.1	-48.707
-4.305	-48.707
-4.305	-54.867
-4.51	-54.867
-4.51	-53.945
-4.715	-53.945
-4.715	-49.213

Figura 4.53 – Sezione 2: SLU-STR A1+M1+R1, taglio max.



**Figura 4.54 – Sezione 3: SLV M1+R1, diagramma involuppo taglio.**

Risultati

Tipo risultato: Taglio Parete: Left Wall

Quota (m)	Valore (kN/m)
-4.1	-51.88
-4.1	-57.144
-4.305	-57.144
<b>-4.305</b>	<b>-62.379</b>
-4.51	-62.379
-4.51	-61.148
-4.715	-61.148
-4.715	-56.979

**Figura 4.55 – Sezione 3: SLV M1+R1, taglio max.**

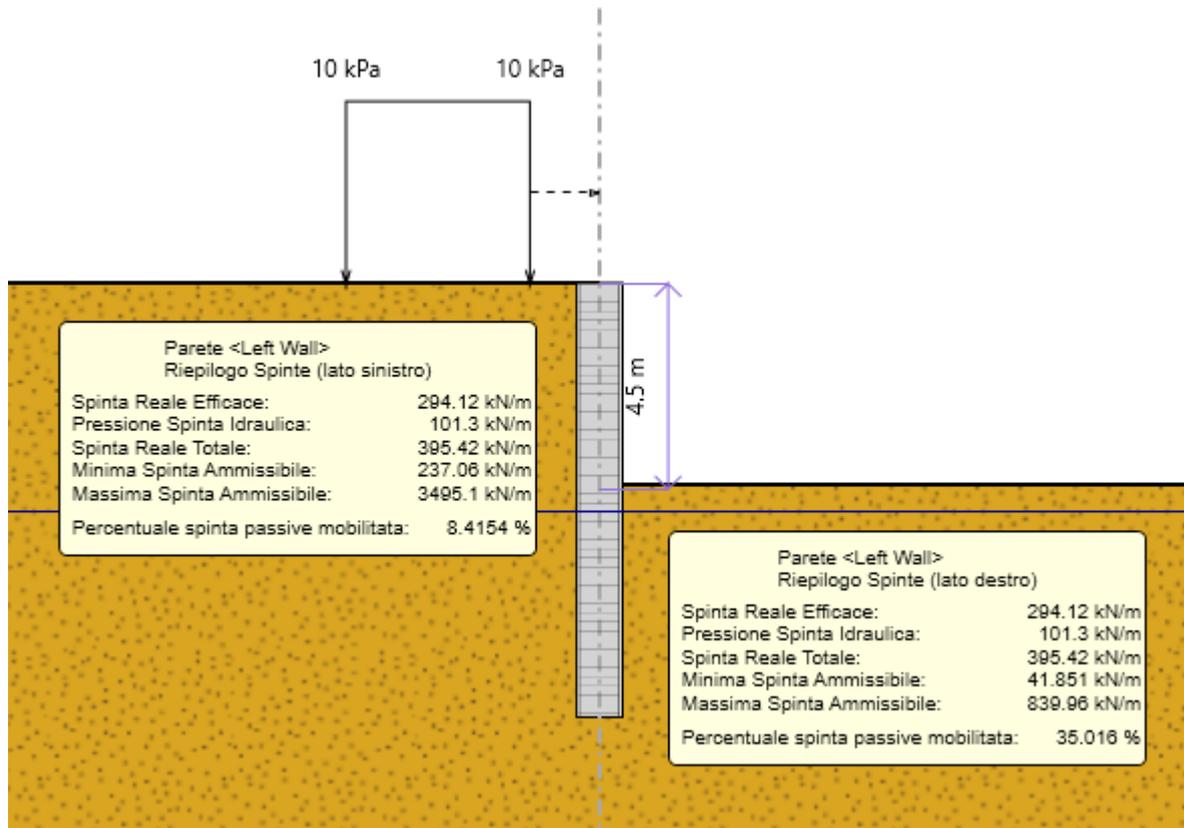


Figura 4.56 – Sezione 3: SLU A2+M2+R1, verifica di stabilità al piede.

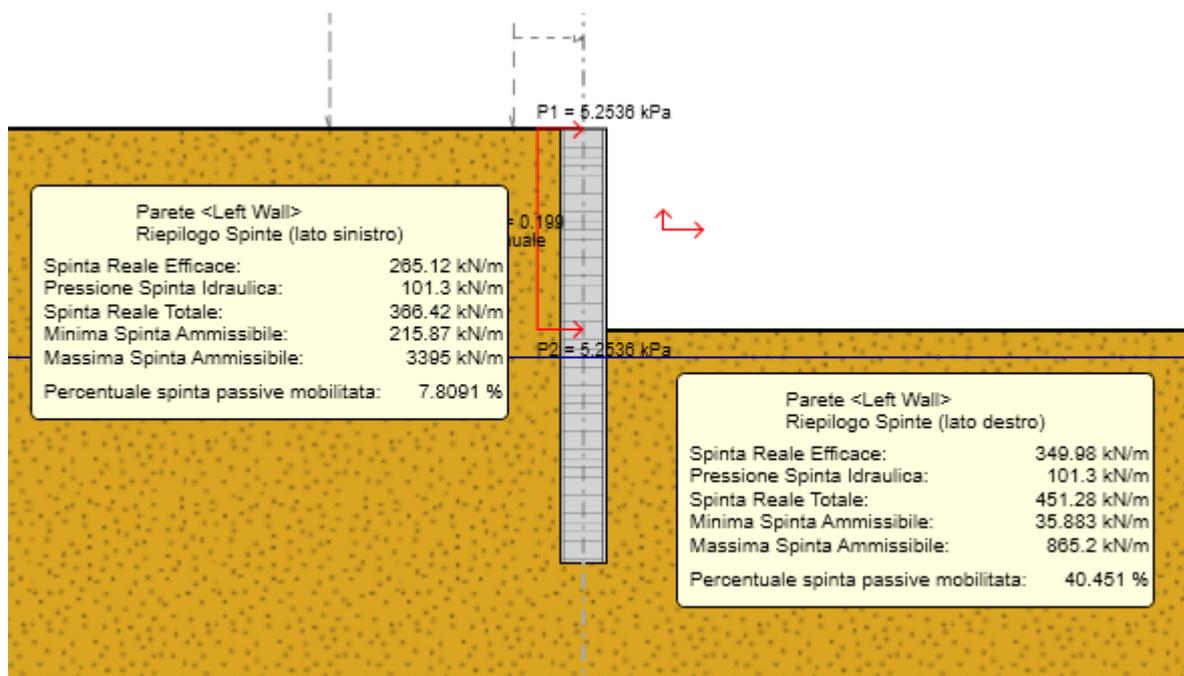


Figura 4.57 – Sezione 3: SLV M2+R1, verifica di stabilità al piede.

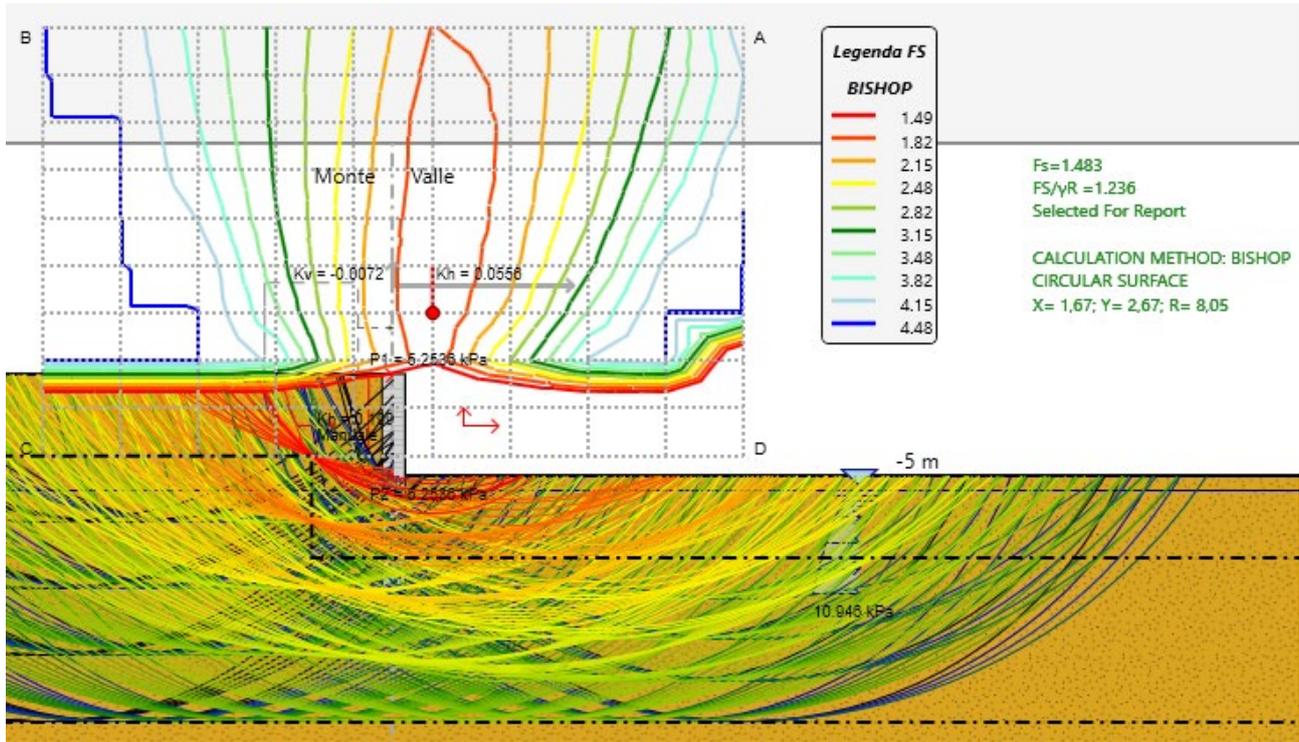


Figura 4.58 – Sezione 3: SLU A2+M2+R2: stabilità globale.

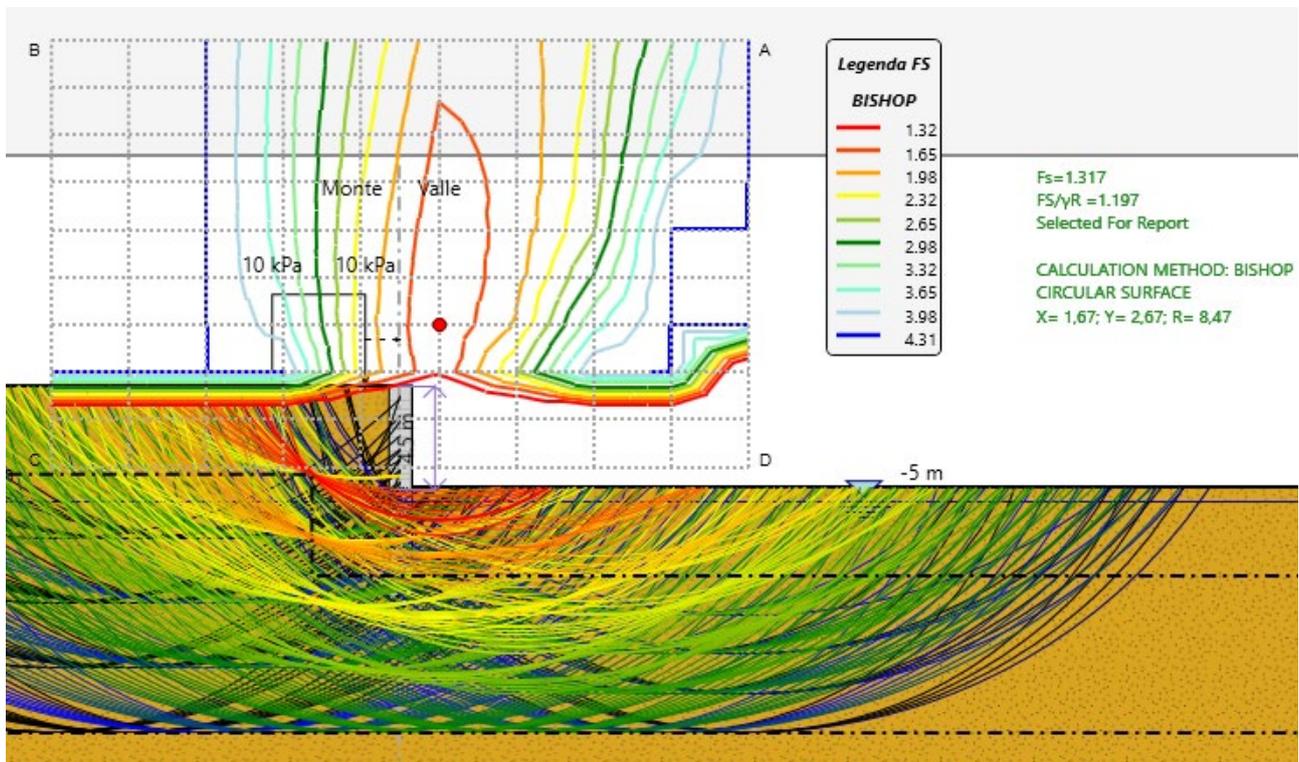


Figura 4.59 – Sezione 3: SLV M2+R2: stabilità globale.

#### 4.6.1. VERIFICA SLE/SLV STATO LIMITE PER DEFORMAZIONE

Si sono valutati i valori delle deformazioni in seno alle paratie in progetto per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali.

Di seguito si riportano le tabelle di riepilogo con le massime deformazioni desumibili dalle analisi in base ai valori riportati al paragrafo precedente e con i massimi valori ammissibili per la deformata in base ai criteri contenuti al paragrafo "azioni sismiche"

Si può osservare come i valori calcolati per gli spostamenti orizzontali in condizioni SLE siano limitati e opportunamente distanti dai valori di soglia che possono produrre il raggiungimento delle condizioni di stato limite d'esercizio per le strutture. Salvo casi particolari (edifici particolari come le centrali nucleari) cedimenti e spostamenti orizzontali immediatamente a tergo dell'opera di sostegno inferiori all'1% dell'altezza di scavo, per di più immediati perché in terreni granulari, sono comunemente ritenuti ampiamente accettabili (fuori terra della paratia, Peck, 1969; Clough & O'Rourke, 1990).

I valori dedotti numericamente per gli spostamenti, trascurabili, risultano idonei a garantire adeguati livelli di funzionalità.

Sezione Tipo	Combinazione di verifica	Spostamento massimo	Spostamento ammissibile
		$\delta$ cm	$U_{s,NTC 2018}$ cm
1	SLE	0.6	-
	SLV M1+R1	3.2	4.0
2	SLE	2.0	-
	SLV M1+R1	2.1	3.0
3	SLE	0.76	-
	SLV M1+R1	1.9	2.2

**Tabella 4.8 – Tipologici paratie: deformazioni in seno alle paratie.**

Si osserva, in particolare, che i valori calcolati degli spostamenti in condizioni sismiche sono opportunamente distanti dai valori limite prefissati.

Alla luce delle sopra riportate valutazioni, le deformazioni risultanti sono compatibili con la destinazione d'uso delle opere e le verifiche ottemperate.

#### 4.6.2. VERIFICA SLU/SLV DELLA LUNGHEZZA DI INFISSIONE DEL DIAFRAMMA

In base ai dati tabellati nelle figure precedenti che illustrano la risultante delle spinte di valle con la resistenza passiva di progetto, i valori di massima spinta ammissibile superano quelli di spinta reale totale. Quindi si può osservare il sistematico rispetto del vincolo  $FS \geq 1$ .

#### 4.6.3. VERIFICA SLU/SLV A FLESSIONE

Si è operata la verifica di resistenza a flessione non tenendo conto a favore di sicurezza delle azioni assiali permanenti dovute al peso del palo alla quota in cui si massimizza il momento flettente sollecitante e al peso della trave di coronamento che solidarizza i pali.

Dai diagrammi riportati in nelle figure precedenti, in cui è graficato per la combinazione SLU A1+M1+R1/SLV M1+R1 il tasso di sfruttamento del momento TSF M lungo la paratia ( $TSF M = M_{Ed} / M_{Rd}$ ) ed anche il confronto visivo fra massimo valore del momento flettente sollecitante ed il momento resistente di progetto  $M_{Rd}$  (linee verticali rosse), si evince nella totalità dei casi il rispetto della condizione  $M_{Ed} < M_{Rd}$ . La verifica a flessione risulta, dunque, soddisfatta.

#### 4.6.4. VERIFICA SLU/SLV A TAGLIO

Dai diagrammi riportati in calce nelle figure precedenti, in cui è graficato per la combinazione SLU A1+M1+R1/SLV M1+R1 il tasso di sfruttamento del momento TSF V lungo la paratia ( $TSF V = V_{Ed} / V_{Rd}$ ) ed anche il confronto visivo fra massimo valore del taglio sollecitante  $V_{Ed}$  ed il taglio resistente di progetto  $V_{Rd}$  (linee verticali rosse), si evince nella totalità dei casi il rispetto della condizione  $V_{Ed} < V_{Rd}$ . La verifica a taglio risulta, dunque, soddisfatta.

#### 4.6.5. VERIFICA SLE A FESSURAZIONE DELLA PARATIA

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione.

La verifica a fessurazione avviene ai sensi di quanto disposto al §4.1.2.2.4 di NTC 2018 e al §C4.1.2.2.4.6 della Circolare esplicativa n.617.

La verifica viene effettuata con riferimento alla combinazione quasi permanente, che comporta valori nominali limite di apertura della fessura più restrittivi.

Le paratie sono armate con armatura ordinaria, da considerarsi poco sensibili nei confronti della corrosione.

Il calcolo a fessurazione è avvenuto quindi nel rispetto delle prescrizioni contenute in Tabella 4.9.

Paratia Tipo	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura Poco sensibile	
			stato limite	$w_d$
1, 2, 3	Ordinarie XC2	quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_2 = 0.3mm$

Tabella 4.9 – Stato limite di fessurazione SLE: criteri di scelta.

Di seguito si riporta il calcolo a fessurazione per la sezione tipologica.

Il valore  $\sigma_s$  di tensione in esercizio agente sul calcestruzzo viene desunto in base ai valori  $\sigma_c$  restituiti dalle analisi di verifica delle tensioni in esercizio. Nella totalità delle analisi la verifica risulta ottemperata.

#### 4.6.6. PREDIMENSIONAMENTO TIRANTI

Il dimensionamento dei tiranti è stato eseguito sulla base di motivazioni tecniche e dei risultati delle indagini geotecniche effettuate per questa fase di progetto. Le caratteristiche dei tiranti andranno comunque stabilite in base all'esecuzione di prove preliminari su tiranti dello stesso tipo, realizzati nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione di quelli di progetto, secondo quanto prevedono le Norme UNI EN 1537 e le raccomandazioni AGI-AICAP "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (giugno 2012).

I risultati delle prove sugli ancoraggi preliminari consentiranno di confermare/modificare il dimensionamento ottenuto dai calcoli di progetto.

Seguono le prove di carico di collaudo, da effettuarsi su tutti gli ancoraggi da realizzare.

Se sono rispettati tutti i criteri di accettazione previsti dalle raccomandazioni AGI-AICAP,

l'ancoraggio può essere tesato e bloccato al valore di progetto della forza di tesatura  $P_i$  a mezzo degli organi di serraggio.

#### 4.6.7. LUNGHEZZA DEL TRATTO LIBERO

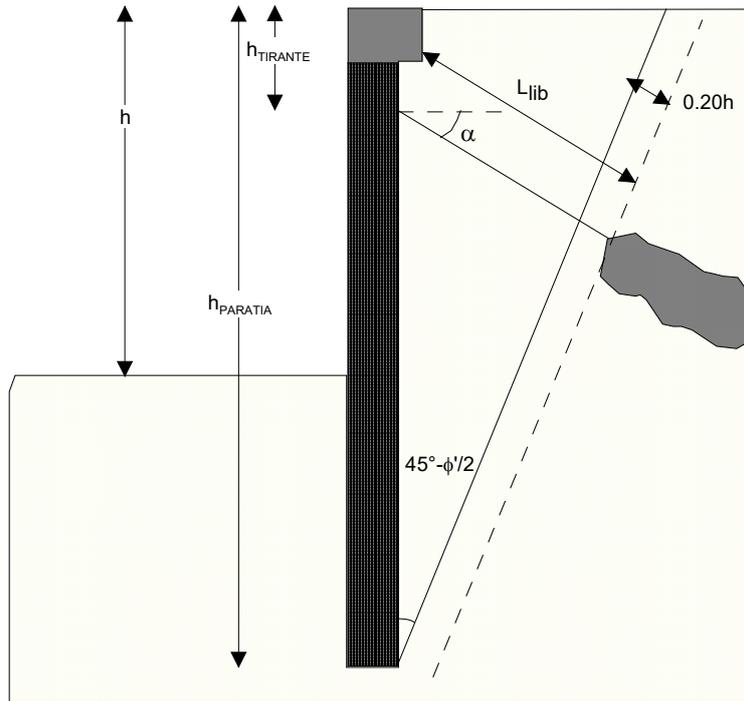
La lunghezza libera dei tiranti viene calcolata imponendo che l'ancoraggio possa sviluppare interamente la spinta passiva e, quindi, l'ancoraggio deve essere posizionato al di là della linea ideale dal fondo della paratia inclinata di  $45^\circ + \phi'/2$  sull'orizzontale. L'assunzione che il cuneo di spinta abbia origine in corrispondenza del piede della struttura risulta cautelativa, in quanto tale punto si trova generalmente ubicato nella zona compresa fra il piede e il fondo scavo.

la lunghezza neutra è stata prudenzialmente aumentato del 20% di  $h$  rispetto a quello calcolato geometricamente, con  $h$  altezza fuoriterra provvisoria della paratia.

La lunghezza libera dei tiranti secondo la suddetta metodologia di calcolo è pari a:

$$L_{lib1} = (h_{PARATIA} - h_{TIRANTE}) \cdot \frac{\sin\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)}{\sin\left(45 + \frac{\phi'}{2} + \alpha\right)} + 0.2 \cdot h$$

dove le grandezze contenute nell'espressione sono rappresentate in Figura 4.60.



**Figura 4.60 – Schema per il dimensionamento del tratto passivo dei tiranti.**

Ai fini del posizionamento della fondazione dell'ancoraggio, si deve tenere presente che, per effetto del sisma, la potenziale superficie di scorrimento dei cunei di spinta presenta un'inclinazione sull'orizzontale minore di quella relativa al caso statico. Detta  $L_{lib}$  la lunghezza libera dell'ancoraggio in condizioni statiche, la corrispondente lunghezza libera in condizioni sismiche  $L_{lib,sisma}$  può essere ottenuta mediante la relazione:

$$L_{sismica} = L_{statica} \cdot \left( 1 + 1.5 \cdot \frac{a_{max}}{g} \right)$$

dove  $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

In

Sezione #	H <sub>paratia</sub> m	H <sub>tirante</sub> m	H <sub>fuoriterza</sub> m	φ °	α °	L <sub>lib,1</sub> m	a <sub>max</sub> g	L <sub>lib,1 sisma</sub> m
1ord	16	2	8	28	20	8,9	0,278	12,7
2ord	16	5	8	28	20	7,4	0,278	10,4

Tabella 4.10 si riporta la tabella di calcolo delle lunghezze libere dei tiranti, che vengono confrontate con le lunghezze libere effettivamente eseguite  $L_{lib,prog}$ .

Sezione #	H <sub>paratia</sub> m	H <sub>tirante</sub> m	H <sub>fuoriterra</sub> m	$\varphi$ °	$\alpha$ °	L <sub>lib,1</sub> m	a <sub>max</sub> g	L <sub>lib,1 sisma</sub> m
1ord	16	2	8	28	20	8,9	0,278	12,7
2ord	16	5	8	28	20	7,4	0,278	10,4

**Tabella 4.10 – Tiranti Tipo1: calcolo delle lunghezze libere.**

Sezione #	H <sub>paratia</sub> m	H <sub>tirante</sub> m	H <sub>fuoriterra</sub> m	$\varphi$ °	$\alpha$ °	L <sub>lib,1</sub> m	a <sub>max</sub> g	L <sub>lib,1 sisma</sub> m
1ord	16	2	6	28	20	8,5	0,278	12,1

**Tabella 4.11 – Tiranti Tipo2: calcolo delle lunghezze libere.**

In ragione delle analisi sopra riportate, le lunghezze libere dei tiranti eseguiti risultano adeguate nei confronti di quelle di calcolo.

#### 4.6.8. LUNGHEZZA DEL BULBO E VERIFICA DELLA RESISTENZA DEGLI ANCORAGGI

Il dimensionamento della fondazione e le verifiche di resistenza dei tiranti sono avvenute nel rispetto dei criteri di progetto secondo la NTC 2018.

Con riferimento allo stato limite di sfilamento dell'ancoraggio, la verifica va effettuata confrontando

la massima azione di progetto  $N_t$  (incrementata per le possibili perdite di tensione), determinata

valutando tutti i possibili stati limite ultimi (SLU, SLV) con la resistenza di progetto  $R_{a,d}$ .

Inoltre nel rispetto della gerarchia delle resistenze, si deve verificare che la resistenza a sfilamento

della fondazione dell'ancoraggio  $R_{a,d}$  sia sempre minore della resistenza al limite di snervamento

del tratto libero  $R_d$ .

Si effettua infine la verifica di resistenza dei trefoli, confronta la forza normale assegnata al tirante

$N_t$  (incrementata per le possibili perdite di tensione) con il massimo tiro che il tirante

è in grado di assorbire senza collassare per eccesso di trazione  $R_d$ . Tale verifica viene effettuata anche con riferimento alle condizioni di esercizio SLE.

Si riportano di seguito i calcoli di dimensionamento per i tiranti previsti in progetto.

LEGENDA:

$n_t = n^\circ$  trefoli

$N_{max}$  = forza normale assegnata al tirante per m.l. di paratia

$i_t$  = interasse tiranti

$N_t$  = tiro di progetto

$N_{t,perdita\ tens} = N_t \cdot (1 + p)$

$p$  = perdite totali di tensione (rilassamento+attrito): utilizzando trefoli stabilizzati, le perdite sono valutabili al 7%

$R_k = n_t \cdot A' \cdot f_{0,1k}$  = resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero, con  $A'$  sezione

trasversale del trefolo ( $139mm^2$ ) e  $f_{0,1k}$  resistenza allo snervamento del trefolo ( $1670MPa$ )

$R_d = \frac{R_k}{\gamma_s}$

= resistenza di progetto al limite di snervamento del tratto libero, con  $\gamma_s$  coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio

$F_{S1}$  = fattore di sicurezza per lo sfilamento fra bulbo e terreno: per tiranti definitivi si assume

$F_{S1} = \gamma_{Ra} \cdot \xi_{a3} = 2.2$ , dove  $\gamma_{Ra} = 1,2$  è il coefficiente parziale per tirante permanente e  $\xi_{a3} = 1,8$  è il

PROGETTAZIONE ATI:

fattore di correlazione con riferimento a prove geotecniche eseguite secondo n.1 profili di indagine (valore cautelativo); per i valori di  $\gamma_{Ra}$  e  $\xi_{a3}$  si faccia riferimento alle tabelle 6.6.I e 6.6.III di NTC2018.

$\alpha$  = coefficiente di sbulbamento, assunto in base alla teoria di Bustamante e Doix per iniezione di tipo IGU e per terreni argillosi

$D_p$  = diametro della perforazione

$D_1 = \alpha \cdot D_p$  = diametro teorico del bulbo iniettato

$\tau_{lim}$  = tensione limite di aderenza malta del bulbo- terreno, valutata utilizzando i dati riportati da Bustamante e Doix (1985) per i tiranti iniettati a pressione: per il dimensionamento del tratto di ancoraggio è stata assunta una  $\tau_{lim}$  cautelativamente pari a 0.20 MPa.

$$L_{u,1} = \frac{N_{t,perdita\ tens} \times F_{S1}}{\pi \times D_1 \times \tau_{lim}}$$
 = lunghezza minima del bulbo per evitare sfilamento dell'ancoraggio dal terreno

$L_{u,1}^*$  = lunghezza di progetto del bulbo

$R_{a,k} = \pi \times D_1 \times \tau_{lim} \times L_{u,1}$  = resistenza caratteristica allo sfilamento del bulbo

$R_{a,d} = \frac{R_{a,k}}{F_{S1}}$  = resistenza di progetto allo sfilamento del bulbo

$N_{adm,SLE} = b \cdot T_{nom} \simeq n_t \cdot 167kN \rightarrow n_t \cdot 150kN$  = tiro ammissibile in esercizio

$b = 0.9$  (AICAP 93 per tiranti nel terreno)

$T_{nom} = n_t \cdot A' \cdot S_{s,es}$  = tiro di esercizio nominale

$S_{s,es} = 0.8 \cdot f_{0,1k} = 1336MPa$  = tasso nominale di esercizio

Si omettono i calcoli relativi alla determinazione della lunghezza del bulbo per il raggiungimento della tensione limite di aderenza trefoli-malta del bulbo; la crisi dell'ancoraggio, infatti, come tipicamente avviene, è legata al meccanismo di collasso relativo allo sfilamento del bulbo dal terreno e non alla superficie di contatto tra trefolo e bulbo, ove le resistenze offerte sono di gran lunga maggiori

Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3

Tiranti | Puntoni | Travi di Ripartizione in Acciaio | Travi di Ripartizione in Calcestruzzo

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfru
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1c	585	753.99	807.41	0.776	
1° Tirante	Fase 3: installazione	587.09	753.99	807.41	0.779	
1° Tirante	Fase 4: attivazione 2c	576.57	753.99	807.41	0.765	
1° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	581.21	753.99	807.41	0.771	
1° Tirante	Fase 6: quota prog. c	581.01	753.99	807.41	0.771	
1° Tirante	sisma	580.74	753.99	807.41	0.77	
2° Tirante	Fase 4: attivazione 2c	585	753.99	807.41	0.776	
2° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	605.05	753.99	807.41	0.802	
2° Tirante	Fase 6: quota prog. c	602.79	753.99	807.41	0.799	
2° Tirante	sisma	602.42	753.99	807.41	0.799	

Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
0.776	0.725	✓	✓
0.779	0.727	✓	✓
0.765	0.714	✓	✓
0.771	0.72	✓	✓
0.771	0.72	✓	✓
0.77	0.719	✓	✓
0.776	0.725	✓	✓
0.802	0.749	✓	✓
0.799	0.747	✓	✓
0.799	0.746	✓	✓

Chiudi

Tabella 4.12 – Tiranti SLU Tipo 1: verifica gerarchia resistenze.

Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3

Tiranti | Puntoni | Travi di Ripartizione in Acciaio | Travi di Ripartizione in Calcestruzzo

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttame
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1c	585	753.99	807.41	0.776	
1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	605.05	753.99	807.41	0.802	
1° Tirante	Fase 4: quota prog. c	604.74	753.99	807.41	0.802	
1° Tirante	sisma	604.5	753.99	807.41	0.802	



to GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
0.776	0.725	✓	✓
0.802	0.749	✓	✓
0.802	0.749	✓	✓
0.802	0.749	✓	✓

Tabella 4.13 – Tiranti SLU Tipo 2: verifica gerarchia resistenze.

Si osserva che nella totalità dei casi risulta:

- il tiro massimo desunto per la paratia dalle combinazioni di calcolo  $N_{t,perdita\ tens}$  risulta inferiore alla resistenza di progetto allo sfilamento del bulbo  $R_{a,d}$  (dimensionamento geotecnico);
- il tiro massimo desunto per la paratia dalle combinazioni di calcolo  $N_{t,perdita\ tens}$  risulta inferiore alla resistenza di progetto al limite di snervamento del tratto libero  $R_d$  (verifica dell'acciaio).
- il tiro massimo desunto per la paratia dalle combinazioni di calcolo SLE  $N_{t,perdita\ tens,SLE}$

risulta inferiore al tiro ammissibile in esercizio del tratto libero  $N_{adm,SLE}$  (verifica dell'acciaio).  
Relativamente alla gerarchia delle resistenze, il quadro normativo di riferimento per la progettazione degli ancoraggi è conflittuale: a titolo esemplificativo, la EN 1537:1999 "Ancoraggi nel terreno" raccomanda nel Par. D.5.3 dell'Allegato D che  $R_{ak} > R_k$ , dunque in modo da garantire che la rottura avvenga prima nel materiale dell'ancoraggio e poi nel terreno.

Si osservi, infine, che per la pretensione  $P_i$  (tiro di bloccaggio), pari a:

$$P_i = 0.8 \cdot N_{adm,SLE} = n_t \cdot 120kN;$$

in accordo alle Norme UNI EN 1537 (Appendice D, punto D.4) deve risultare:

$$P_i \leq 0.6 \cdot P_{tk} = 0.6 \times n_t \times A \times f_{ptk}$$

con  $P_{tk}$  carico di rottura a trazione e  $f_{ptk} = 1860MPa$  tensione caratteristica di rottura.

Dalla seguente tabella si evince il soddisfacimento della verifica.

$d_{\text{trefolo}}$	0,6
A'	139
$f_{\text{ptk}}$	1860
$\gamma_s$	1,15

Paratia Tipo #	Sezione #	Ordine	n° trefoli	$N_{\text{adm,SLE}}$ kN	$P_i$ kN	$0.6P_{\text{tk}}$ kN	$P_i < 0.6 P_{\text{tk}} ?$
1 e 2	A	1	4	600	450	620	ok
	A	2	4	600	450	620	ok

## 5. ALLEGATI DI CALCOLO

### 5.1. PARATIA TIRANTATA 16M

PARATIE *plus*<sup>TM</sup>

## *Report di Calcolo*

Nome Progetto: Paratia definitiva 16m

PROGETTAZIONE ATI:

## Sommario

### Contenuto Sommario

## Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$\nu$	$c$	$c'$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur		
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	°	kPa	kPa	kPa			kPa	kPa				kPa			kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	
1	Arenaria e Marne	20	20	28			5		Constant			50000	80000											

## ***Descrizione Pareti***

X : 0 m

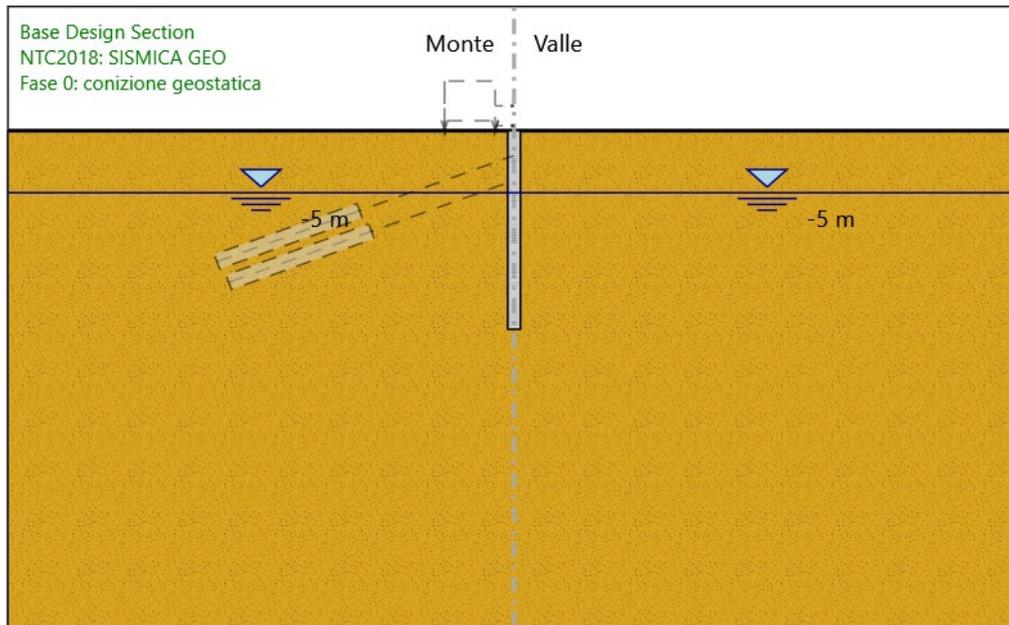
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Muro di sinistra

## Fasi di Calcolo

### Fase 0: conizione geostatica



Fase 0: conizione geostatica

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 : -5 m

Falda di destra : -5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

PROGETTAZIONE ATI:

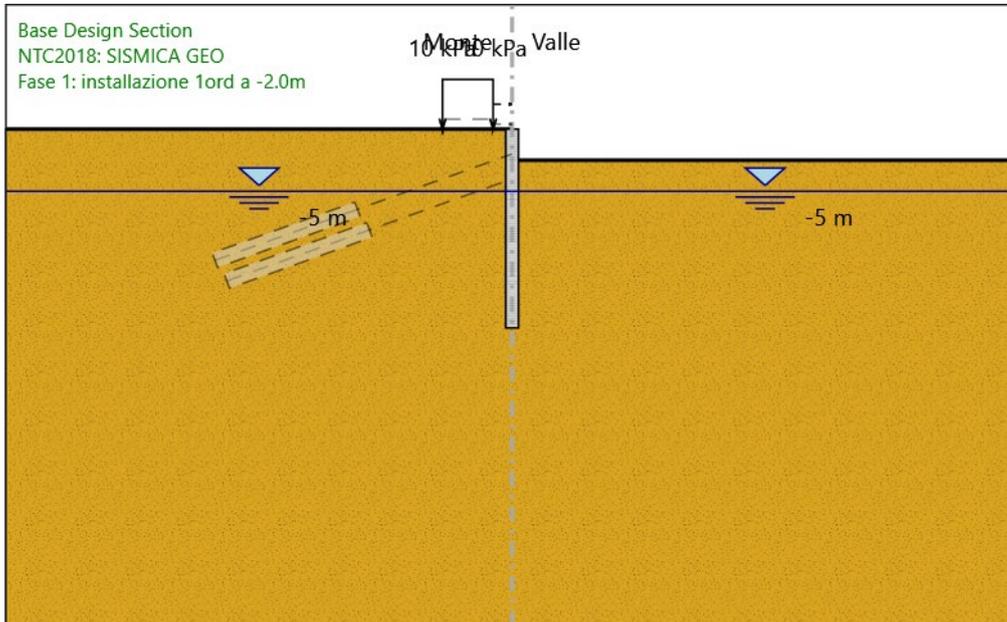
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 1: installazione 1ord a -2.0m



Fase 1: installazione 1ord a -2.0m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

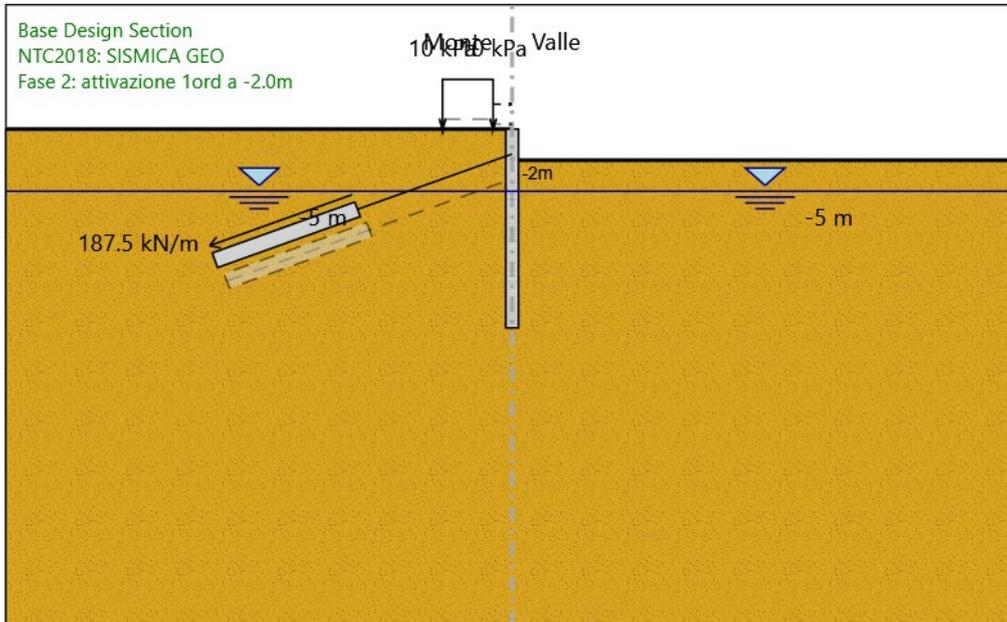
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m



Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

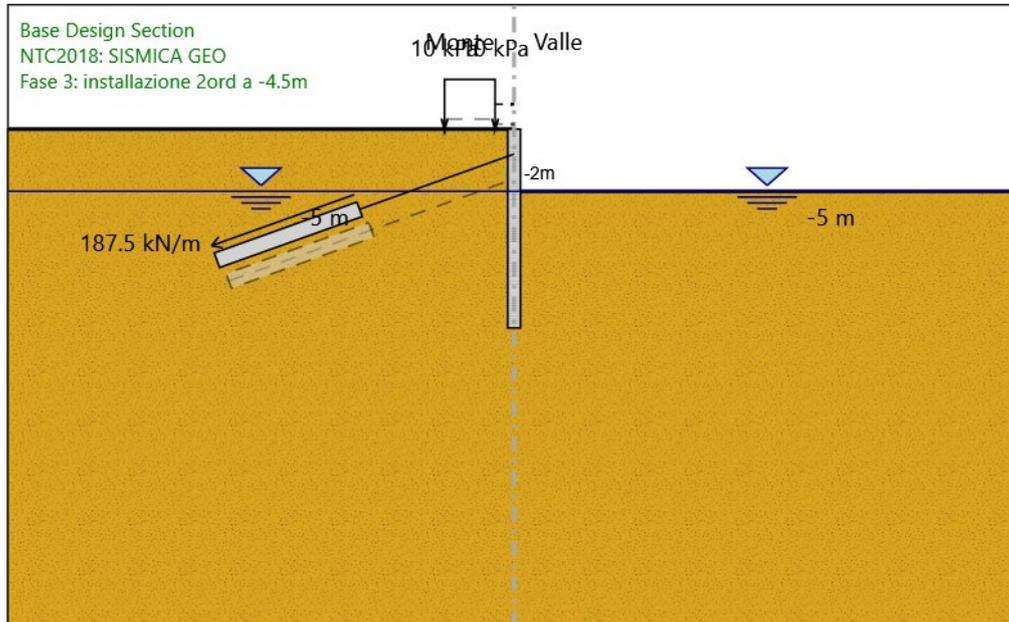
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

### Fase 3: installazione 2ord a -4.5m



Fase 3: installazione 2ord a -4.5m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

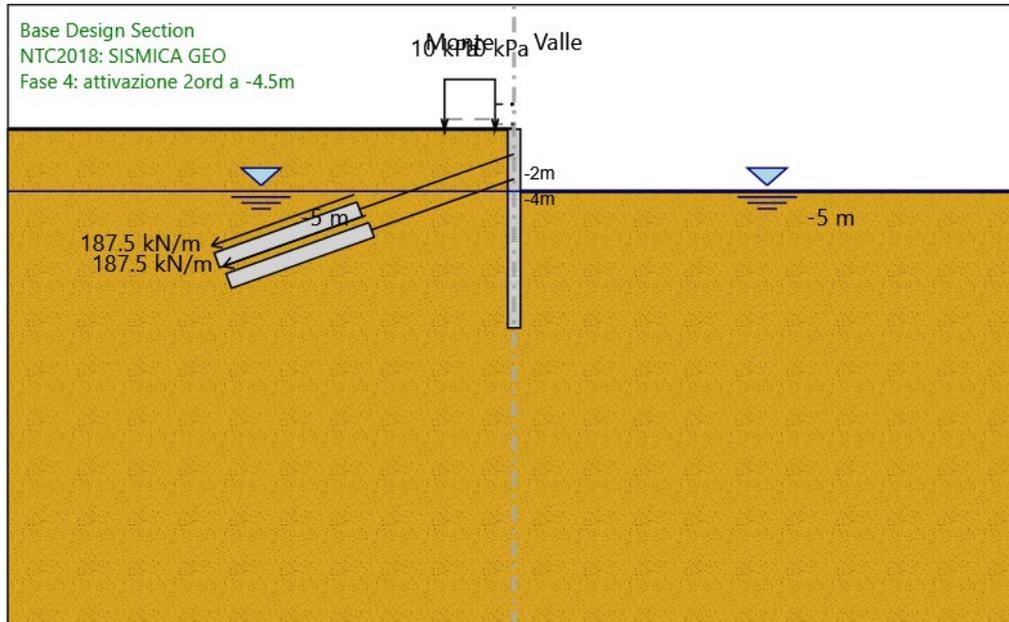
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m



Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

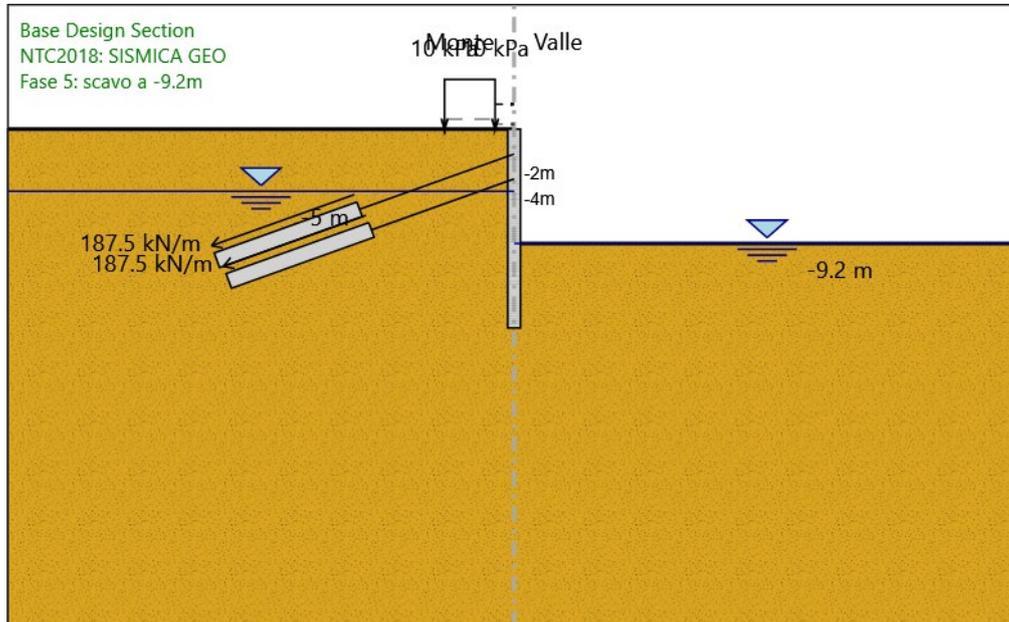
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 5: scavo a -9.2m



Fase 5: scavo a -9.2m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -9.2 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

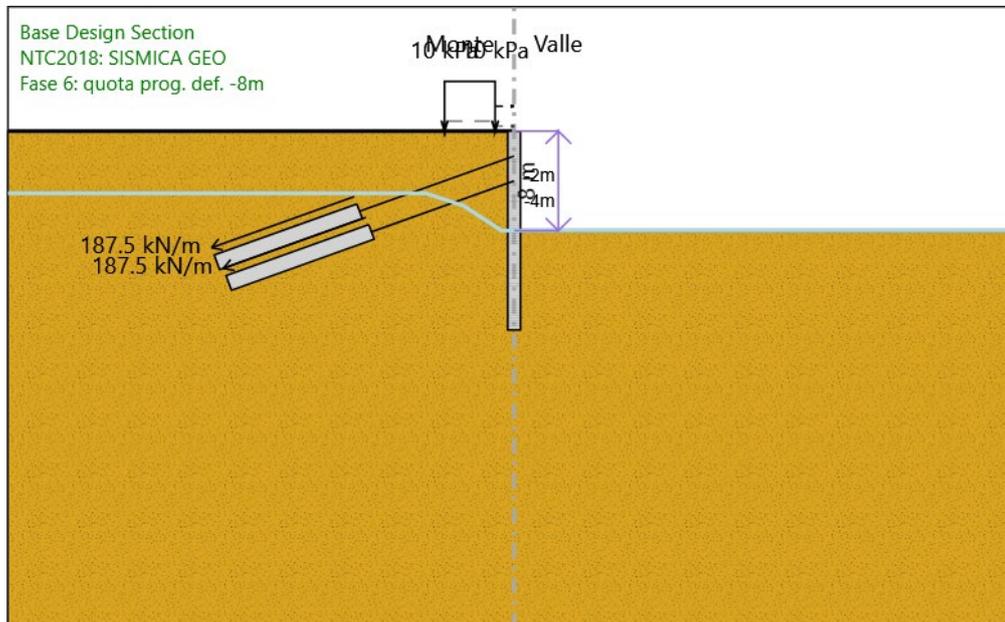
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 6: quota prog. def. -8m



Fase 6: quota prog. def. -8m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

PROGETTAZIONE ATI:

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

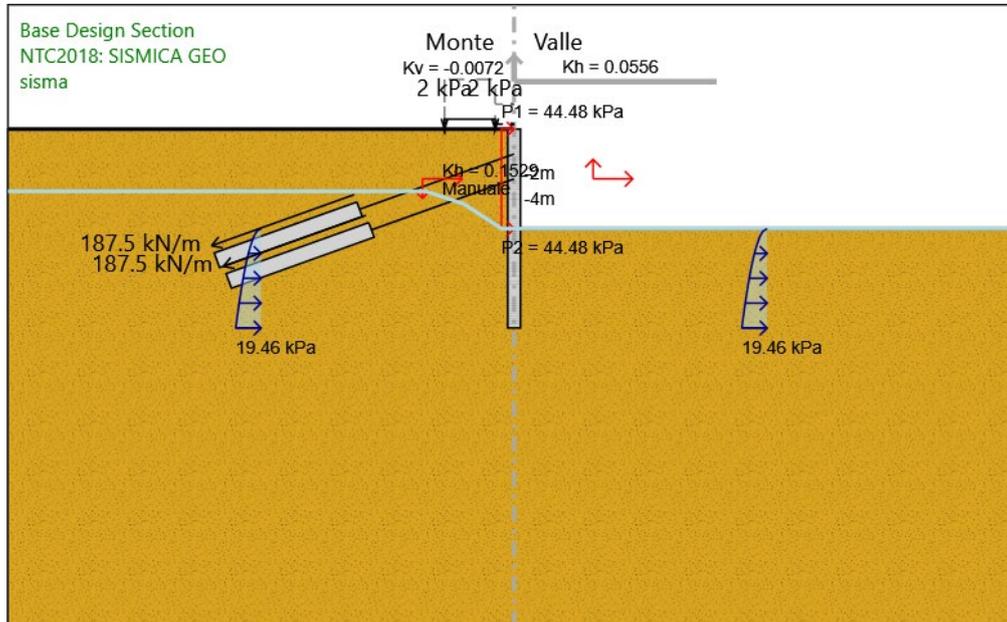
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

**sisma**



sisma

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

Pressione iniziale : 2 kPa

Pressione finale : 2 kPa

PROGETTAZIONE ATI:

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

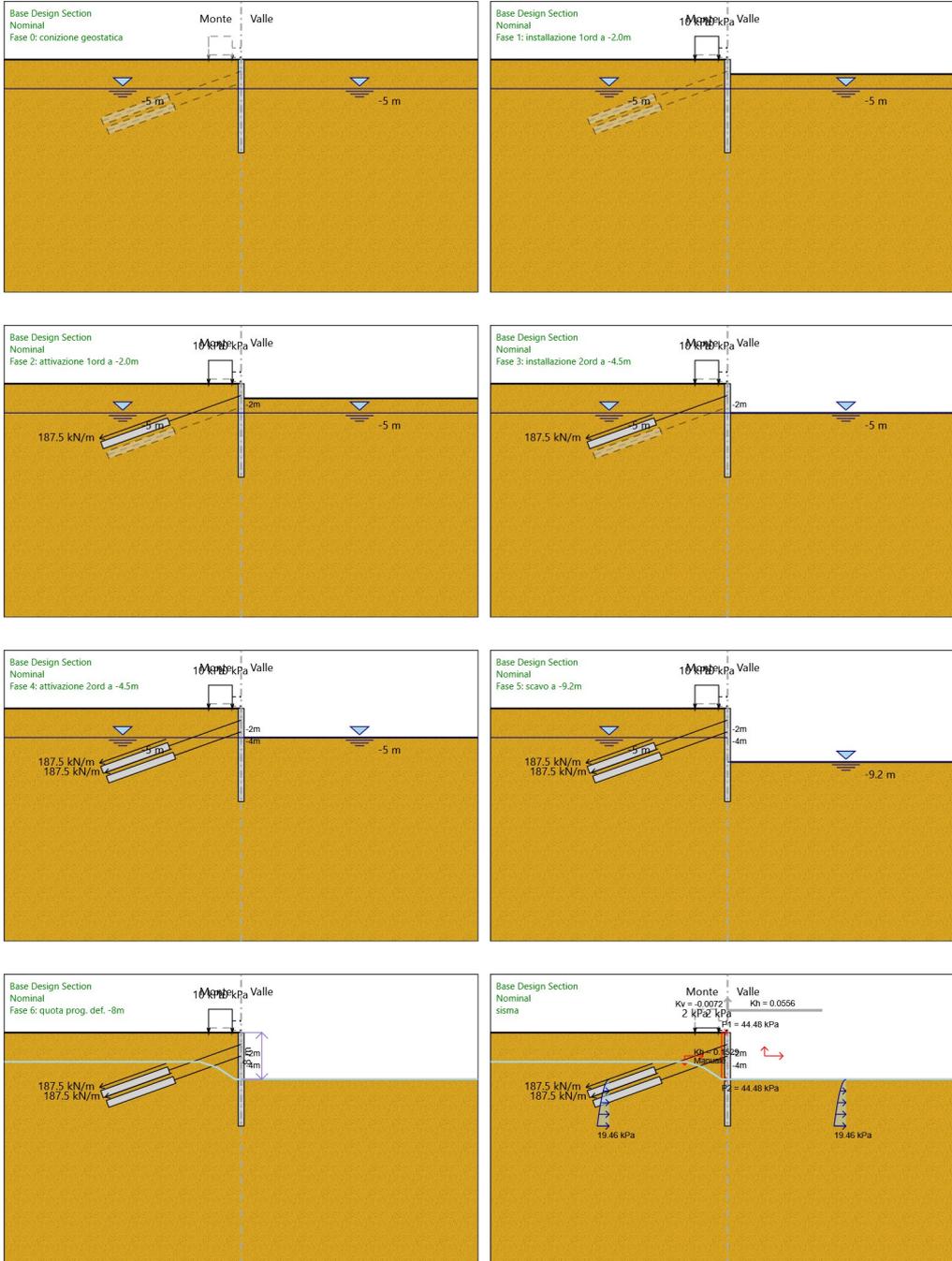
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

### Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## 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_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Pe Des (F_U
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	
NTC2018: A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	
NTC2018: A1+M1+R3	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	
NTC2018: A2+M2+R2	1	1	1.3	1	0	1	1	
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	

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	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	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	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

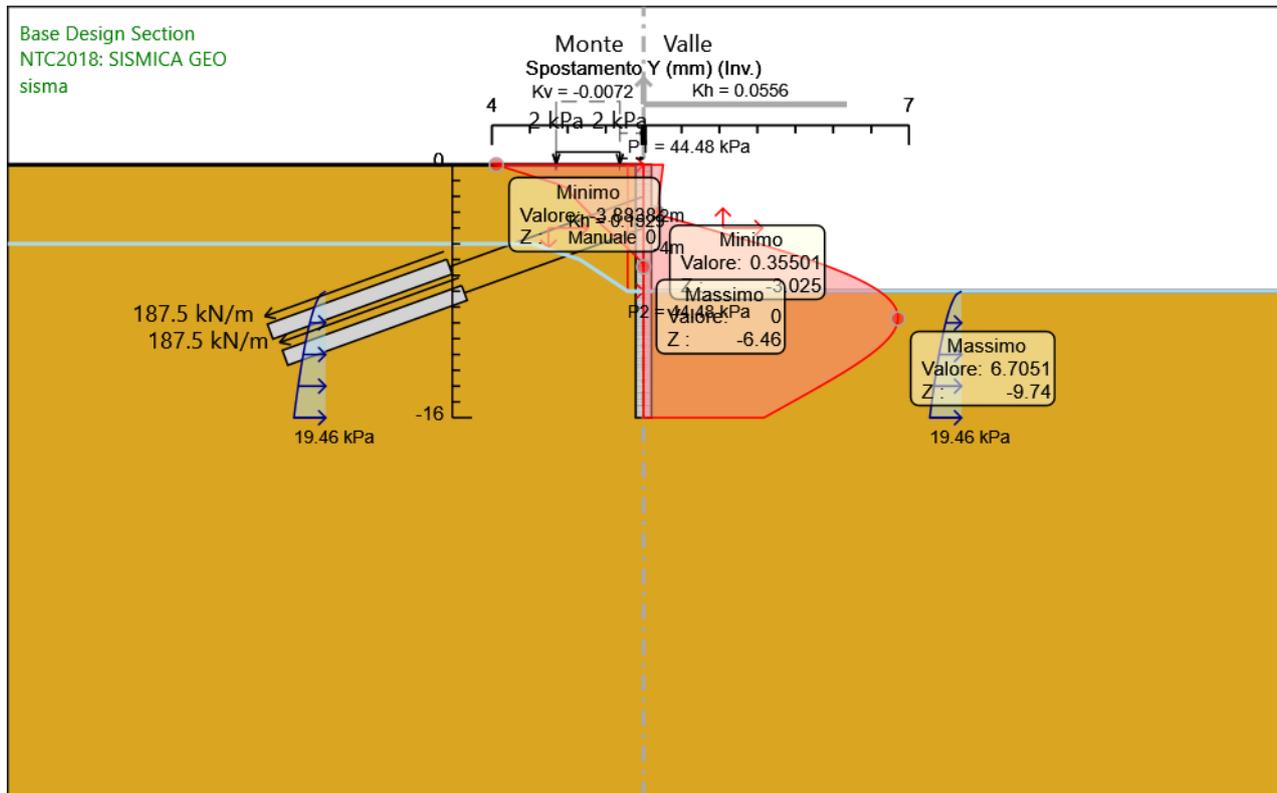
Design Assumption	Fase 0:	Fase 1:	Fase 2:	Fase 3:	Fase 4:	Fase 5:	Fase 6:	sisma
	conizione geostatica	installazione a -2.0m	1ord attivazione a -2.0m	2ord installazione a -4.5m	2ord attivazione a -4.5m	scavo a 9.2m	quota prog. def. -8m	

PROGETTAZIONE ATI:

NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V

## Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

PROGETTAZIONE ATI:

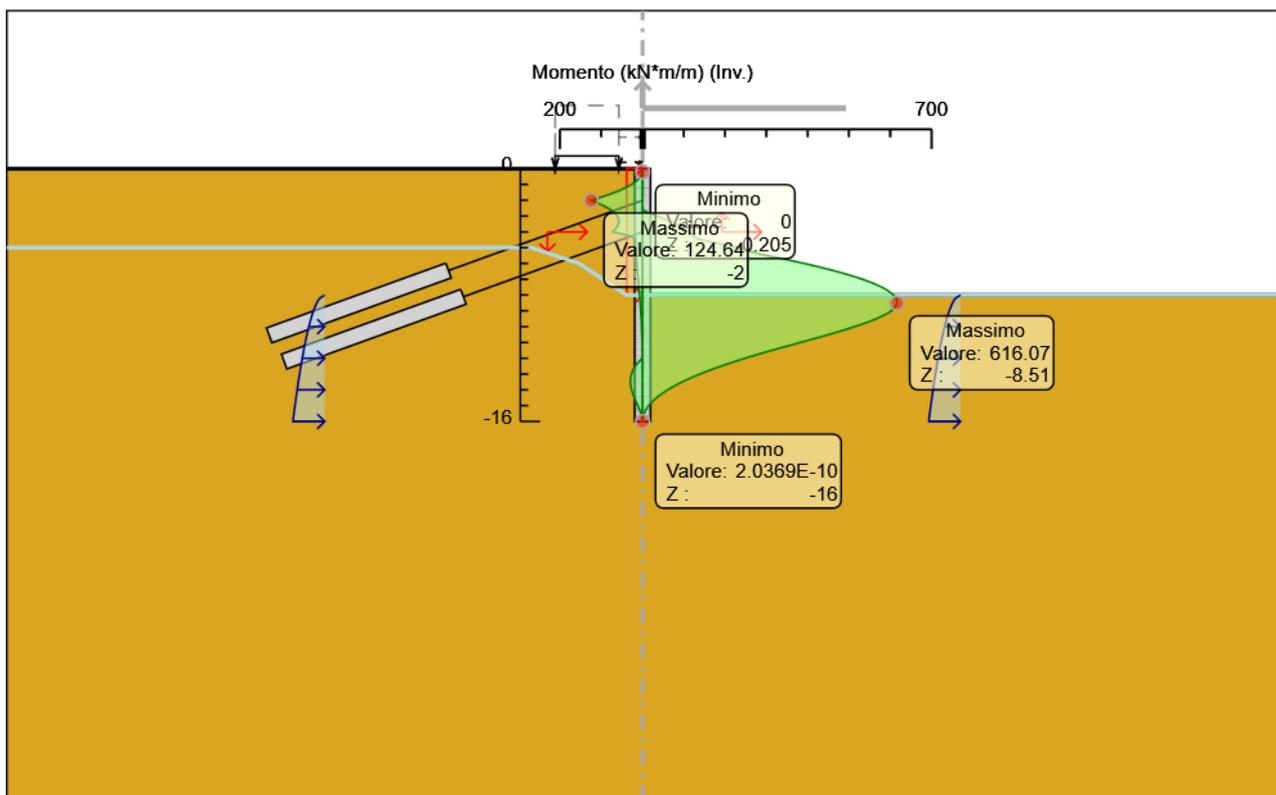
## Tabella Inviluppi Momento PALI 1000

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Momento		Muro: PALI 1000
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)	
0	0		0
-0.205	0.96		0
-0.41	3.832		0
-0.615	8.61		0
-0.82	16.772		0
-1.025	28.497		0
-1.23	43.295		0
-1.435	61.075		0
-1.64	81.743		0
-1.845	105.178		0
-2	124.639		0
-2.205	105.934		0
-2.41	89.6		0
-2.615	76.265		0
-2.82	67.085		17.359
-3.025	60.888		38.432
-3.23	57.702		57.621
-3.435	57.555		74.897
-3.64	60.469		90.231
-3.845	66.469		103.591
-4	73.07		112.359
-4.205	37.59		122.166
-4.41	17.423		129.897
-4.615	17.424		161.594
-4.82	17.271		197.149
-5.025	16.983		229.764
-5.23	16.583		259.383
-5.435	16.093		288.523
-5.64	15.534		327.652
-5.845	14.919		364.864
-6.05	14.26		400.032
-6.255	13.57		433.027
-6.46	12.857		463.723
-6.665	12.13		491.992
-6.87	11.397		517.705
-7.075	10.666		540.736
-7.28	9.942		560.955
-7.485	9.231		578.236
-7.69	8.537		592.45
-7.895	7.863		603.468
-8.1	7.214		611.164
-8.305	6.591		615.408
-8.51	5.996		616.073
-8.715	5.431		613.03
-8.92	4.898		606.152
-9.125	4.395		595.308
-9.33	3.925		580.372
-9.535	3.487		562.576
-9.74	3.08		542.257
-9.945	2.705		519.75
-10.15	2.36		495.392
-10.355	2.044		469.52
-10.56	1.757		442.469
-10.765	1.498		414.575
-10.97	1.264		386.174
-11.175	1.055		357.603
-11.38	0.87		329.198
-11.585	0.706		301.294
-11.79	0.563		274.228
-11.995	1.429		248.302

PROGETTAZIONE ATI:

Selected Design Assumptions Z (m)	Involuppi: Momento	
	Lato sinistro (kN*m/m)	Muro: PALI 1000 Lato destro (kN*m/m)
-12.2	8.398	223.551
-12.405	15.077	200.005
-12.61	20.401	177.689
-12.815	24.446	156.629
-13.02	27.29	136.846
-13.225	29.01	118.361
-13.43	29.685	101.19
-13.635	29.391	85.351
-13.84	28.205	70.858
-14.045	26.264	57.724
-14.25	23.712	45.963
-14.455	20.696	35.585
-14.66	17.373	26.585
-14.865	13.911	18.939
-15.07	10.479	12.624
-15.275	7.25	7.615
-15.48	4.403	3.887
-15.685	2.117	1.415
-15.89	0.577	0.171
-16	0	0

## Grafico Involuppi Momento



Momento

PROGETTAZIONE ATI:

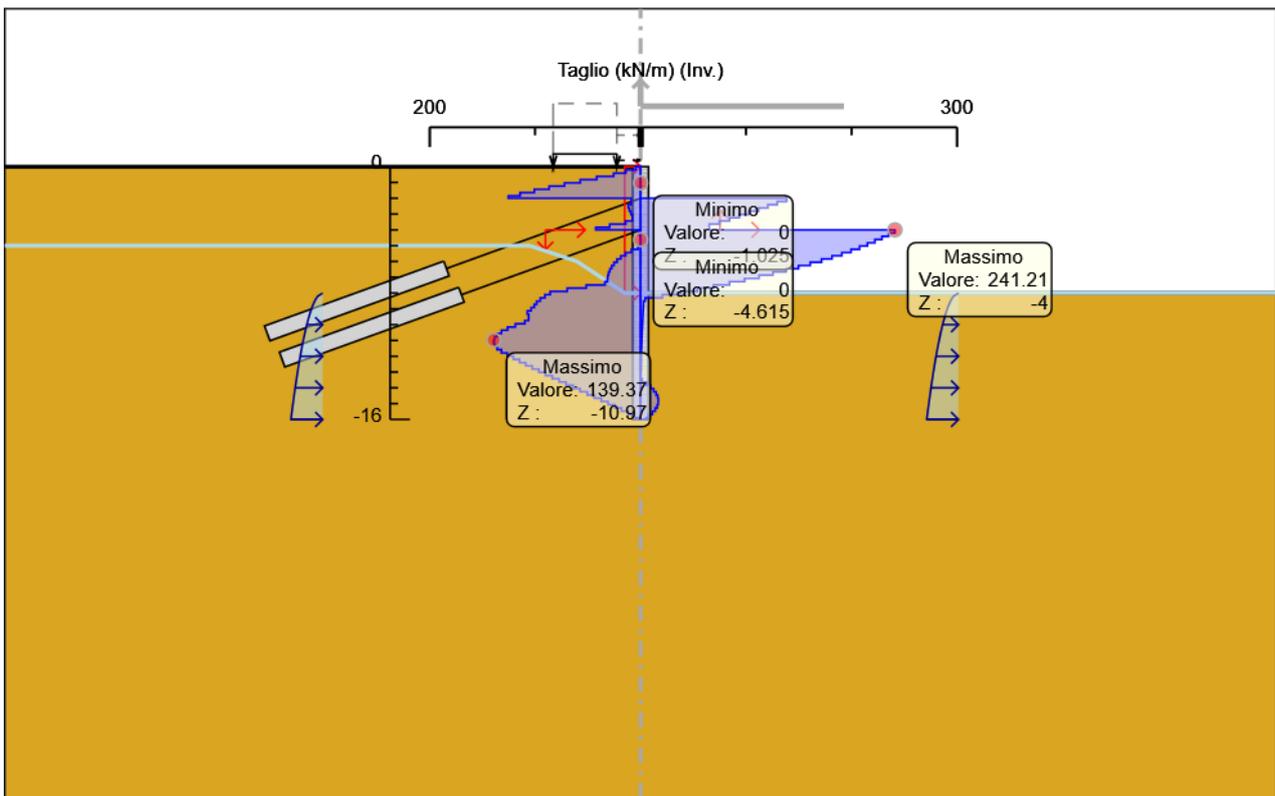
## Tabella Inviluppi Taglio PALI 1000

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Taglio	
	Muro: PALI 1000 Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	4.681	0
-0.205	14.01	0
-0.41	25.56	0
-0.615	41.701	0
-0.82	57.196	0
-1.025	72.188	0
-1.23	86.731	0
-1.435	100.82	0
-1.64	114.315	0
-1.845	125.553	0
-2	125.553	138.51
-2.205	8.966	138.51
-2.41	11.743	129.593
-2.615	11.743	120.724
-2.82	10.64	111.829
-3.025	9.246	102.792
-3.23	7.806	93.605
-3.435	14.216	84.276
-3.64	29.269	74.801
-3.845	42.585	65.169
-4	42.585	241.213
-4.205	1.831	241.213
-4.41	0.864	235.23
-4.615	0.06	228.889
-4.82	0	222.191
-5.025	2.471	215.137
-5.23	8.841	207.689
-5.435	14.248	199.601
-5.64	18.699	190.875
-5.845	22.322	181.523
-6.05	25.22	171.55
-6.255	27.476	160.954
-6.46	29.164	149.736
-6.665	30.351	137.895
-6.87	31.094	125.431
-7.075	31.447	112.343
-7.28	33.799	98.632
-7.485	51.599	84.296
-7.69	69.665	69.335
-7.895	85.742	53.75
-8.1	90.764	37.54
-8.305	95.186	20.704
-8.51	98.589	4.352
-8.715	100.882	2.755
-8.92	103.848	2.604
-9.125	107.495	2.449
-9.33	107.495	2.293
-9.535	106.217	2.138
-9.74	109.788	1.983
-9.945	118.818	1.832
-10.15	126.207	1.683
-10.355	131.957	1.539
-10.56	136.068	1.4
-10.765	138.539	1.267
-10.97	139.371	1.14
-11.175	139.371	1.019
-11.38	138.563	0.905
-11.585	136.116	0.797
-11.79	132.031	0.697
-11.995	126.465	0.603

PROGETTAZIONE ATI:

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: PALI 1000
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-12.2	120.737	0.517
-12.405	114.862	0.437
-12.61	108.856	0.365
-12.815	102.732	0.299
-13.02	96.501	0.239
-13.225	90.173	0.186
-13.43	83.759	1.434
-13.635	77.265	5.784
-13.84	70.699	9.471
-14.045	64.066	12.447
-14.25	57.373	14.713
-14.455	50.623	16.208
-14.66	43.904	16.89
-14.865	37.296	16.89
-15.07	30.805	16.743
-15.275	24.434	15.748
-15.48	18.185	13.889
-15.685	12.062	11.15
-15.89	6.065	7.514
-16	1.557	5.243

## Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

PROGETTAZIONE ATI:

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1 Fase 2: attivazione lord a -2.0m		Left Wall	LEFT	12.51
NTC2018: A2+M2+R1	Fase 5: scavo a -9.2m	Left Wall	RIGHT	71.54

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: SISMICA STR	sisma	Left Wall	LEFT	102.8
NTC2018: A2+M2+R1	Fase 2: attivazione	1ord a -2.0m	Left Wall RIGHT	249.43

## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Fase 0: conizione geostatica	Fase 1: installazione 1ord a -2.0m	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	Fase 3: installazione 2ord a -4.5m	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	Fase 5: scavo a - 9.2m	Fase 6: quota prog. def. -8m	sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1		V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3		V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1		V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2		V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR		V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO		V	V	V	V	V	V	V

## Risultati Caver

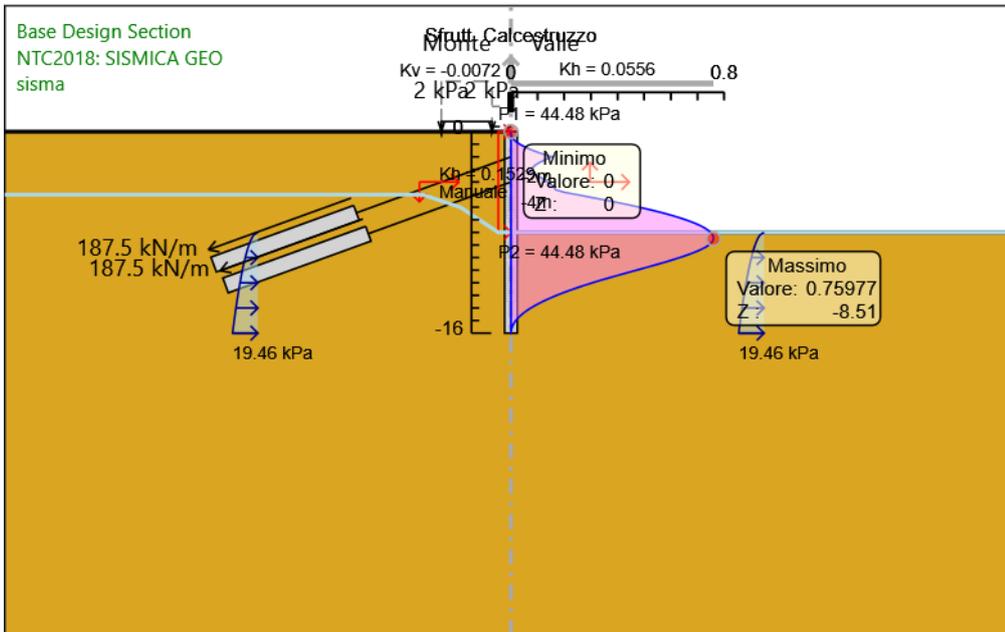
**Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT**

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
0	0
-0.2	0.001
-0.41	0.004
-0.62	0.01
-0.82	0.021
-1.02	0.035
-1.23	0.053
-1.44	0.075
-1.64	0.101
-1.84	0.13
-2	0.154
-2.2	0.131
-2.41	0.111
-2.62	0.094
-2.82	0.083
-3.02	0.075
-3.23	0.071
-3.43	0.093
-3.64	0.112
-3.84	0.128
-4	0.139
-4.2	0.151
-4.41	0.161
-4.62	0.168
-4.82	0.201
-5.03	0.254
-5.23	0.304
-5.43	0.355
-5.64	0.403
-5.84	0.449
-6.05	0.492
-6.25	0.533
-6.46	0.571
-6.66	0.606
-6.87	0.638
-7.07	0.666
-7.28	0.691
-7.48	0.713
-7.69	0.73
-7.89	0.744
-8.1	0.754
-8.3	0.759
-8.51	0.76
-8.71	0.756
-8.92	0.748
-9.12	0.734
-9.33	0.716
-9.53	0.694
-9.74	0.669
-9.94	0.641
-10.15	0.611
-10.36	0.579
-10.56	0.546
-10.76	0.511
-10.97	0.476
-11.18	0.441
-11.38	0.406
-11.58	0.371

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-11.79		0.338
-12		0.306
-12.2		0.276
-12.4		0.247
-12.61		0.219
-12.82		0.193
-13.02		0.169
-13.22		0.146
-13.43		0.125
-13.64		0.105
-13.84		0.087
-14.04		0.071
-14.25		0.057
-14.46		0.044
-14.66		0.033
-14.86		0.023
-15.07		0.016
-15.28		0.009
-15.48		0.005
-15.68		0.002
-15.89		0
-16		0

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover**



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover

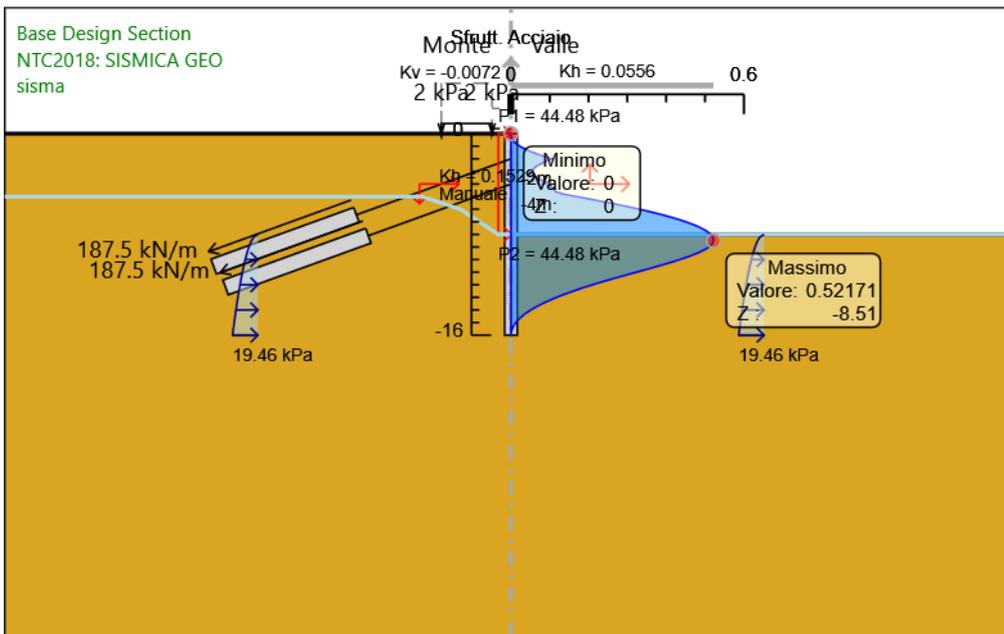
### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
0	0	
-0.2	0	
-0.41	0.003	
-0.62	0.007	
-0.82	0.014	
-1.02	0.024	
-1.23	0.037	
-1.44	0.052	
-1.64	0.069	
-1.84	0.089	
-2	0.106	
-2.2	0.09	
-2.41	0.076	
-2.62	0.065	
-2.82	0.057	
-3.02	0.052	
-3.23	0.049	
-3.43	0.064	
-3.64	0.077	
-3.84	0.088	
-4	0.095	
-4.2	0.104	
-4.41	0.11	
-4.62	0.115	
-4.82	0.138	
-5.03	0.174	
-5.23	0.209	
-5.43	0.243	
-5.64	0.277	
-5.84	0.308	
-6.05	0.338	
-6.25	0.366	
-6.46	0.392	
-6.66	0.416	
-6.87	0.438	
-7.07	0.458	
-7.28	0.475	
-7.48	0.489	
-7.69	0.502	
-7.89	0.511	
-8.1	0.517	
-8.3	0.521	
-8.51	0.522	
-8.71	0.519	
-8.92	0.513	
-9.12	0.504	
-9.33	0.491	
-9.53	0.476	
-9.74	0.459	
-9.94	0.44	
-10.15	0.419	
-10.36	0.398	
-10.56	0.375	
-10.76	0.351	
-10.97	0.327	
-11.18	0.303	
-11.38	0.279	
-11.58	0.255	
-11.79	0.232	
-12	0.21	
-12.2	0.189	

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-12.4		0.169
-12.61		0.15
-12.82		0.133
-13.02		0.116
-13.22		0.1
-13.43		0.086
-13.64		0.072
-13.84		0.06
-14.04		0.049
-14.25		0.039
-14.46		0.03
-14.66		0.022
-14.86		0.016
-15.07		0.011
-15.28		0.006
-15.48		0.003
-15.68		0.001
-15.89		0
-16		0

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver**



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

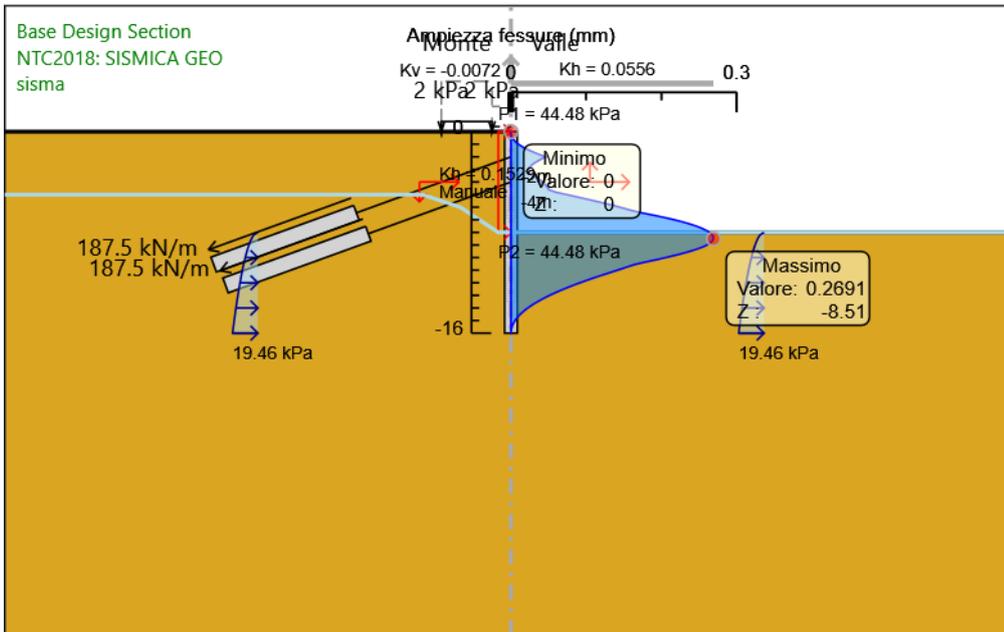
### Tabella Involuppi Apertura Fessure - Cover : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Cover	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Cover (mm)
0	0
-0.2	0
-0.41	0.001
-0.62	0.003
-0.82	0.006
-1.02	0.011
-1.23	0.016
-1.44	0.023
-1.64	0.03
-1.84	0.039
-2	0.046
-2.2	0.039
-2.41	0.033
-2.62	0.028
-2.82	0.025
-3.02	0.023
-3.23	0.021
-3.43	0.028
-3.64	0.033
-3.84	0.038
-4	0.042
-4.2	0.045
-4.41	0.048
-4.62	0.05
-4.82	0.06
-5.03	0.076
-5.23	0.091
-5.43	0.106
-5.64	0.121
-5.84	0.135
-6.05	0.148
-6.25	0.16
-6.46	0.175
-6.66	0.192
-6.87	0.208
-7.07	0.222
-7.28	0.235
-7.48	0.246
-7.69	0.254
-7.89	0.261
-8.1	0.266
-8.3	0.269
-8.51	0.269
-8.71	0.267
-8.92	0.263
-9.12	0.256
-9.33	0.247
-9.53	0.236
-9.74	0.224
-9.94	0.21
-10.15	0.195
-10.36	0.179
-10.56	0.164
-10.76	0.153
-10.97	0.143
-11.18	0.132
-11.38	0.122
-11.58	0.112
-11.79	0.102
-12	0.092
-12.2	0.083

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-12.4	0.074
-12.61	0.066
-12.82	0.058
-13.02	0.051
-13.22	0.044
-13.43	0.037
-13.64	0.032
-13.84	0.026
-14.04	0.021
-14.25	0.017
-14.46	0.013
-14.66	0.01
-14.86	0.007
-15.07	0.005
-15.28	0.003
-15.48	0.001
-15.68	0.001
-15.89	0
-16	0

**Grafico Inviluppi Apertura Fessure - Caver**



Inviluppi  
Apertura Fessure - Caver

PROGETTAZIONE ATI:

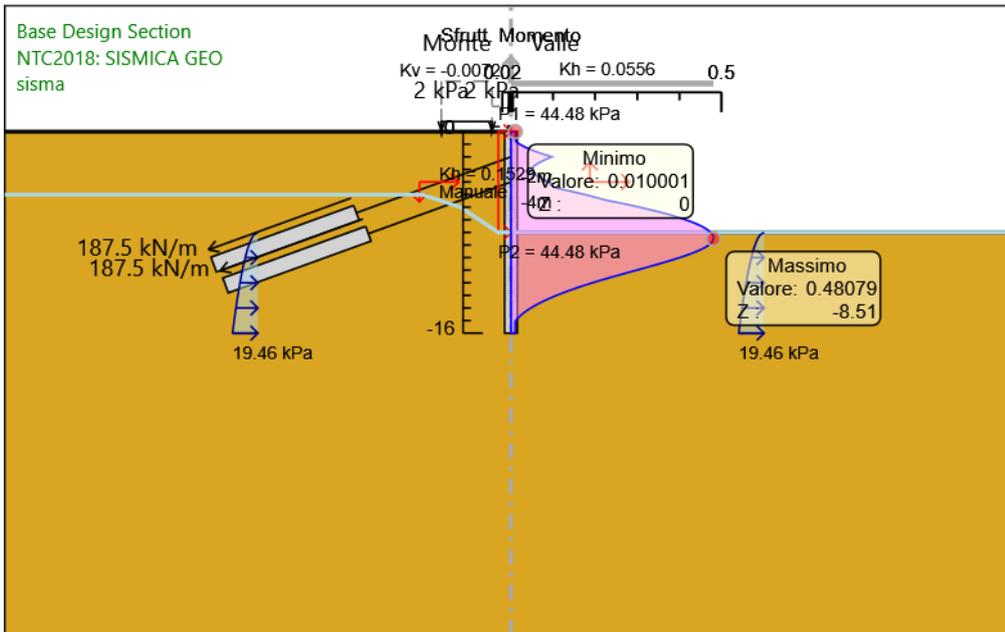
### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - Cover
0	0.01
-0.2	0.01
-0.41	0.01
-0.62	0.01
-0.82	0.013
-1.02	0.022
-1.23	0.034
-1.44	0.048
-1.64	0.064
-1.84	0.082
-2	0.097
-2.2	0.083
-2.41	0.07
-2.62	0.059
-2.82	0.052
-3.02	0.047
-3.23	0.045
-3.43	0.058
-3.64	0.07
-3.84	0.081
-4	0.088
-4.2	0.095
-4.41	0.101
-4.62	0.126
-4.82	0.154
-5.03	0.179
-5.23	0.202
-5.43	0.225
-5.64	0.256
-5.84	0.285
-6.05	0.312
-6.25	0.338
-6.46	0.362
-6.66	0.384
-6.87	0.404
-7.07	0.422
-7.28	0.438
-7.48	0.451
-7.69	0.462
-7.89	0.471
-8.1	0.477
-8.3	0.48
-8.51	0.481
-8.71	0.478
-8.92	0.473
-9.12	0.465
-9.33	0.453
-9.53	0.439
-9.74	0.423
-9.94	0.406
-10.15	0.387
-10.36	0.366
-10.56	0.345
-10.76	0.324
-10.97	0.301
-11.18	0.279
-11.38	0.257
-11.58	0.235
-11.79	0.214
-12	0.194
-12.2	0.174

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - Caver
-12.4	0.156
-12.61	0.139
-12.82	0.122
-13.02	0.107
-13.22	0.092
-13.43	0.079
-13.64	0.067
-13.84	0.055
-14.04	0.045
-14.25	0.036
-14.46	0.028
-14.66	0.021
-14.86	0.015
-15.07	0.01
-15.28	0.01
-15.48	0.01
-15.68	0.01
-15.89	0.01
-16	0.01

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover**



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento M-N - Cover

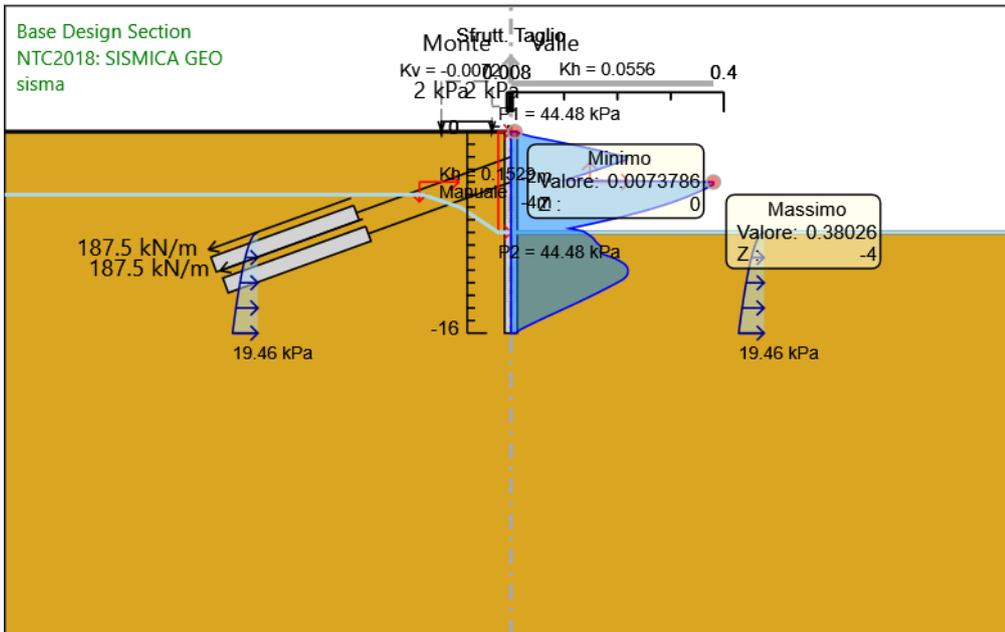
### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover
0	0.007
-0.2	0.022
-0.41	0.04
-0.62	0.066
-0.82	0.09
-1.02	0.114
-1.23	0.137
-1.44	0.159
-1.64	0.18
-1.84	0.198
-2	0.218
-2.2	0.218
-2.41	0.204
-2.62	0.19
-2.82	0.176
-3.02	0.162
-3.23	0.148
-3.43	0.133
-3.64	0.118
-3.84	0.103
-4	0.38
-4.2	0.38
-4.41	0.371
-4.62	0.361
-4.82	0.35
-5.03	0.339
-5.23	0.327
-5.43	0.315
-5.64	0.301
-5.84	0.286
-6.05	0.27
-6.25	0.254
-6.46	0.236
-6.66	0.217
-6.87	0.198
-7.07	0.177
-7.28	0.155
-7.48	0.133
-7.69	0.11
-7.89	0.135
-8.1	0.143
-8.3	0.15
-8.51	0.155
-8.71	0.159
-8.92	0.164
-9.12	0.169
-9.33	0.169
-9.53	0.167
-9.74	0.173
-9.94	0.187
-10.15	0.199
-10.36	0.208
-10.56	0.215
-10.76	0.218
-10.97	0.22
-11.18	0.22
-11.38	0.218
-11.58	0.215
-11.79	0.208
-12	0.199
-12.2	0.19

PROGETTAZIONE ATI:

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-12.4	0.181
-12.61	0.172
-12.82	0.162
-13.02	0.152
-13.22	0.142
-13.43	0.132
-13.64	0.122
-13.84	0.111
-14.04	0.101
-14.25	0.09
-14.46	0.08
-14.66	0.069
-14.86	0.059
-15.07	0.049
-15.28	0.039
-15.48	0.029
-15.68	0.019
-15.89	0.012
-16	0.008

**Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver**



Inviluppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

PROGETTAZIONE ATI:

### Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018			NTC2018 (ITA)		Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
Tirante	Stage						
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	1628.616	807.409	0.276	0.557	NO
1° Tirante	Fase 3: installazione 2ord a -4.5m	451.598	1628.616	807.409	0.277	0.559	NO
1° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	443.495	1628.616	807.409	0.272	0.549	NO
1° Tirante	Fase 5: scavo a - 9.2m	446.994	1628.616	807.409	0.274	0.554	NO
1° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	446.843	1628.616	807.409	0.274	0.553	NO
1° Tirante	sisma	446.659	1628.616	807.409	0.274	0.553	NO
2° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	450	1628.616	807.409	0.276	0.557	NO
2° Tirante	Fase 5: scavo a - 9.2m	465.263	1628.616	807.409	0.286	0.576	NO
2° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	463.522	1628.616	807.409	0.285	0.574	NO
2° Tirante	sisma	463.274	1628.616	807.409	0.284	0.574	NO

## Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	585	904.786	807.409	0.647	0.725		NO
1° Tirante	Fase 3: installazione 2ord a -4.5m	587.091	904.786	807.409	0.649	0.727		NO
1° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	576.574	904.786	807.409	0.637	0.714		NO
1° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	581.212	904.786	807.409	0.642	0.72		NO
1° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	581.015	904.786	807.409	0.642	0.72		NO
1° Tirante	sisma	580.738	904.786	807.409	0.642	0.719		NO
2° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	585	904.786	807.409	0.647	0.725		NO
2° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	605.051	904.786	807.409	0.669	0.749		NO
2° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	602.788	904.786	807.409	0.666	0.747		NO
2° Tirante	sisma	602.416	904.786	807.409	0.666	0.746		NO

### Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R3

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	585	753.989	807.409	0.776	0.725		
1° Tirante	Fase 3: installazione 2ord a -4.5m	587.091	753.989	807.409	0.779	0.727		
1° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	576.574	753.989	807.409	0.765	0.714		
1° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	581.212	753.989	807.409	0.771	0.72		
1° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	581.015	753.989	807.409	0.771	0.72		
1° Tirante	sisma	580.738	753.989	807.409	0.77	0.719		
2° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	585	753.989	807.409	0.776	0.725		
2° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	605.051	753.989	807.409	0.802	0.749		
2° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	602.788	753.989	807.409	0.799	0.747		
2° Tirante	sisma	602.416	753.989	807.409	0.799	0.746		

## Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
1° Tirante	Fase 3: installazione 2ord a -4.5m	451.682	753.989	807.409	0.599	0.559		
1° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	442.818	753.989	807.409	0.587	0.548		
1° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	447.543	753.989	807.409	0.594	0.554		
1° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	447.312	753.989	807.409	0.593	0.554		
1° Tirante	sisma	447.047	753.989	807.409	0.593	0.554		
2° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
2° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	467.415	753.989	807.409	0.62	0.579		
2° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	465.51	753.989	807.409	0.617	0.577		
2° Tirante	sisma	465.161	753.989	807.409	0.617	0.576		

## Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R2

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
1° Tirante	Fase 3: installazione 2ord a -4.5m	451.682	753.989	807.409	0.599	0.559		
1° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	442.818	753.989	807.409	0.587	0.548		
1° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	447.543	753.989	807.409	0.594	0.554		
1° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	447.312	753.989	807.409	0.593	0.554		
1° Tirante	sisma	447.047	753.989	807.409	0.593	0.554		
2° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
2° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	467.415	753.989	807.409	0.62	0.579		
2° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	465.51	753.989	807.409	0.617	0.577		
2° Tirante	sisma	465.161	753.989	807.409	0.617	0.576		

## Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
1° Tirante	Fase 3: installazione 2ord a -4.5m	451.598	753.989	807.409	0.599	0.559		
1° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	443.495	753.989	807.409	0.588	0.549		
1° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	446.994	753.989	807.409	0.593	0.554		
1° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	446.843	753.989	807.409	0.593	0.553		
1° Tirante	sisma	549.357	753.989	807.409	0.729	0.68		
2° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
2° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	465.263	753.989	807.409	0.617	0.576		
2° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	463.522	753.989	807.409	0.615	0.574		
2° Tirante	sisma	554.695	753.989	807.409	0.736	0.687		

## Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

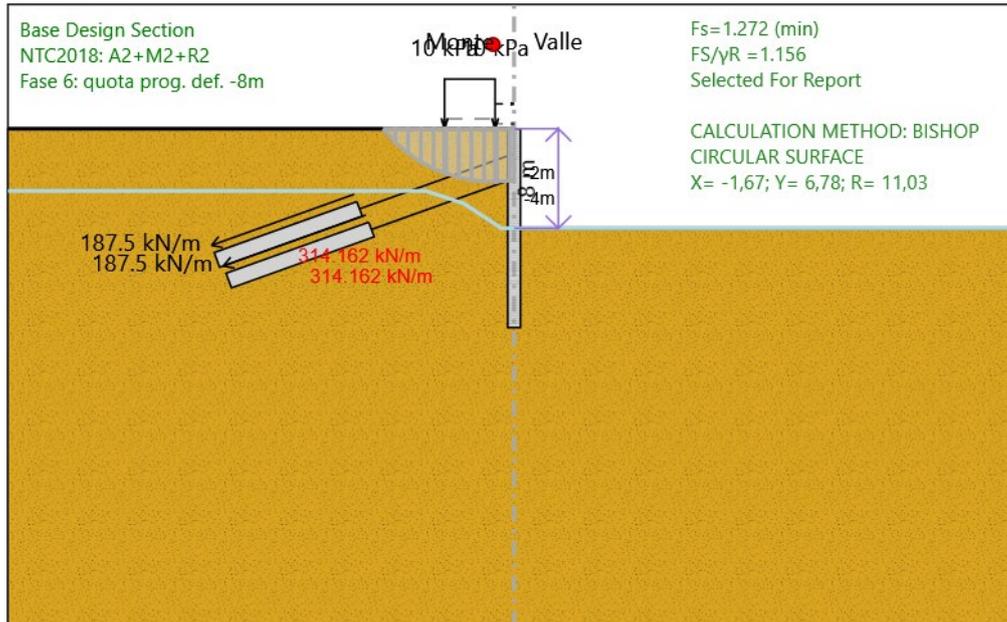
Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
1° Tirante	Fase 3: installazione 2ord a -4.5m	451.598	753.989	807.409	0.599	0.559		
1° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	443.495	753.989	807.409	0.588	0.549		
1° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	446.994	753.989	807.409	0.593	0.554		
1° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	446.843	753.989	807.409	0.593	0.553		
1° Tirante	sisma	549.357	753.989	807.409	0.729	0.68		
2° Tirante	Fase 4: attivazione 2ord a -4.5m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
2° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	465.263	753.989	807.409	0.617	0.576		
2° Tirante	Fase 6: quota prog. def. -8m	463.522	753.989	807.409	0.615	0.574		
2° Tirante	sisma	554.695	753.989	807.409	0.736	0.687		

## Inviluppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)

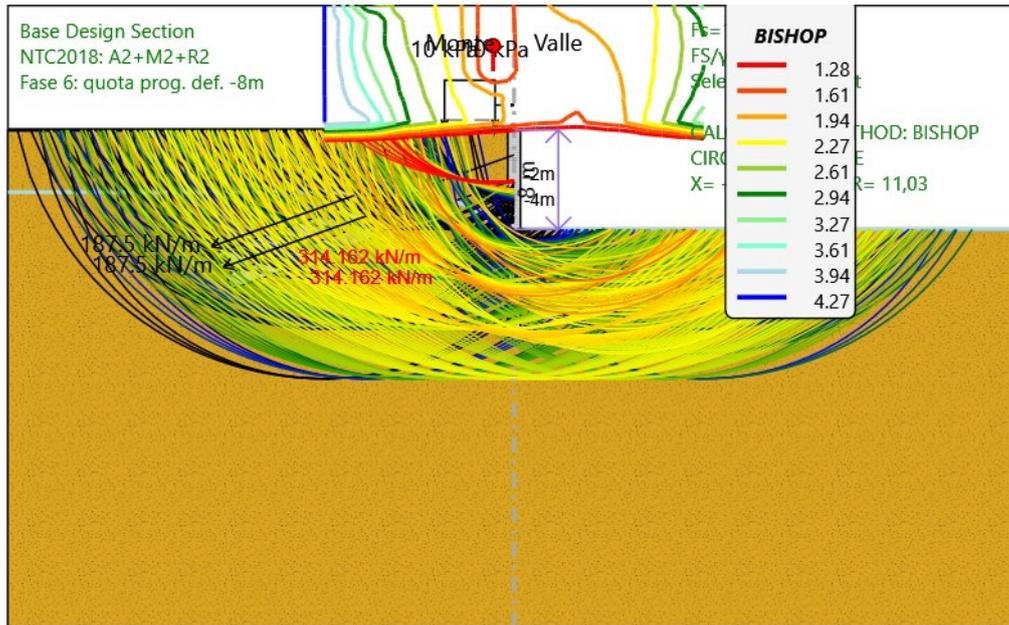
Tipo Risultato: Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
1° Tirante	Fase 3: installazione Zord a -4.5m	587.091	753.989	807.409	0.779	0.727			NTC2018: A1+M1+R3
2° Tirante	Fase 5: scavo a -9.2m	605.051	753.989	807.409	0.802	0.749			NTC2018: A1+M1+R3

## Fasi di Calcolo

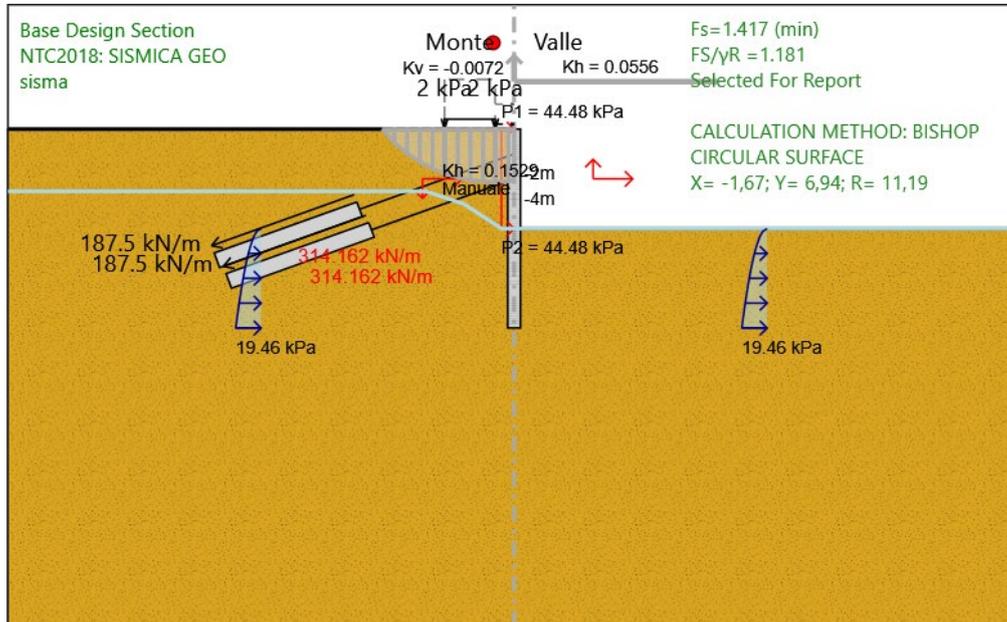
**Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Fase 6:**  
quota prog. def. -8m



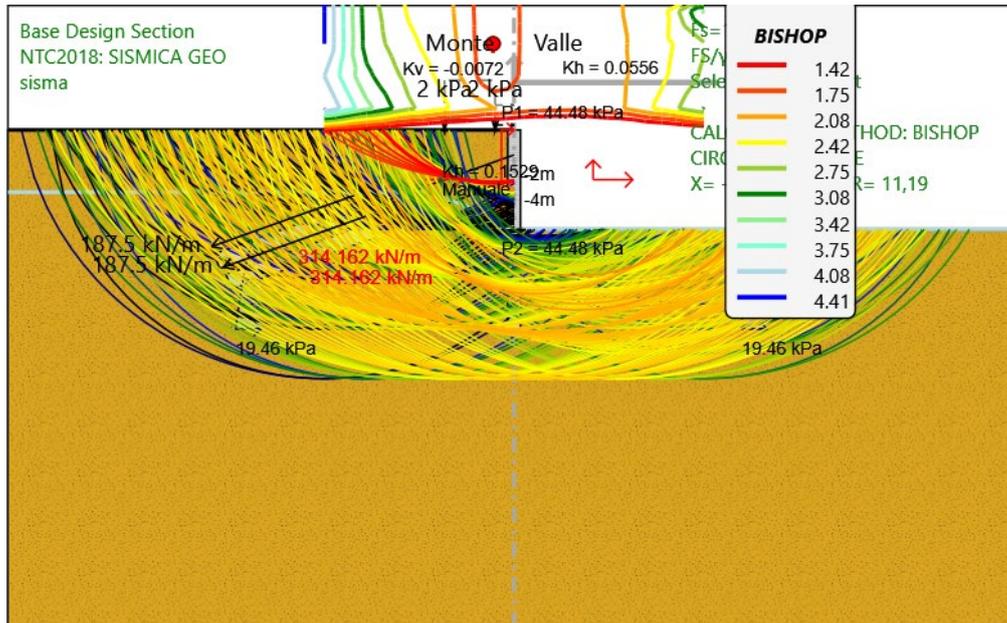
**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Fase 6: quota prog. def. -8m**



**Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage: sisma**



**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage: sisma**



## 5.2. PARATIA TIRANTATA 12M

PARATIE *plus*<sup>TM</sup>

### *Report di Calcolo*

Nome Progetto: PARATIA TIRANTATA 12m

PROGETTAZIONE ATI:

## Sommario

### Contenuto Sommario

## Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$\nu$	$c$	$c'$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur		
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	°	kPa	kPa	kPa			kPa	kPa				kPa			kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	
1	Arenaria e Marne	20	20	28			5		Constant			50000	80000											

## ***Descrizione Pareti***

X : 0 m

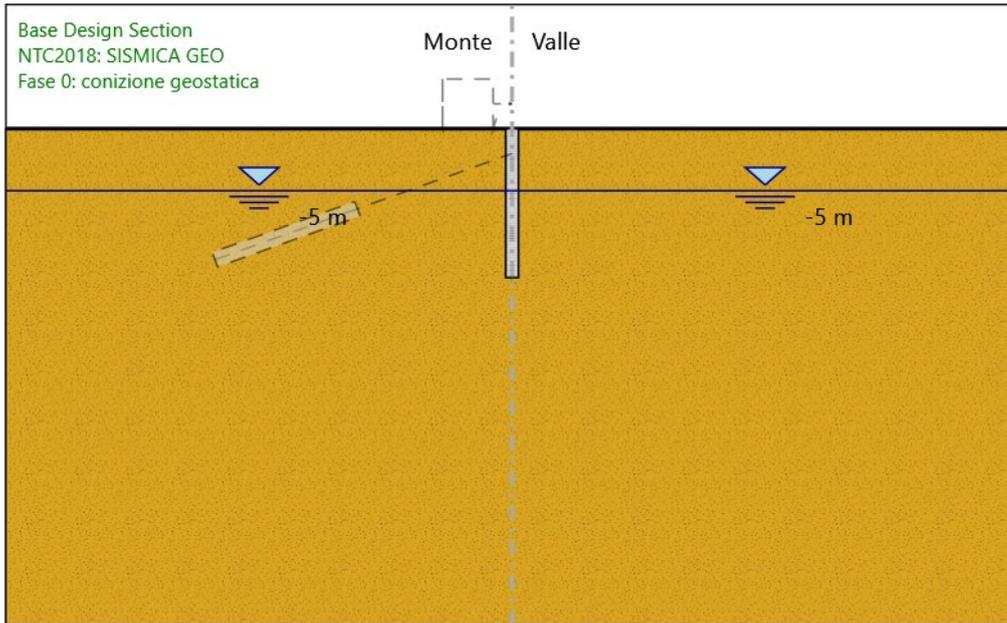
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Muro di sinistra

## Fasi di Calcolo

### Fase 0: conizione geostatica



Fase 0: conizione geostatica

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 : -5 m

Falda di destra : -5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

PROGETTAZIONE ATI:

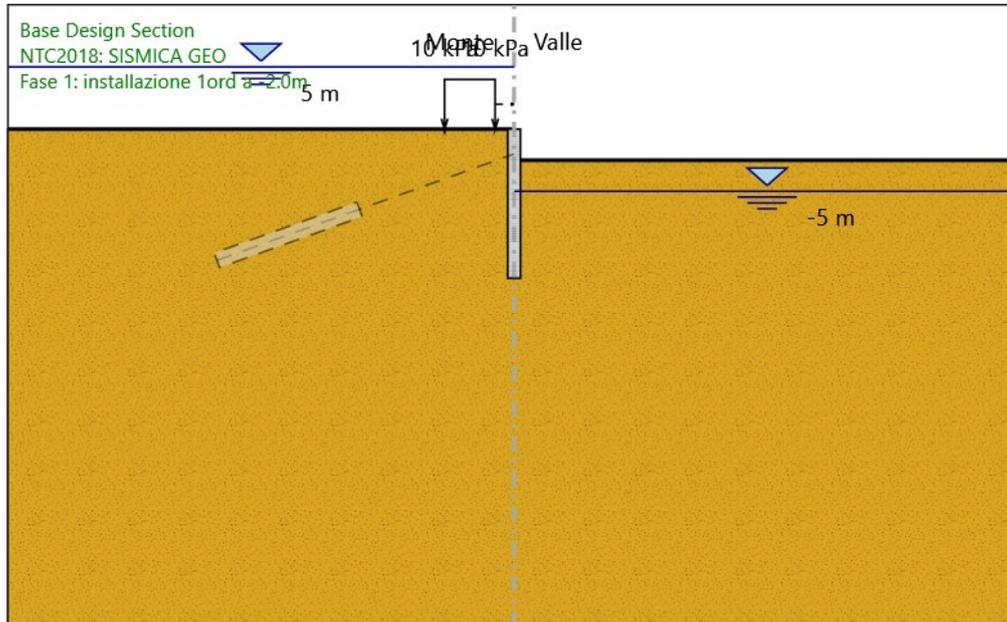
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 1: installazione 1ord a -2.0m



Fase 1: installazione 1ord a -2.0m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : 5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

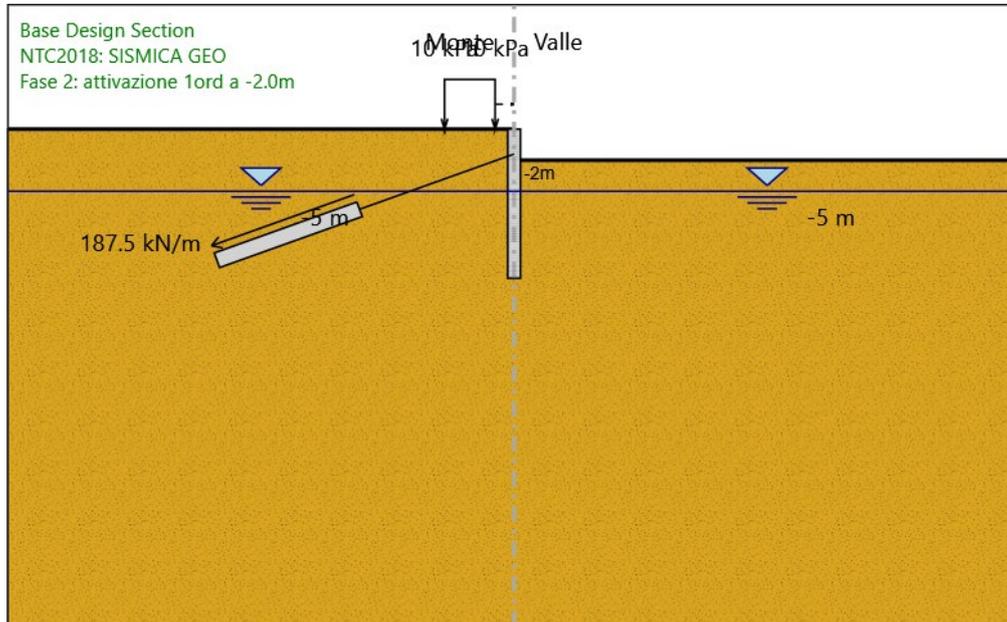
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m



Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

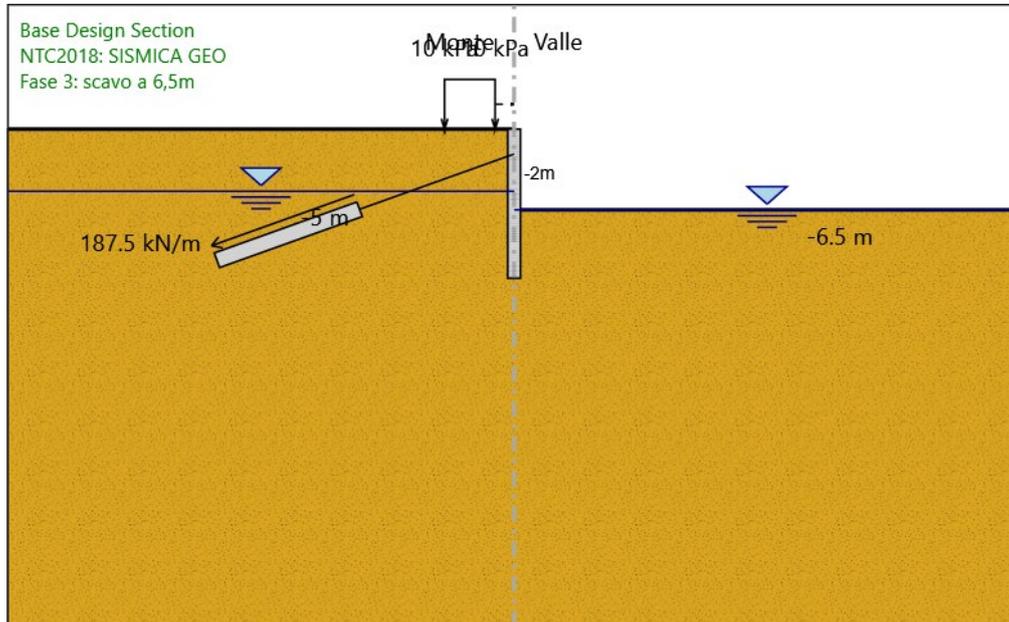
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

### Fase 3: scavo a 6,5m



Fase 3: scavo a 6,5m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -6.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

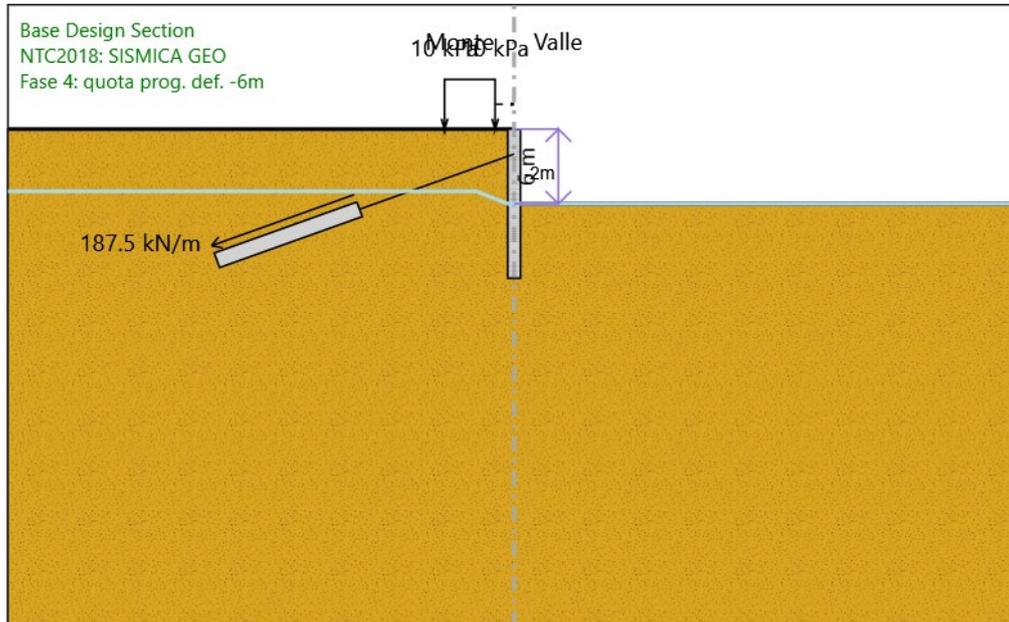
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

### Fase 4: quota prog. def. -6m



Fase 4: quota prog. def. -6m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

PROGETTAZIONE ATI:

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m



## 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_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Pe Des (F_U
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	
NTC2018: A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	
NTC2018: A1+M1+R3	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	
NTC2018: A2+M2+R2	1	1	1.3	1	0	1	1	
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	

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	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	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	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

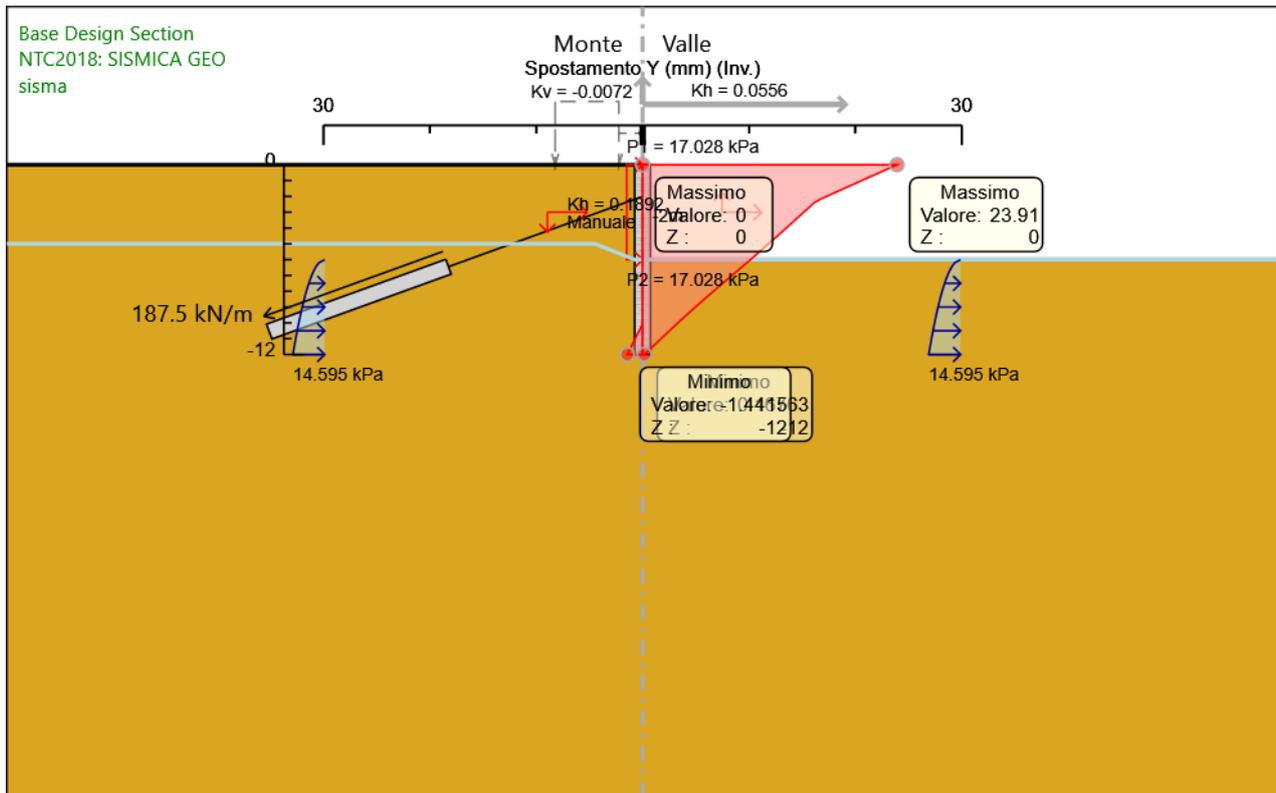
Design Assumption	Fase 0: conizione geostatica	Fase 1: installazione 1ord a -2.0m	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	Fase 3: scavo a 6,5m	Fase 4: quota prog. def. -6m	sisma

PROGETTAZIONE ATI:

Design Assumption	Fase 0: conizione geostatica	Fase 1: installazione 1ord a -2.0m	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	Fase 3: scavo a 6,5m	Fase 4: quota prog. def. -6m	sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1		V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3		V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1		V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2		V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR		V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO		V	V	V	V	V

## Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

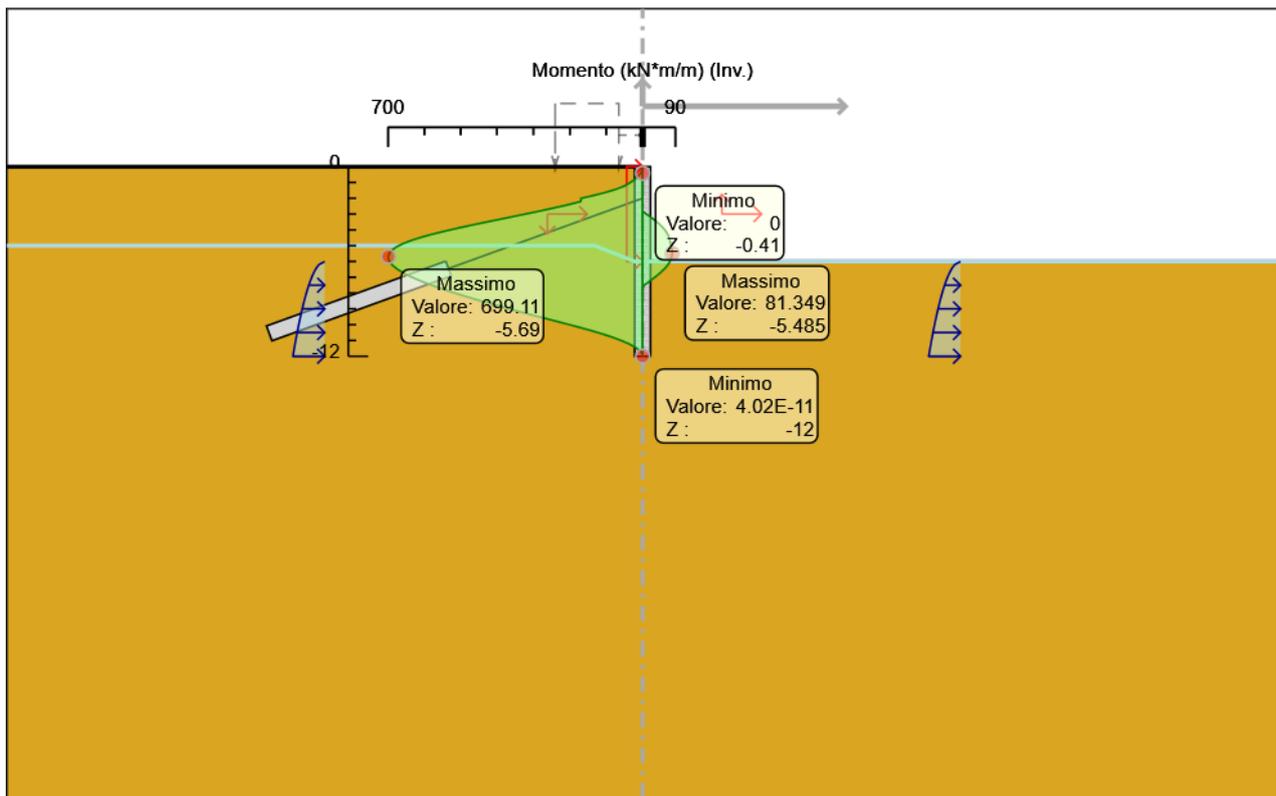
PROGETTAZIONE ATI:

## Tabella Inviluppi Momento PALI 1000

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: PALI 1000
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.205	1.366	0
-0.41	5.516	0
-0.615	12.505	0
-0.82	22.384	0
-1.025	35.206	0
-1.23	51.026	0
-1.435	73.844	0
-1.64	103.672	0
-1.845	138.825	0
-2	168.872	0
-2.205	170.332	0
-2.41	205.405	0
-2.615	244.205	0
-2.82	285.299	0
-3.025	327.945	11.634
-3.23	371.402	24.622
-3.435	414.928	36.264
-3.64	457.779	46.505
-3.845	499.212	55.291
-4.05	538.483	62.568
-4.255	574.847	68.28
-4.46	607.561	72.372
-4.665	635.879	74.791
-4.87	659.059	76.878
-5.075	676.538	79.661
-5.28	688.784	81.188
-5.485	696.185	81.349
-5.69	699.109	80.037
-5.895	697.907	77.148
-6.1	692.91	72.577
-6.305	684.433	66.219
-6.51	672.774	57.969
-6.715	658.214	48.398
-6.92	641.018	37.786
-7.125	621.434	26.414
-7.33	599.694	14.562
-7.535	576.015	2.511
-7.74	550.6	0
-7.945	523.638	0
-8.15	495.302	0
-8.355	465.755	0
-8.56	435.146	0
-8.765	403.614	0
-8.97	371.285	0
-9.175	338.278	0
-9.38	304.701	0
-9.585	270.654	0
-9.79	236.231	0
-9.995	202.064	0
-10.2	168.806	0
-10.405	137.089	0
-10.61	107.53	0
-10.815	80.638	0
-11.02	56.862	0
-11.225	36.645	0
-11.43	20.425	0
-11.635	8.638	0
-11.84	1.718	0
-12	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

## Grafico Inviluppi Momento



Momento

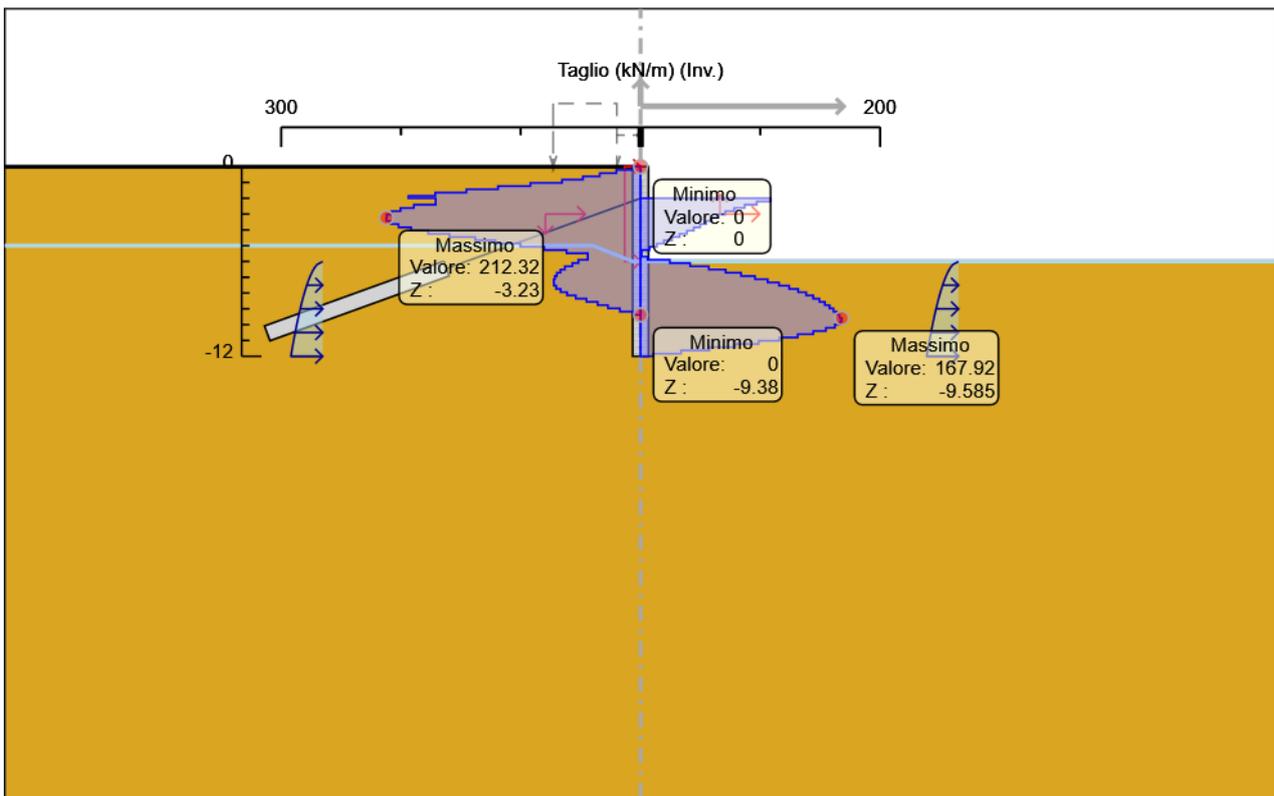
PROGETTAZIONE ATI:

## Tabella Inviluppi Taglio PALI 1000

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Taglio	
	Muro: PALI 1000 Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	6.663	0
-0.205	20.246	0
-0.41	34.089	0
-0.615	48.19	0
-0.82	65.559	0
-1.025	92.078	0
-1.23	119.036	0
-1.435	145.503	0
-1.64	171.477	0
-1.845	193.848	0
-2	193.848	108.341
-2.205	171.088	108.341
-2.41	189.267	96.944
-2.615	200.457	86.901
-2.82	208.029	78.152
-3.025	211.987	70.673
-3.23	212.321	64.424
-3.435	212.321	59.371
-3.64	209.03	54.742
-3.845	202.112	49.752
-4.05	191.564	44.401
-4.255	177.387	38.689
-4.46	159.579	32.62
-4.665	138.139	26.193
-4.87	121.169	19.405
-5.075	100.348	13.579
-5.28	80.578	7.446
-5.485	61.842	0.787
-5.69	44.135	5.865
-5.895	51.944	24.376
-6.1	56.971	41.35
-6.305	63.234	56.872
-6.51	66.93	71.023
-6.715	69.929	83.884
-6.92	71.552	95.534
-7.125	72.516	106.05
-7.33	72.516	115.506
-7.535	72.393	123.975
-7.74	70.492	131.525
-7.945	66.815	138.223
-8.15	61.36	144.132
-8.355	54.13	149.311
-8.56	45.123	153.816
-8.765	35.902	157.7
-8.97	27.304	161.01
-9.175	17.34	163.792
-9.38	6.333	166.085
-9.585	0	167.917
-9.79	0	167.917
-9.995	0	166.665
-10.2	0	162.234
-10.405	0	154.716
-10.61	0	144.189
-10.815	0	131.179
-11.02	0	115.98
-11.225	0	98.621
-11.43	0	79.123
-11.635	0	57.499
-11.84	0	33.756
-12	0	10.735

PROGETTAZIONE ATI:

## Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

PROGETTAZIONE ATI:

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva	%
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	Left Wall	LEFT		18.82
NTC2018: A2+M2+R1	Fase 3: scavo a 6.5m	Left Wall	RIGHT		59.39

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: SISMICA STR	sisma	Left Wall	LEFT	120.86
NTC2018: A2+M2+R1 Fase 2: attivazione	1ord a -2.0m	Left Wall	RIGHT	443.41

## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Fase 0: conizione geostatica	Fase 1: installazione 1ord a -2.0m	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	Fase 3: scavo a 6,5m	Fase 4: quota prog. def. -6m	sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1		V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3		V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1		V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2		V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR		V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO		V	V	V	V	V

## Risultati Caver

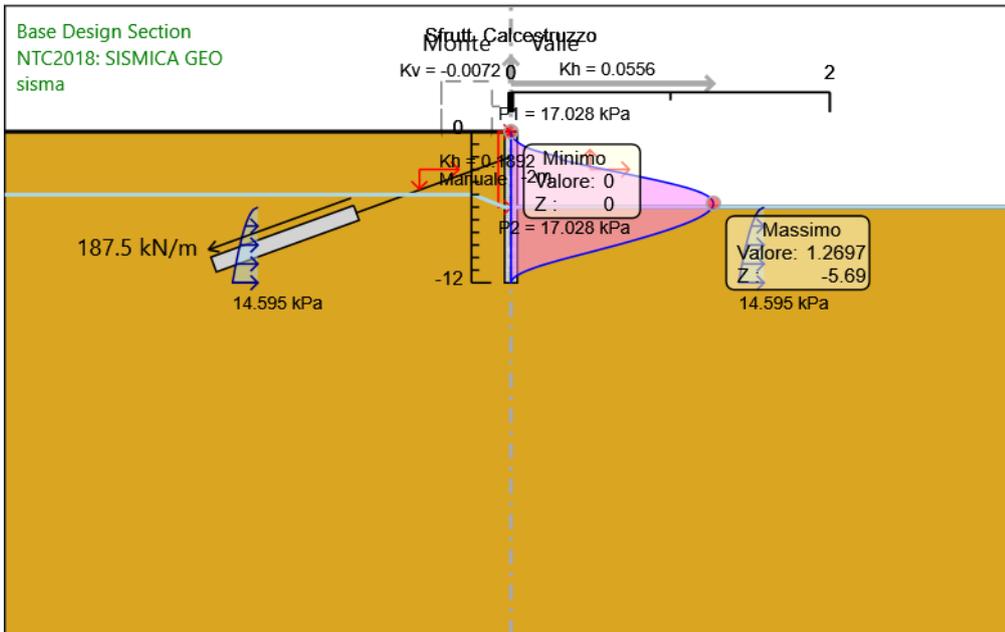
**Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT**

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
0	0
-0.2	0.002
-0.41	0.01
-0.62	0.023
-0.82	0.041
-1.02	0.064
-1.23	0.093
-1.44	0.134
-1.64	0.188
-1.84	0.252
-2	0.307
-2.2	0.31
-2.41	0.374
-2.62	0.444
-2.82	0.519
-3.02	0.596
-3.23	0.675
-3.43	0.754
-3.64	0.832
-3.84	0.908
-4.05	0.979
-4.25	1.045
-4.46	1.104
-4.66	1.155
-4.87	1.197
-5.07	1.229
-5.28	1.251
-5.48	1.264
-5.69	1.27
-5.89	1.267
-6.1	1.258
-6.3	1.243
-6.51	1.222
-6.71	1.195
-6.92	1.164
-7.12	1.128
-7.33	1.089
-7.53	1.046
-7.74	1
-7.94	0.951
-8.15	0.899
-8.35	0.846
-8.56	0.79
-8.76	0.733
-8.97	0.674
-9.17	0.614
-9.38	0.553
-9.58	0.491
-9.79	0.429
-9.99	0.367
-10.2	0.306
-10.4	0.249
-10.61	0.195
-10.82	0.146
-11.02	0.103
-11.22	0.066
-11.43	0.037
-11.64	0.016

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-11.84		0.003
-12		0

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover**



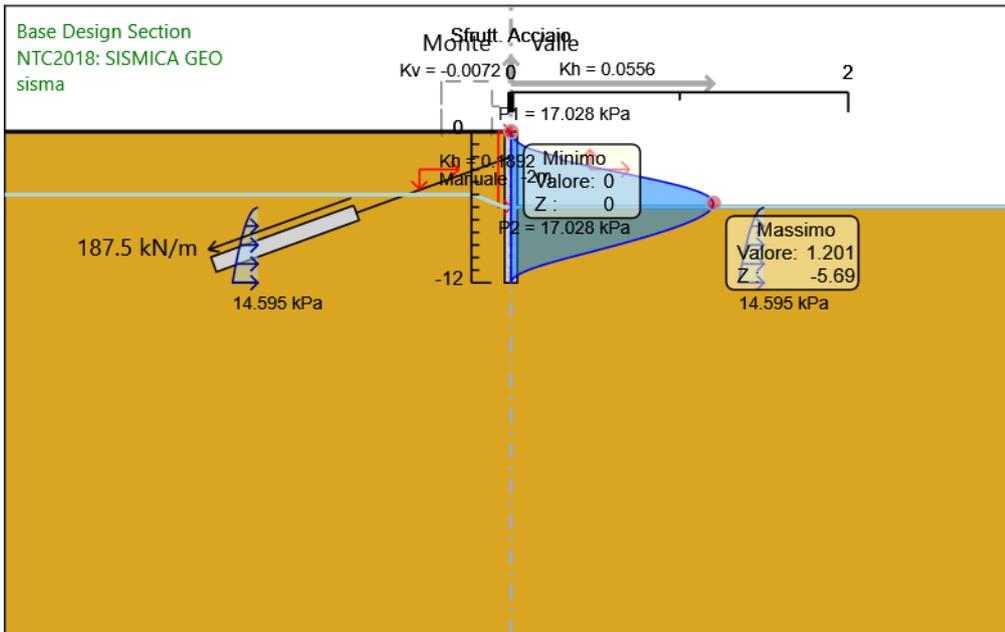
Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
0	0	
-0.2	0.002	
-0.41	0.009	
-0.62	0.022	
-0.82	0.039	
-1.02	0.061	
-1.23	0.088	
-1.44	0.127	
-1.64	0.178	
-1.84	0.239	
-2	0.29	
-2.2	0.293	
-2.41	0.353	
-2.62	0.42	
-2.82	0.491	
-3.02	0.564	
-3.23	0.639	
-3.43	0.714	
-3.64	0.787	
-3.84	0.858	
-4.05	0.926	
-4.25	0.988	
-4.46	1.044	
-4.66	1.093	
-4.87	1.133	
-5.07	1.163	
-5.28	1.183	
-5.48	1.196	
-5.69	1.201	
-5.89	1.199	
-6.1	1.19	
-6.3	1.176	
-6.51	1.156	
-6.71	1.131	
-6.92	1.101	
-7.12	1.067	
-7.33	1.03	
-7.53	0.989	
-7.74	0.946	
-7.94	0.899	
-8.15	0.851	
-8.35	0.8	
-8.56	0.747	
-8.76	0.693	
-8.97	0.638	
-9.17	0.581	
-9.38	0.523	
-9.58	0.465	
-9.79	0.405	
-9.99	0.347	
-10.2	0.29	
-10.4	0.235	
-10.61	0.185	
-10.82	0.138	
-11.02	0.098	
-11.22	0.063	
-11.43	0.035	
-11.64	0.015	
-11.84	0.003	
-12	0	

PROGETTAZIONE ATI:

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver**



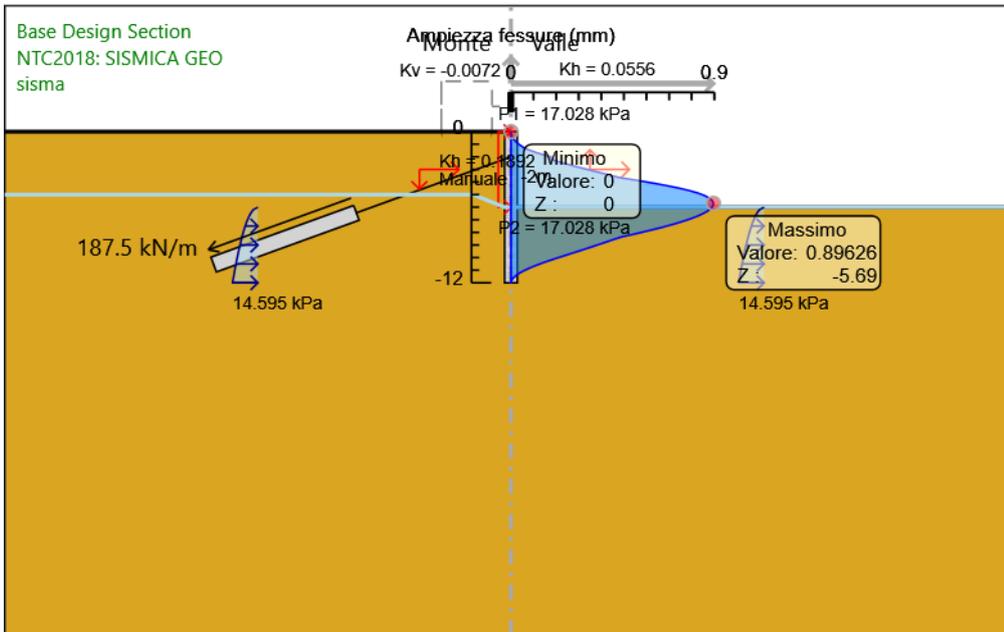
Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

## Tabella Involuppi Apertura Fessure - Cover : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Cover	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Cover (mm)
0	0
-0.2	0.001
-0.41	0.006
-0.62	0.013
-0.82	0.023
-1.02	0.037
-1.23	0.053
-1.44	0.077
-1.64	0.108
-1.84	0.145
-2	0.176
-2.2	0.178
-2.41	0.215
-2.62	0.255
-2.82	0.298
-3.02	0.343
-3.23	0.388
-3.43	0.434
-3.64	0.479
-3.84	0.549
-4.05	0.617
-4.25	0.681
-4.46	0.738
-4.66	0.787
-4.87	0.827
-5.07	0.857
-5.28	0.878
-5.48	0.891
-5.69	0.896
-5.89	0.894
-6.1	0.885
-6.3	0.871
-6.51	0.85
-6.71	0.825
-6.92	0.795
-7.12	0.761
-7.33	0.723
-7.53	0.682
-7.74	0.637
-7.94	0.59
-8.15	0.541
-8.35	0.49
-8.56	0.454
-8.76	0.421
-8.97	0.388
-9.17	0.353
-9.38	0.318
-9.58	0.282
-9.79	0.246
-9.99	0.211
-10.2	0.176
-10.4	0.143
-10.61	0.112
-10.82	0.084
-11.02	0.059
-11.22	0.038
-11.43	0.021
-11.64	0.009
-11.84	0.002
-12	0

PROGETTAZIONE ATI:

**Grafico Inviluppi Apertura Fessure - Cover**



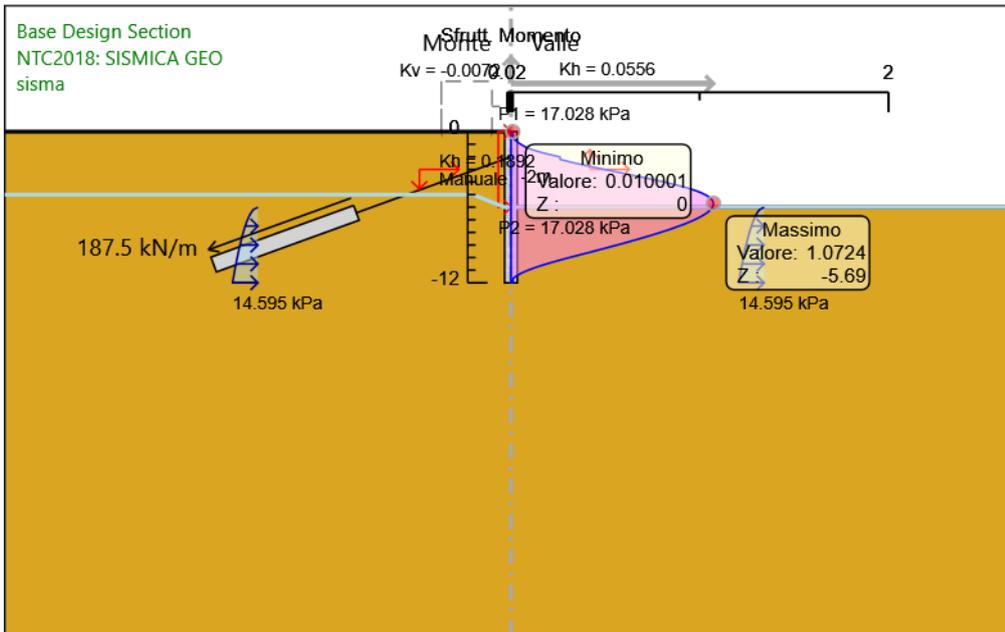
Inviluppi  
Apertura Fessure - Cover

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - Cover
0	0.01
-0.2	0.01
-0.41	0.01
-0.62	0.019
-0.82	0.034
-1.02	0.054
-1.23	0.078
-1.44	0.113
-1.64	0.159
-1.84	0.213
-2	0.259
-2.2	0.261
-2.41	0.315
-2.62	0.375
-2.82	0.438
-3.02	0.503
-3.23	0.57
-3.43	0.636
-3.64	0.702
-3.84	0.766
-4.05	0.826
-4.25	0.882
-4.46	0.932
-4.66	0.975
-4.87	1.011
-5.07	1.038
-5.28	1.057
-5.48	1.068
-5.69	1.072
-5.89	1.071
-6.1	1.063
-6.3	1.05
-6.51	1.032
-6.71	1.01
-6.92	0.983
-7.12	0.953
-7.33	0.92
-7.53	0.884
-7.74	0.845
-7.94	0.803
-8.15	0.76
-8.35	0.714
-8.56	0.667
-8.76	0.619
-8.97	0.57
-9.17	0.519
-9.38	0.467
-9.58	0.415
-9.79	0.362
-9.99	0.31
-10.2	0.259
-10.4	0.21
-10.61	0.165
-10.82	0.124
-11.02	0.087
-11.22	0.056
-11.43	0.031
-11.64	0.013
-11.84	0.01
-12	0.01

PROGETTAZIONE ATI:

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover**



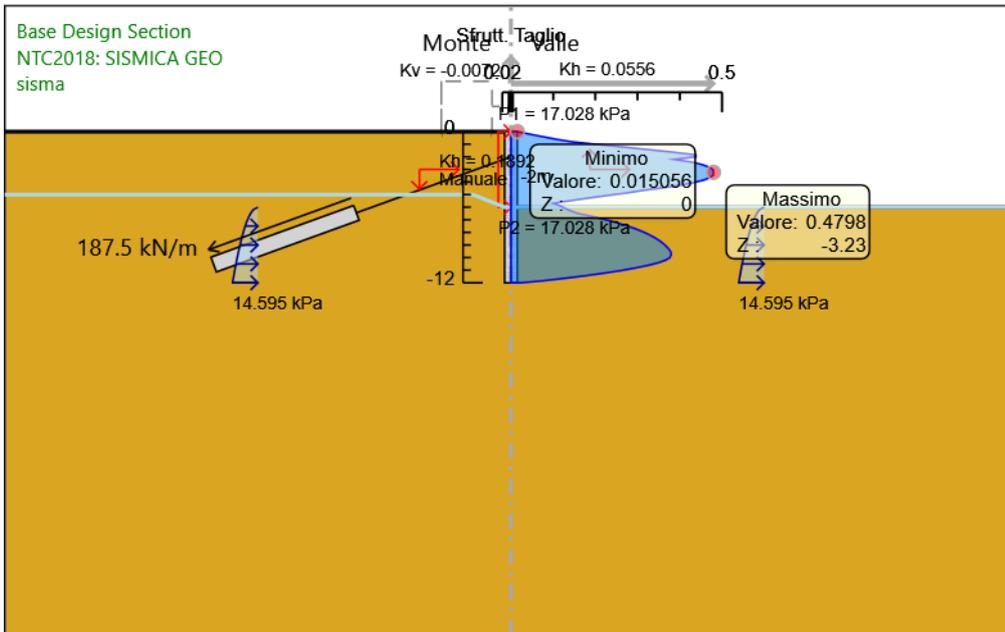
Involuppi  
Tasso di Sfruttamento M-N - Cover

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover
0	0.015
-0.2	0.046
-0.41	0.077
-0.62	0.109
-0.82	0.148
-1.02	0.208
-1.23	0.269
-1.44	0.329
-1.64	0.387
-1.84	0.438
-2	0.438
-2.2	0.387
-2.41	0.428
-2.62	0.453
-2.82	0.47
-3.02	0.479
-3.23	0.48
-3.43	0.48
-3.64	0.472
-3.84	0.457
-4.05	0.433
-4.25	0.401
-4.46	0.361
-4.66	0.312
-4.87	0.274
-5.07	0.227
-5.28	0.182
-5.48	0.14
-5.69	0.1
-5.89	0.117
-6.1	0.129
-6.3	0.143
-6.51	0.16
-6.71	0.19
-6.92	0.216
-7.12	0.24
-7.33	0.261
-7.53	0.28
-7.74	0.297
-7.94	0.312
-8.15	0.326
-8.35	0.337
-8.56	0.348
-8.76	0.356
-8.97	0.364
-9.17	0.37
-9.38	0.375
-9.58	0.379
-9.79	0.379
-9.99	0.377
-10.2	0.367
-10.4	0.35
-10.61	0.326
-10.82	0.296
-11.02	0.262
-11.22	0.223
-11.43	0.179
-11.64	0.13
-11.84	0.076
-12	0.024

PROGETTAZIONE ATI:

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver**



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

### Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti Stage	NTC2018 (ITA)					Gerarchia delle Resistenze
			Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
	1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	1628.616	807.409	0.276	0.557	NO
	1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	465.342	1628.616	807.409	0.286	0.576	NO
	1° Tirante	Fase 4: quota prog. def. -6m	465.106	1628.616	807.409	0.286	0.576	NO
	1° Tirante	sisma	464.941	1628.616	807.409	0.285	0.576	NO

### Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018 (ITA)							
		Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza
	1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	585	904.786	807.409	0.647	0.725		NO
	1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	605.052	904.786	807.409	0.669	0.749		NO
	1° Tirante	Fase 4: quota prog. def. -6m	604.745	904.786	807.409	0.668	0.749		NO
	1° Tirante	sisma	604.497	904.786	807.409	0.668	0.749		NO

### Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R3

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018 (ITA)					Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR	
Tirante	Stage						
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	585	753.989	807.409	0.776	0.725	
1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	605.052	753.989	807.409	0.802	0.749	
1° Tirante	Fase 4: quota prog. def. -6m	604.745	753.989	807.409	0.802	0.749	
1° Tirante	sisma	604.497	753.989	807.409	0.802	0.749	

## Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018 (ITA)					Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
Tirante	Stage						
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	753.989	807.409	0.597	0.557	
1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	466.965	753.989	807.409	0.619	0.578	
1° Tirante	Fase 4: quota prog. def. -6m	466.701	753.989	807.409	0.619	0.578	
1° Tirante	sisma	466.465	753.989	807.409	0.619	0.578	

## Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R2

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018 (ITA)					Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
Tirante	Stage						
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	753.989	807.409	0.597	0.557	
1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	466.965	753.989	807.409	0.619	0.578	
1° Tirante	Fase 4: quota prog. def. -6m	466.701	753.989	807.409	0.619	0.578	
1° Tirante	sisma	466.465	753.989	807.409	0.619	0.578	

## Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	465.342	753.989	807.409	0.617	0.576		
1° Tirante	Fase 4: quota prog. def. -6m	465.106	753.989	807.409	0.617	0.576		
1° Tirante	sisma	472.92	753.989	807.409	0.627	0.586		

## Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

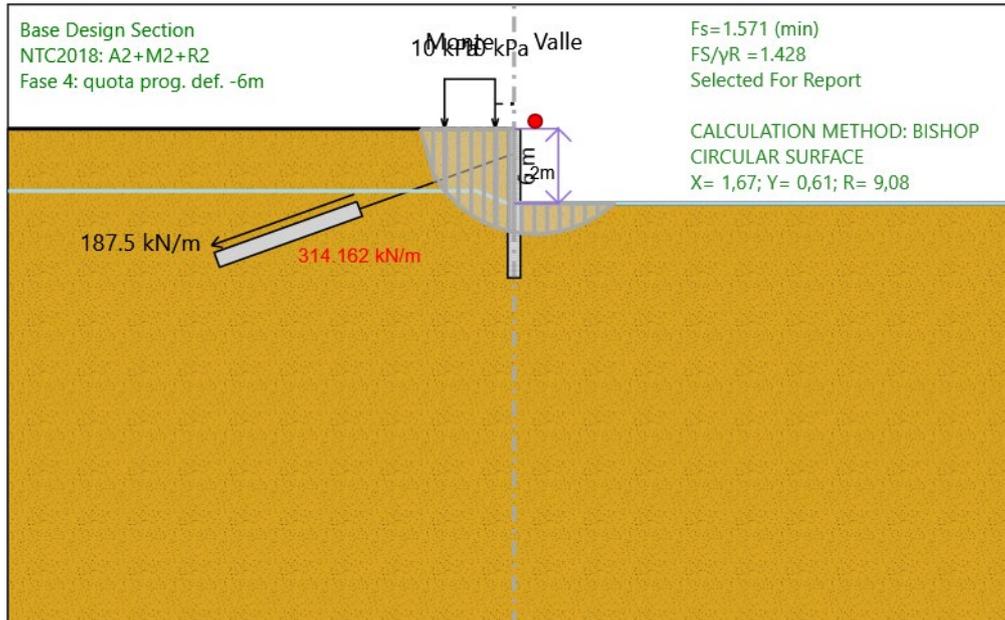
Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
1° Tirante	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	450	753.989	807.409	0.597	0.557		
1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	465.342	753.989	807.409	0.617	0.576		
1° Tirante	Fase 4: quota prog. def. -6m	465.106	753.989	807.409	0.617	0.576		
1° Tirante	sisma	472.92	753.989	807.409	0.627	0.586		

## Inviluppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)

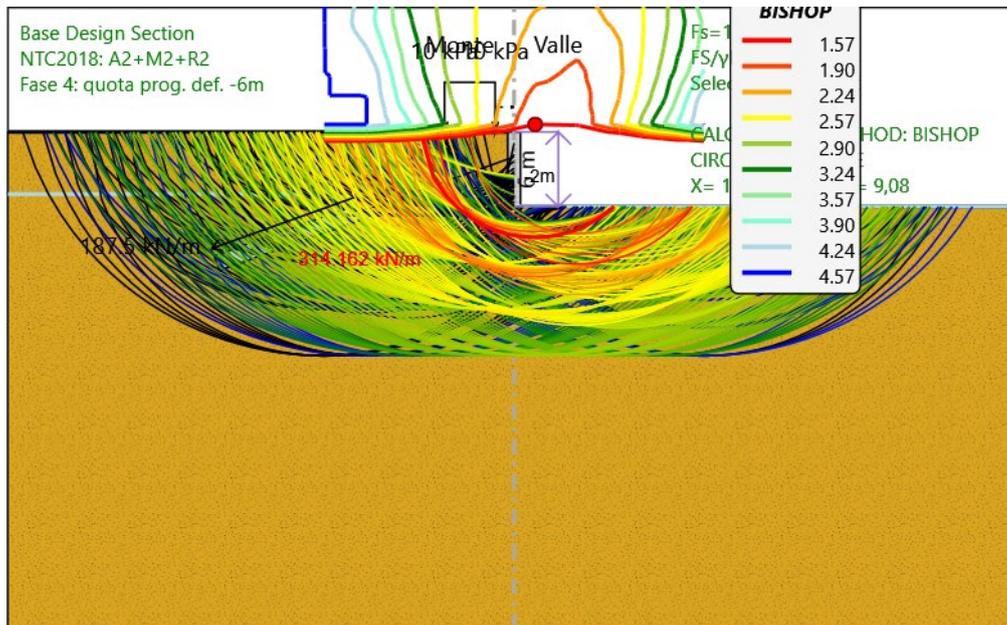
Tipo Risultato:									
Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
1° Tirante	Fase 3: scavo a 6,5m	605.052	753.989	807.409	0.802	0.749			NTC2018: A1+M1+R3

## Fasi di Calcolo

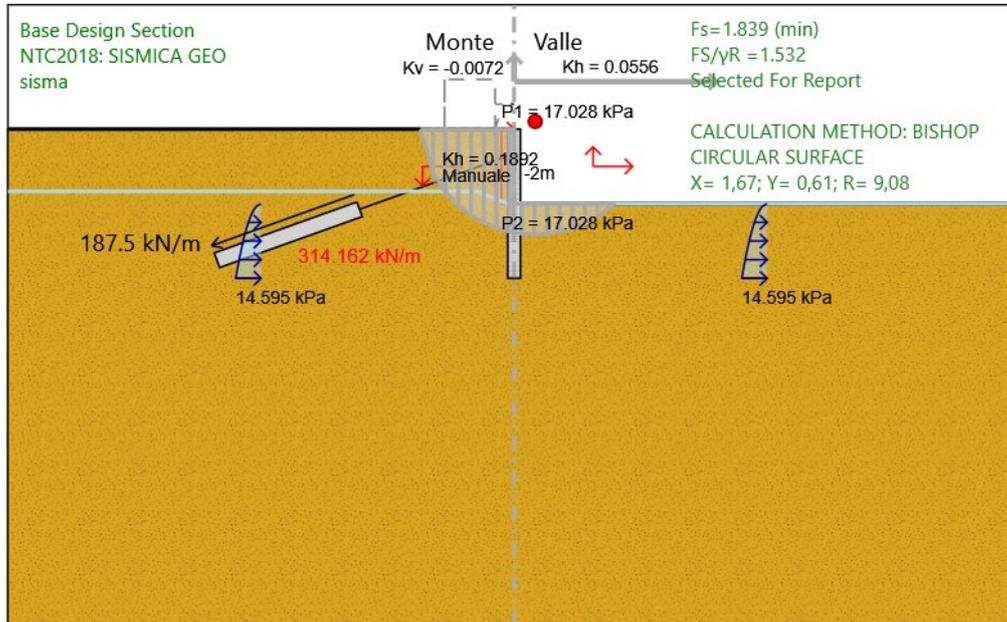
Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Fase 4:  
quota prog. def. -6m



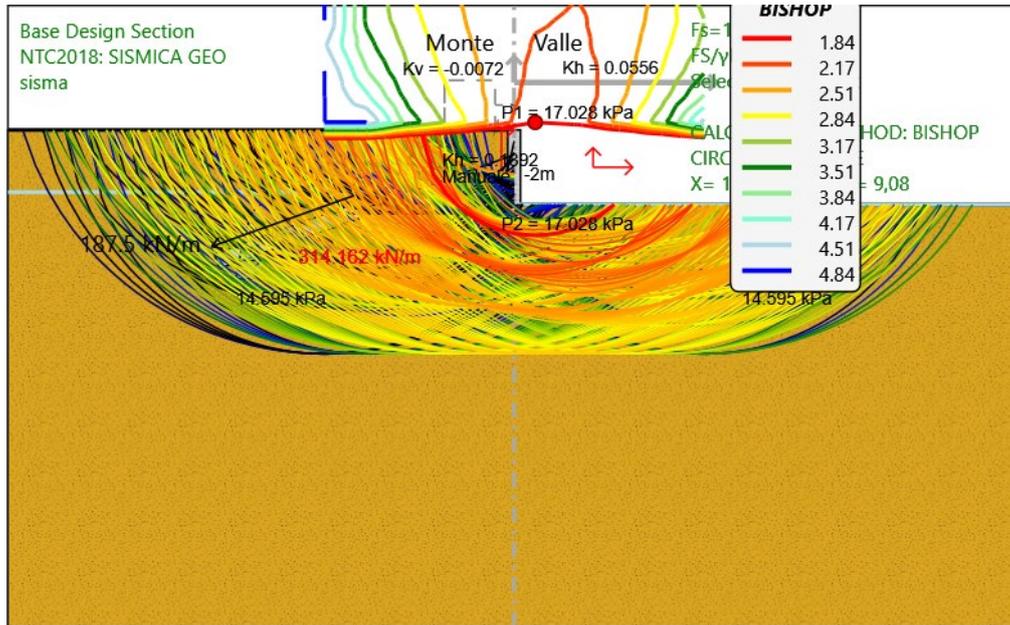
**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Fase 4: quota prog. def. -6m**



**Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage: sisma**



**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage: sisma**



### 5.3. PARATIA 9.5M

PARATIE *plus*<sup>TM</sup>

## *Report di Calcolo*

Nome Progetto: PARATIA 9.5m

PROGETTAZIONE ATI:

## Sommario

### Contenuto Sommario

## Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$\nu$	$c$	$c'$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	°	kPa	kPa	kPa			kPa	kPa				kPa		kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	
1	Arenaria e Marne	20	24	28			5		Constant			50000	80000										

## **Descrizione Pareti**

X : 0 m

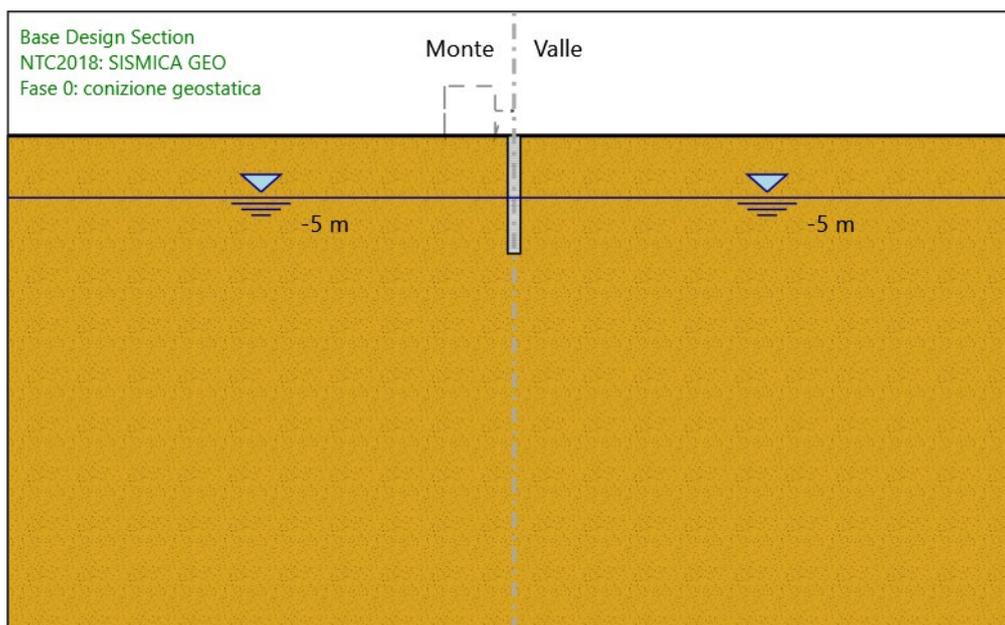
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -9.5 m

Muro di sinistra

## Fasi di Calcolo

### Fase 0: conizione geostatica



Fase 0: conizione geostatica

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 : -5 m

Falda di destra : -5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

PROGETTAZIONE ATI:

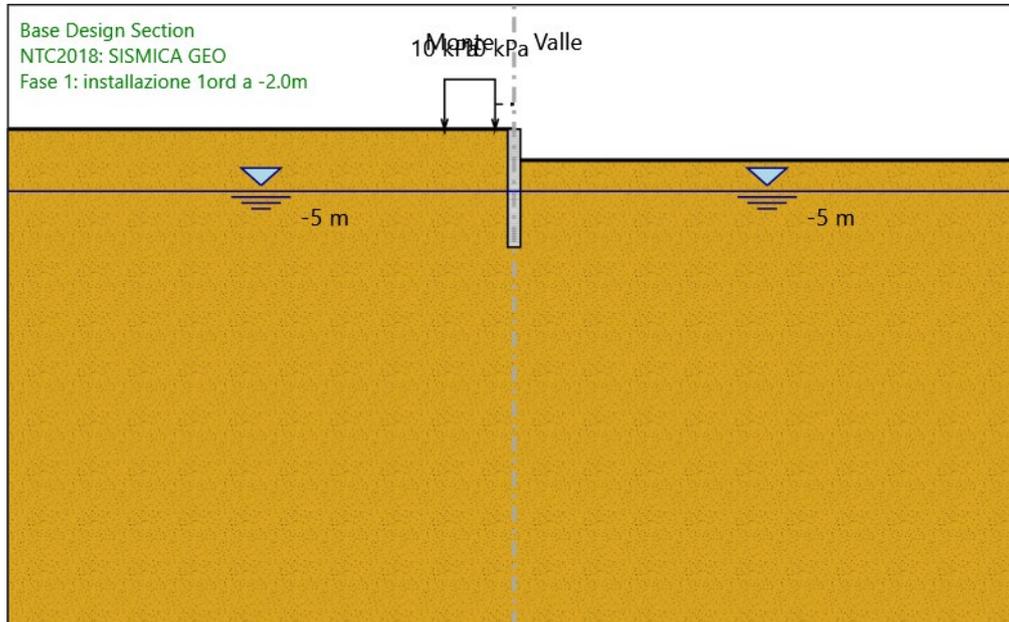
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -9.5 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 1: installazione 1ord a -2.0m



Fase 1: installazione 1ord a -2.0m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

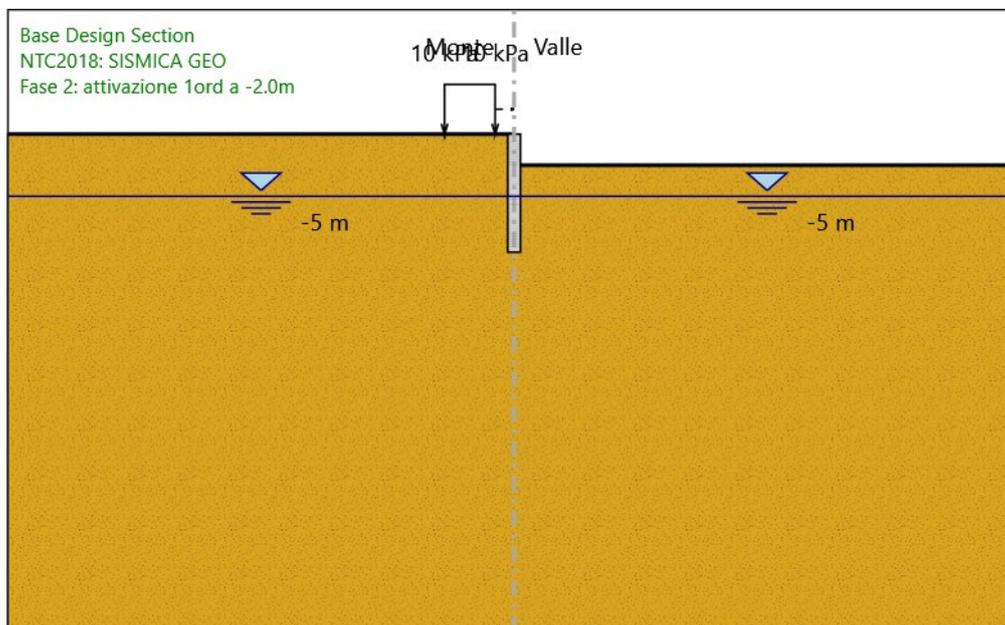
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -9.5 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m



Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

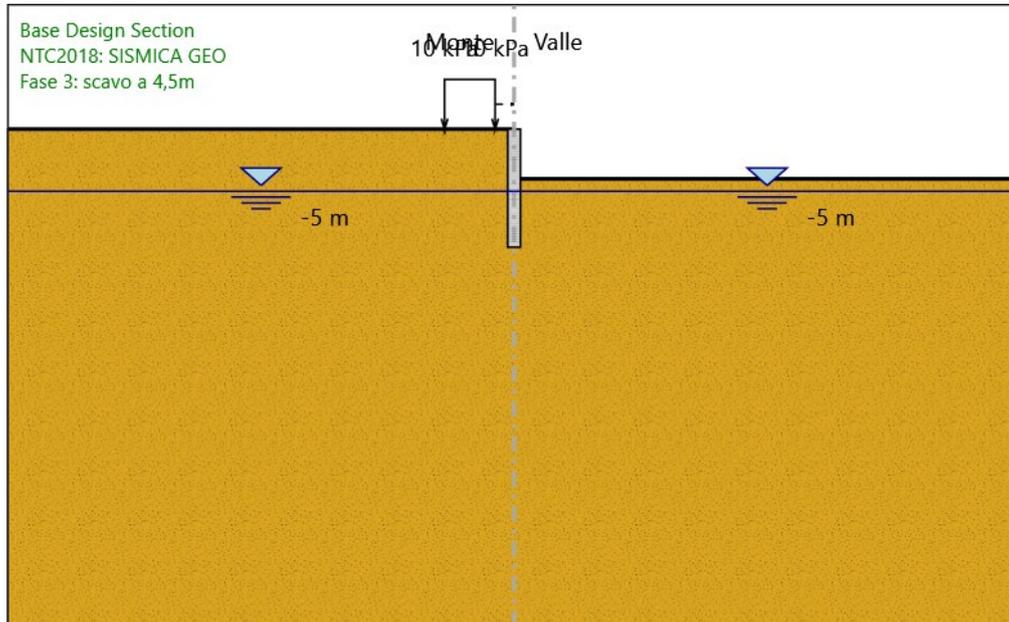
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -9.5 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

### Fase 3: scavo a 4,5m



Fase 3: scavo a 4,5m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -1.5 m

PROGETTAZIONE ATI:

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -9.5 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m



Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

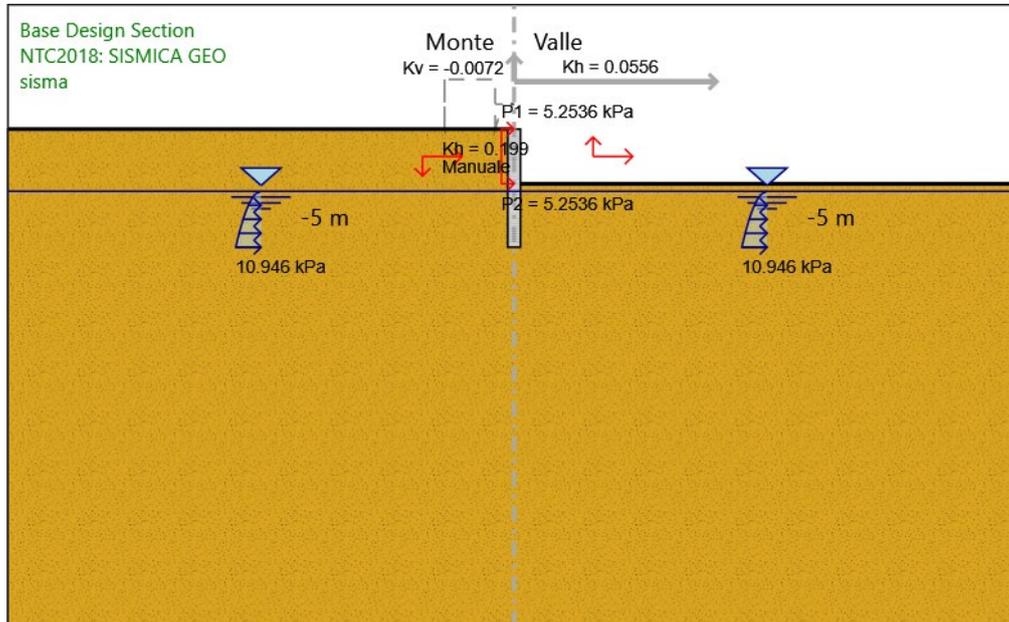
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -9.5 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

**sisma**



sisma

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 : -5 m

Falda di destra : -5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALI 1000

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -9.5 m

Sezione : Pali 1000 i\_1.2m

## 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_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Pe Des (F_U
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	
NTC2018: A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	
NTC2018: A1+M1+R3	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	
NTC2018: A2+M2+R2	1	1	1.3	1	0	1	1	
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	

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	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	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	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

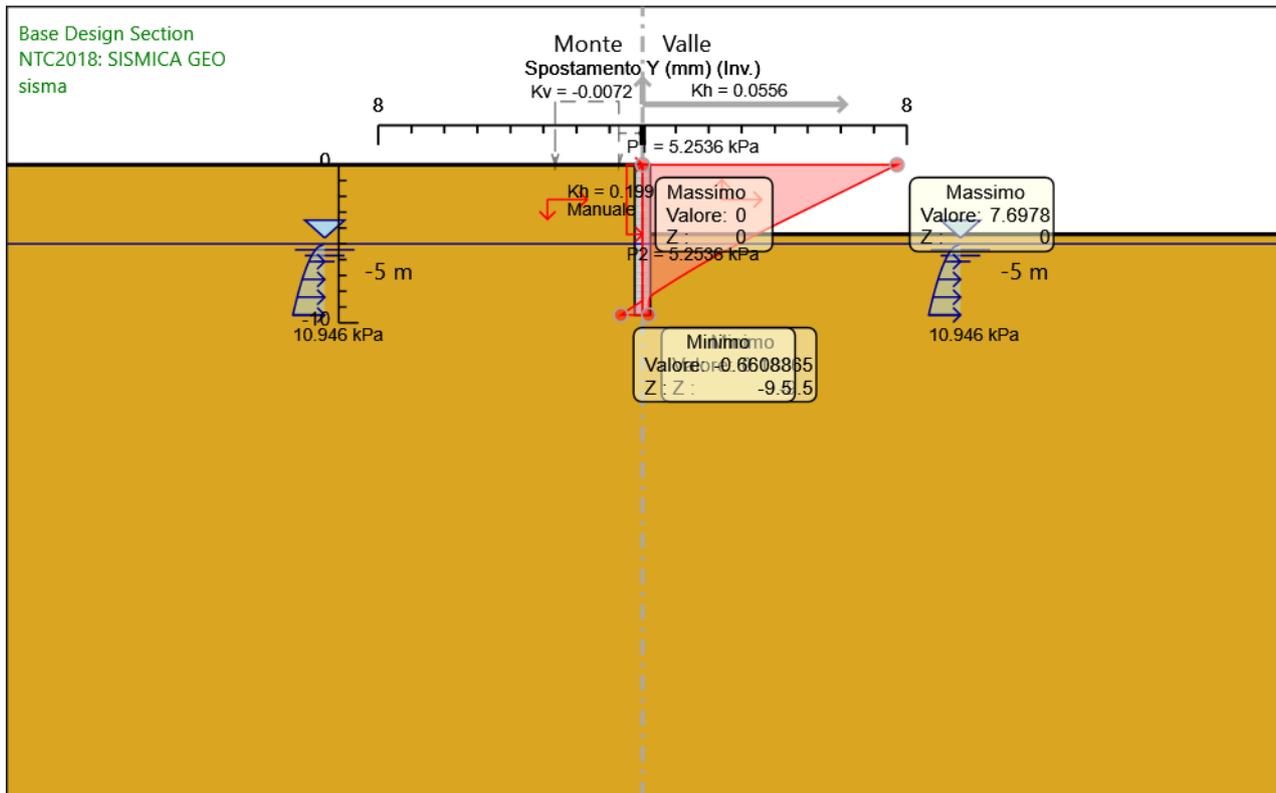
Design Assumption	Fase 0: conizione geostatica	Fase 1: installazione 1ord a -2.0m	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	Fase 3: scavo a 4,5m	Fase 4: quota prog. sisma def. -4.5m

PROGETTAZIONE ATI:

Design Assumption	Fase 0: conizione geostatica	Fase 1: installazione 1ord a -2.0m	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	Fase 3: scavo a 4,5m	Fase 4: quota prog. sisma def. -4.5m	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1		V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3		V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1		V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2		V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR		V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO		V	V	V	V	V

## Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### Grafico Inviluppi Spostamento



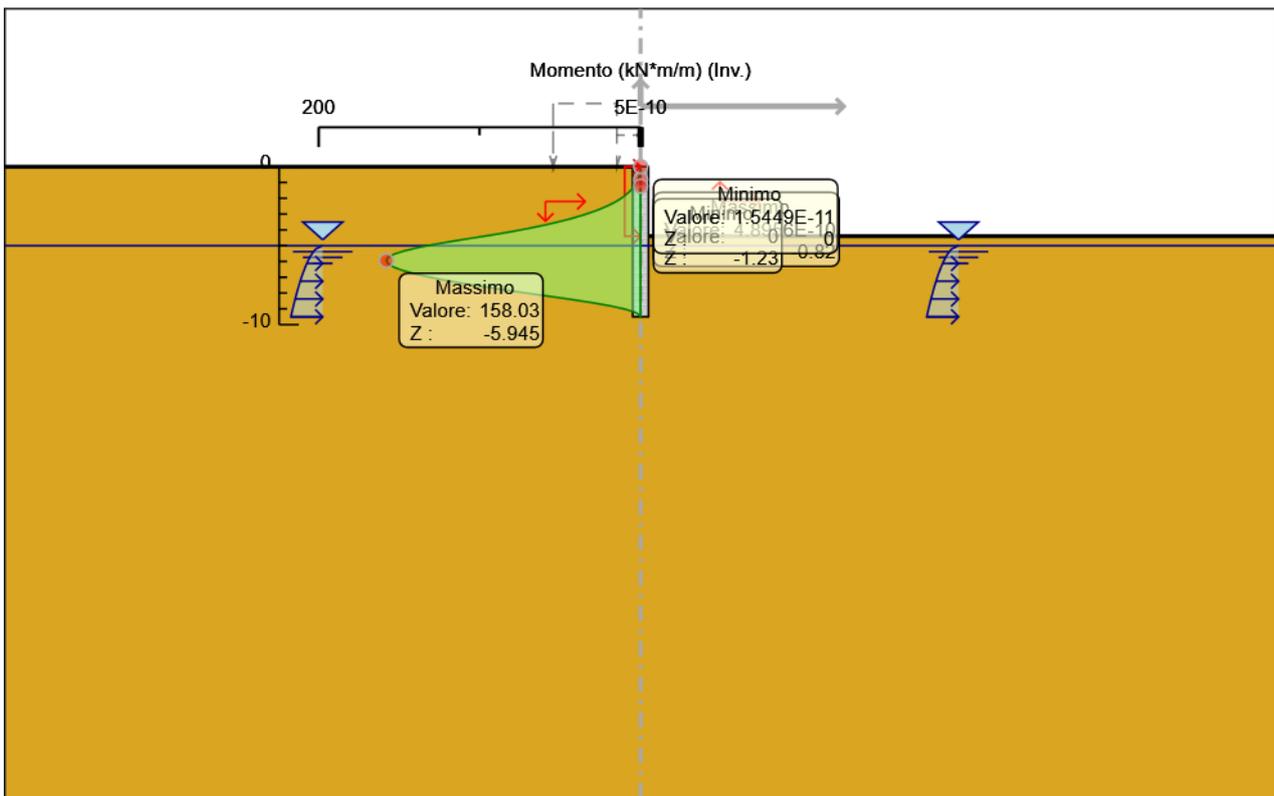
Spostamento

PROGETTAZIONE ATI:

## Tabella Involuppi Momento PALI 1000

Selected Design Assumptions Z (m)	Involuppi: Momento		Muro: PALI 1000
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)	
0	0		0
-0.205	0.112		0
-0.41	0.446		0
-0.615	1.005		0
-0.82	1.786		0
-1.025	2.79		0
-1.23	4.055		0
-1.435	5.633		0
-1.64	7.581		0
-1.845	9.952		0
-2.05	12.801		0
-2.255	16.184		0
-2.46	20.153		0
-2.665	24.765		0
-2.87	30.073		0
-3.075	36.133		0
-3.28	42.999		0
-3.485	50.725		0
-3.69	59.366		0
-3.895	68.977		0
-4.1	79.613		0
-4.305	91.327		0
-4.51	104.115		0
-4.715	116.65		0
-4.92	128.331		0
-5.125	138.555		0
-5.33	146.924		0
-5.535	153.151		0
-5.74	156.883		0
-5.945	158.034		0
-6.15	156.816		0
-6.355	153.43		0
-6.56	148.076		0
-6.765	140.948		0
-6.97	132.236		0
-7.175	122.128		0
-7.38	110.809		0
-7.585	98.458		0
-7.79	85.257		0
-7.995	71.38		0
-8.2	57.09		0
-8.405	43.071		0
-8.61	30.029		0
-8.815	18.644		0
-9.02	9.532		0
-9.225	3.222		0
-9.43	0.248		0
-9.5	0		0

## Grafico Involuppi Momento



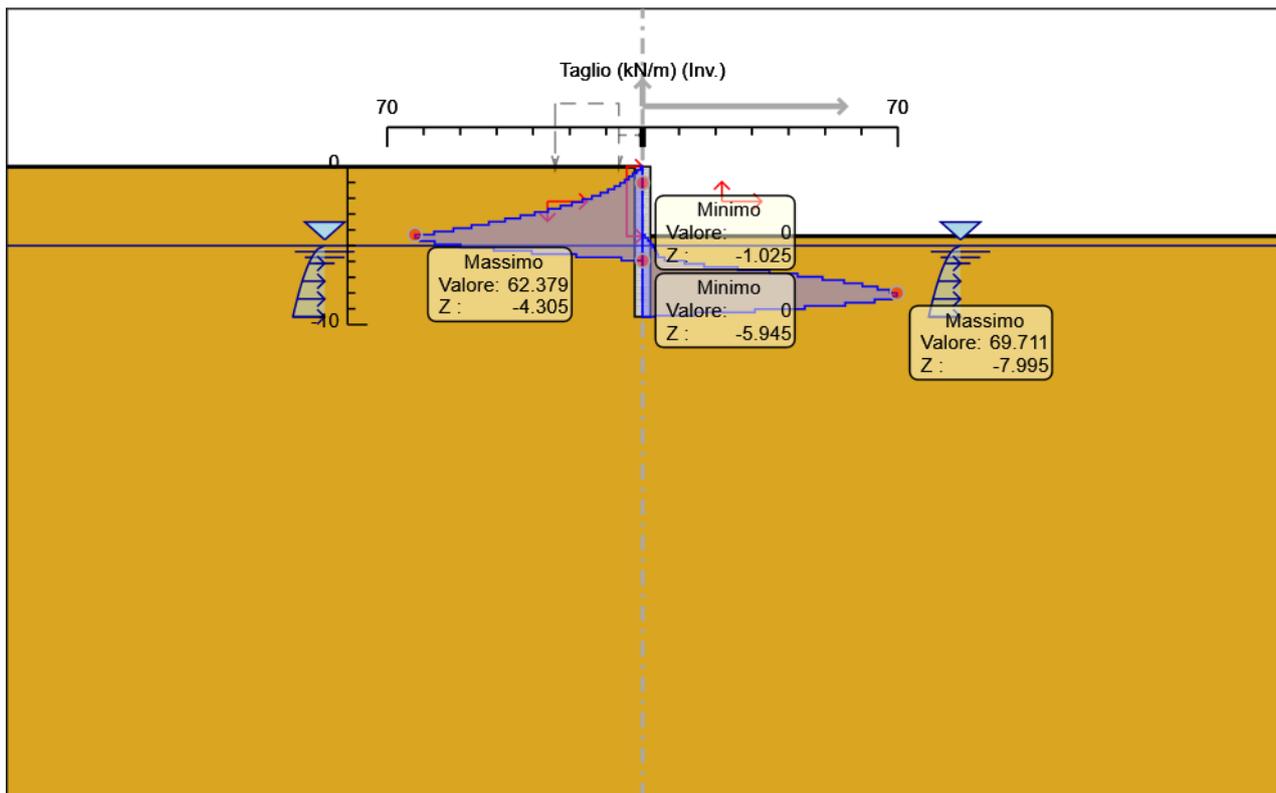
Momento

PROGETTAZIONE ATI:

## Tabella Inviluppi Taglio PALI 1000

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Taglio	
	Muro: PALI 1000 Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.544	0
-0.205	1.633	0
-0.41	2.722	0
-0.615	3.811	0
-0.82	4.9	0
-1.025	6.167	0
-1.23	7.701	0
-1.435	9.5	0
-1.64	11.567	0
-1.845	13.899	0
-2.05	16.499	0
-2.255	19.364	0
-2.46	22.496	0
-2.665	25.895	0
-2.87	29.559	0
-3.075	33.491	0
-3.28	37.689	0
-3.485	42.153	0
-3.69	46.883	0
-3.895	51.88	0
-4.1	57.144	0
-4.305	62.379	0.635
-4.51	62.379	1.488
-4.715	61.148	2.227
-4.92	56.979	2.856
-5.125	49.872	3.426
-5.33	40.825	3.883
-5.535	30.375	4.236
-5.74	18.205	6.001
-5.945	5.803	11.513
-6.15	0	16.849
-6.355	0	26.118
-6.56	0	34.771
-6.765	0	42.495
-6.97	0	49.306
-7.175	0	55.218
-7.38	0	60.245
-7.585	0	64.399
-7.79	0	67.689
-7.995	0	69.711
-8.2	0	69.711
-8.405	0	68.385
-8.61	0	63.617
-8.815	0	55.535
-9.02	0	44.453
-9.225	0	30.776
-9.43	0	14.508
-9.5	0	3.547

## Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

PROGETTAZIONE ATI:

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva	
				%	
NTC2018: A2+M2+R1	Fase 1: installazione	1ord a -2.0m	Left Wall	LEFT	9.91
NTC2018: SISMICA STR	sisma		Left Wall	RIGHT	40.45

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%
NTC2018: SISMICA STR	sisma	Left Wall	LEFT	122.82
NTC2018: A2+M2+R1	Fase 1: installazione 1ord a -2.0m	Left Wall	RIGHT	326.36

## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Fase 0: conizione geostatica	Fase 1: installazione 1ord a -2.0m	Fase 2: attivazione 1ord a -2.0m	Fase 3: scavo a 4,5m	Fase 4: quota prog. sisma def. -4.5m	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1		V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3		V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1		V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2		V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR		V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO		V	V	V	V	V

## Risultati Caver

**Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT**

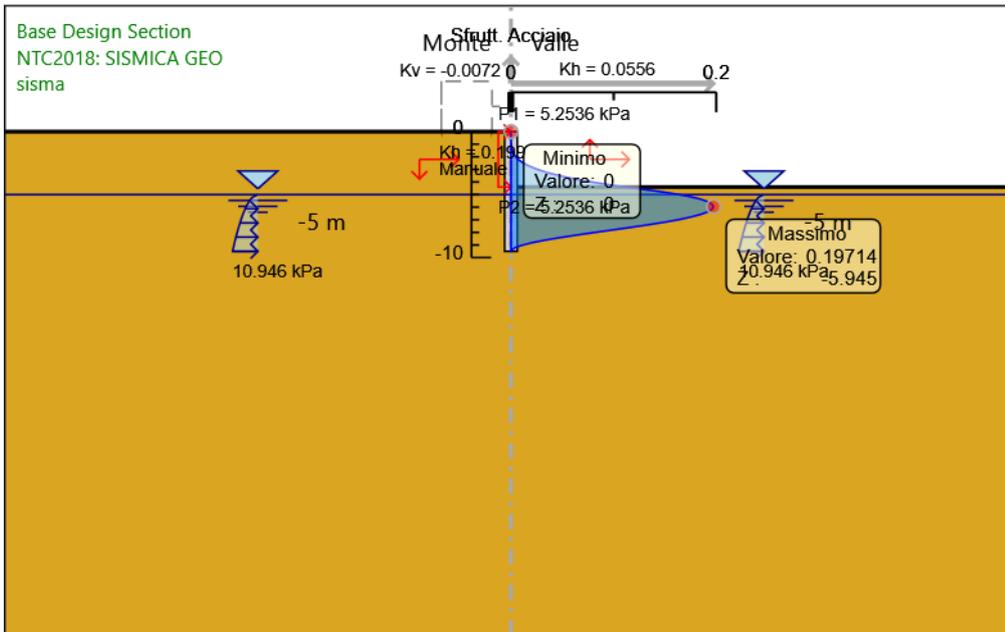
Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
0	0
-0.2	0
-0.41	0
-0.62	0
-0.82	0
-1.02	0
-1.23	0.001
-1.44	0.001
-1.64	0.002
-1.84	0.003
-2.05	0.006
-2.26	0.008
-2.46	0.012
-2.66	0.017
-2.87	0.023
-3.08	0.03
-3.28	0.039
-3.48	0.05
-3.69	0.062
-3.9	0.076
-4.1	0.092
-4.3	0.11
-4.51	0.13
-4.71	0.15
-4.92	0.169
-5.12	0.183
-5.33	0.195
-5.53	0.203
-5.74	0.208
-5.94	0.21
-6.15	0.208
-6.35	0.204
-6.56	0.197
-6.76	0.187
-6.97	0.175
-7.17	0.16
-7.38	0.143
-7.58	0.125
-7.79	0.106
-7.99	0.087
-8.2	0.069
-8.4	0.051
-8.61	0.036
-8.81	0.022
-9.02	0.011
-9.22	0.004
-9.43	0
-9.5	0



### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
0	0	
-0.2	0	
-0.41	0	
-0.62	0	
-0.82	0	
-1.02	0	
-1.23	0.001	
-1.44	0.001	
-1.64	0.002	
-1.84	0.003	
-2.05	0.005	
-2.26	0.008	
-2.46	0.011	
-2.66	0.016	
-2.87	0.022	
-3.08	0.029	
-3.28	0.037	
-3.48	0.047	
-3.69	0.058	
-3.9	0.071	
-4.1	0.086	
-4.3	0.103	
-4.51	0.123	
-4.71	0.141	
-4.92	0.159	
-5.12	0.173	
-5.33	0.183	
-5.53	0.191	
-5.74	0.196	
-5.94	0.197	
-6.15	0.196	
-6.35	0.192	
-6.56	0.185	
-6.76	0.176	
-6.97	0.164	
-7.17	0.151	
-7.38	0.135	
-7.58	0.118	
-7.79	0.1	
-7.99	0.082	
-8.2	0.065	
-8.4	0.048	
-8.61	0.033	
-8.81	0.021	
-9.02	0.011	
-9.22	0.004	
-9.43	0	
-9.5	0	

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver**

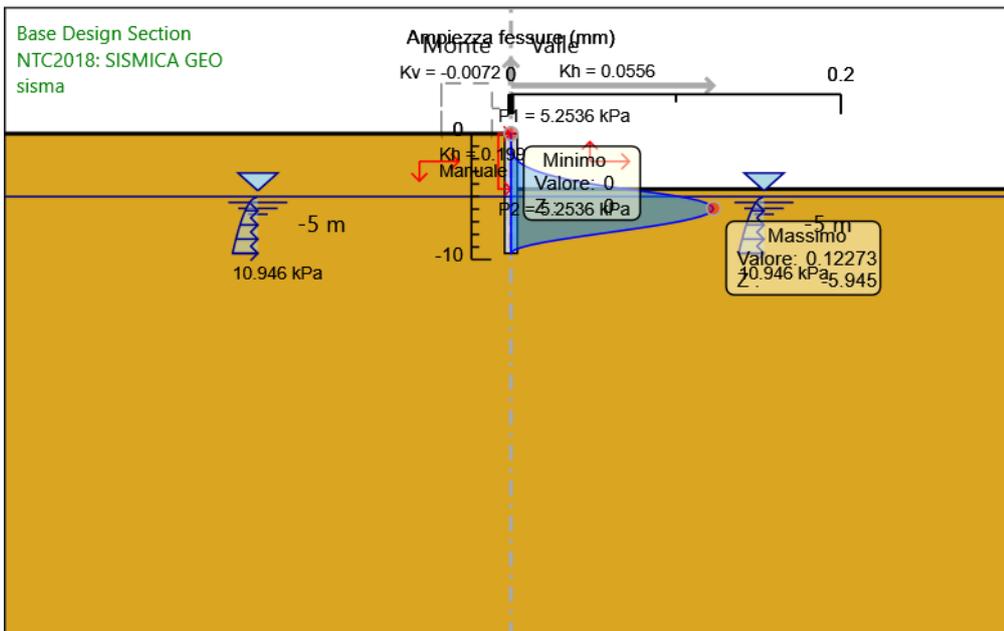


Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

### Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
0	0
-0.2	0
-0.41	0
-0.62	0
-0.82	0
-1.02	0
-1.23	0
-1.44	0.001
-1.64	0.001
-1.84	0.002
-2.05	0.003
-2.26	0.005
-2.46	0.007
-2.66	0.01
-2.87	0.014
-3.08	0.018
-3.28	0.023
-3.48	0.029
-3.69	0.036
-3.9	0.044
-4.1	0.054
-4.3	0.064
-4.51	0.076
-4.71	0.088
-4.92	0.099
-5.12	0.107
-5.33	0.114
-5.53	0.119
-5.74	0.122
-5.94	0.123
-6.15	0.122
-6.35	0.119
-6.56	0.115
-6.76	0.11
-6.97	0.102
-7.17	0.094
-7.38	0.084
-7.58	0.073
-7.79	0.062
-7.99	0.051
-8.2	0.04
-8.4	0.03
-8.61	0.021
-8.81	0.013
-9.02	0.007
-9.22	0.002
-9.43	0
-9.5	0

### Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver

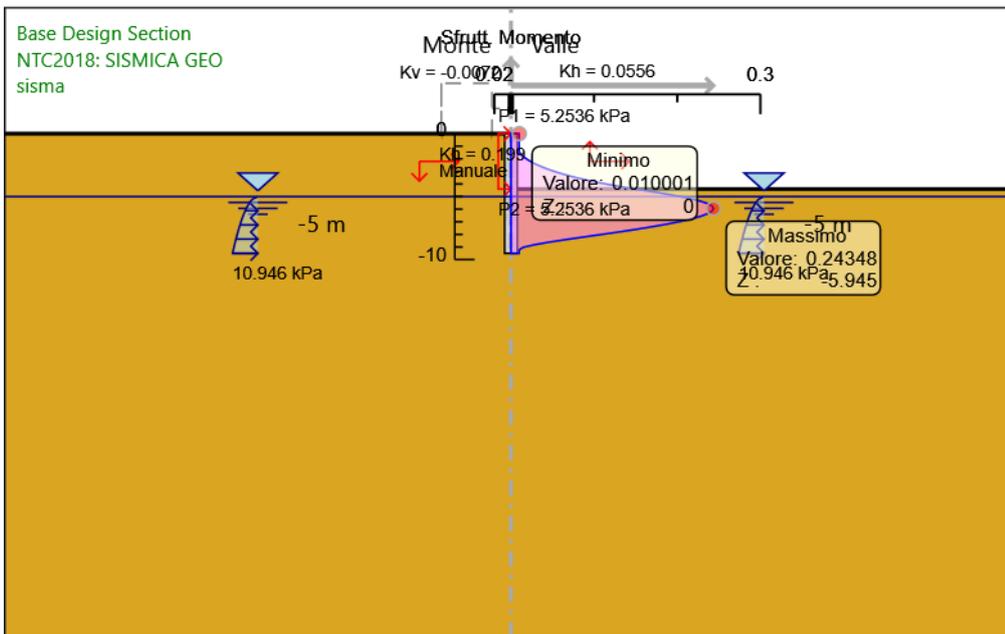


Involuppi  
Apertura Fessure - Caver

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - Cover
0	0.01
-0.2	0.01
-0.41	0.01
-0.62	0.01
-0.82	0.01
-1.02	0.01
-1.23	0.01
-1.44	0.01
-1.64	0.012
-1.84	0.015
-2.05	0.02
-2.26	0.025
-2.46	0.031
-2.66	0.038
-2.87	0.046
-3.08	0.056
-3.28	0.066
-3.48	0.078
-3.69	0.091
-3.9	0.106
-4.1	0.123
-4.3	0.141
-4.51	0.16
-4.71	0.18
-4.92	0.198
-5.12	0.213
-5.33	0.226
-5.53	0.236
-5.74	0.242
-5.94	0.243
-6.15	0.242
-6.35	0.236
-6.56	0.228
-6.76	0.217
-6.97	0.204
-7.17	0.188
-7.38	0.171
-7.58	0.152
-7.79	0.131
-7.99	0.11
-8.2	0.088
-8.4	0.066
-8.61	0.046
-8.81	0.029
-9.02	0.015
-9.22	0.01
-9.43	0.01
-9.5	0.01

**Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover**

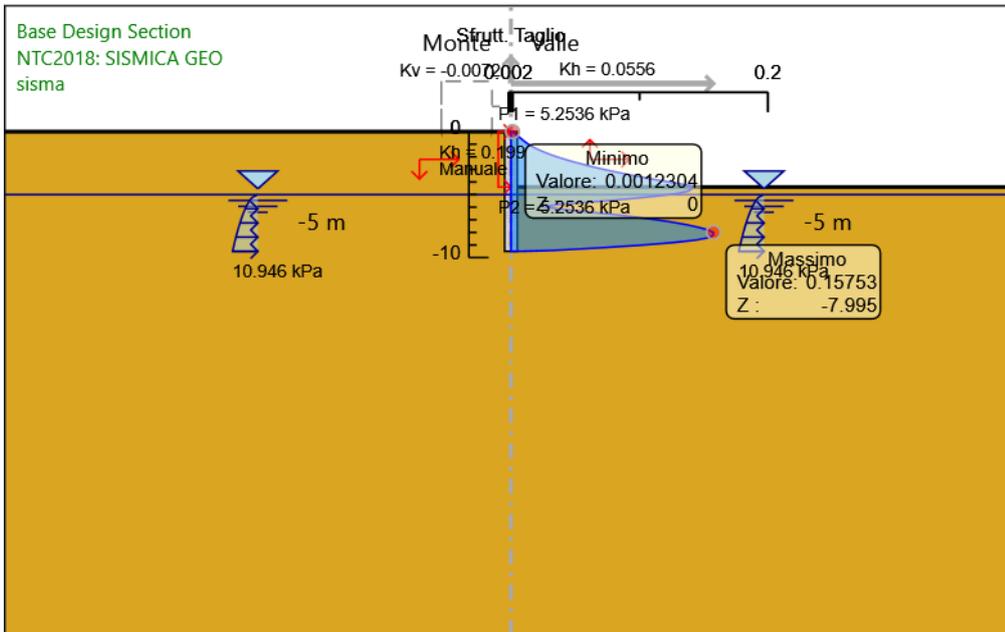


Inviluppi  
Tasso di Sfruttamento M-N - Cover

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Cover
0	0.001
-0.2	0.004
-0.41	0.006
-0.62	0.009
-0.82	0.011
-1.02	0.014
-1.23	0.017
-1.44	0.021
-1.64	0.026
-1.84	0.031
-2.05	0.037
-2.26	0.044
-2.46	0.051
-2.66	0.059
-2.87	0.067
-3.08	0.076
-3.28	0.085
-3.48	0.095
-3.69	0.106
-3.9	0.117
-4.1	0.129
-4.3	0.141
-4.51	0.141
-4.71	0.138
-4.92	0.129
-5.12	0.113
-5.33	0.092
-5.53	0.069
-5.74	0.041
-5.94	0.026
-6.15	0.038
-6.35	0.059
-6.56	0.079
-6.76	0.096
-6.97	0.111
-7.17	0.125
-7.38	0.136
-7.58	0.146
-7.79	0.153
-7.99	0.158
-8.2	0.158
-8.4	0.155
-8.61	0.144
-8.81	0.125
-9.02	0.1
-9.22	0.07
-9.43	0.033
-9.5	0.008

**Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver**

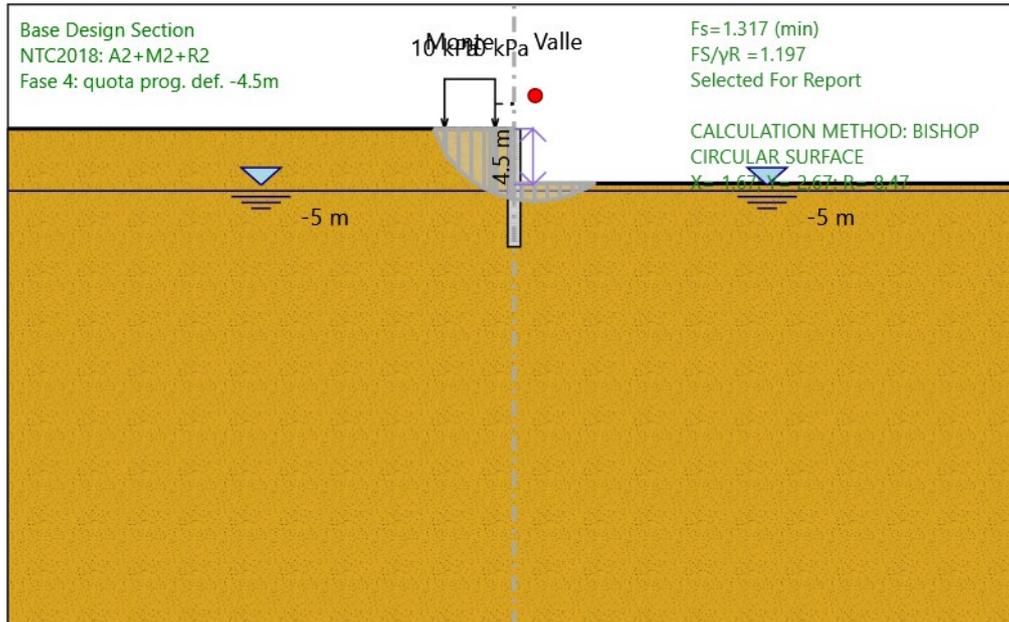


Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

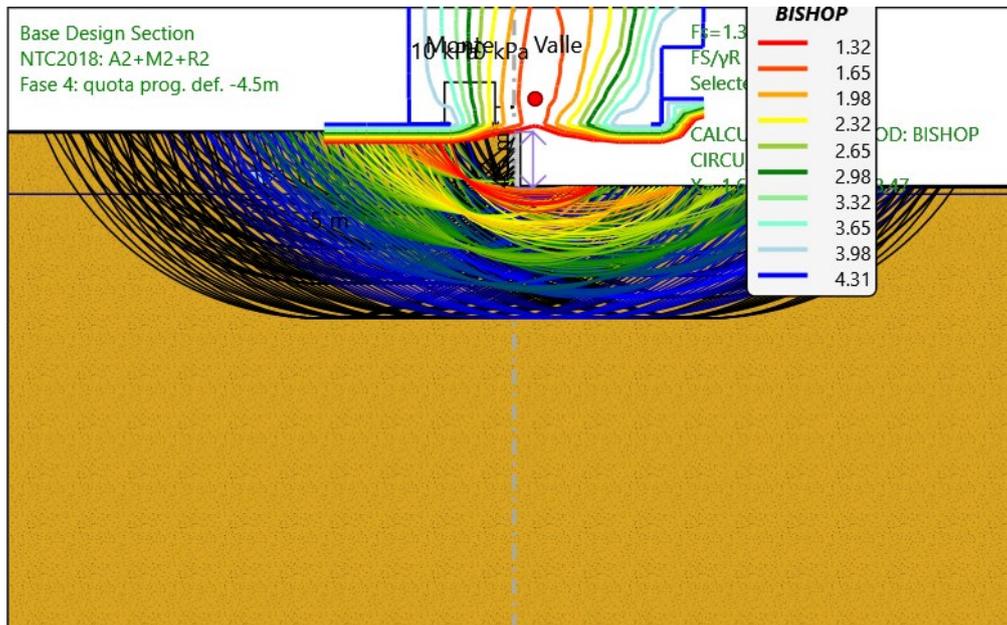
PROGETTAZIONE ATI:

## Fasi di Calcolo

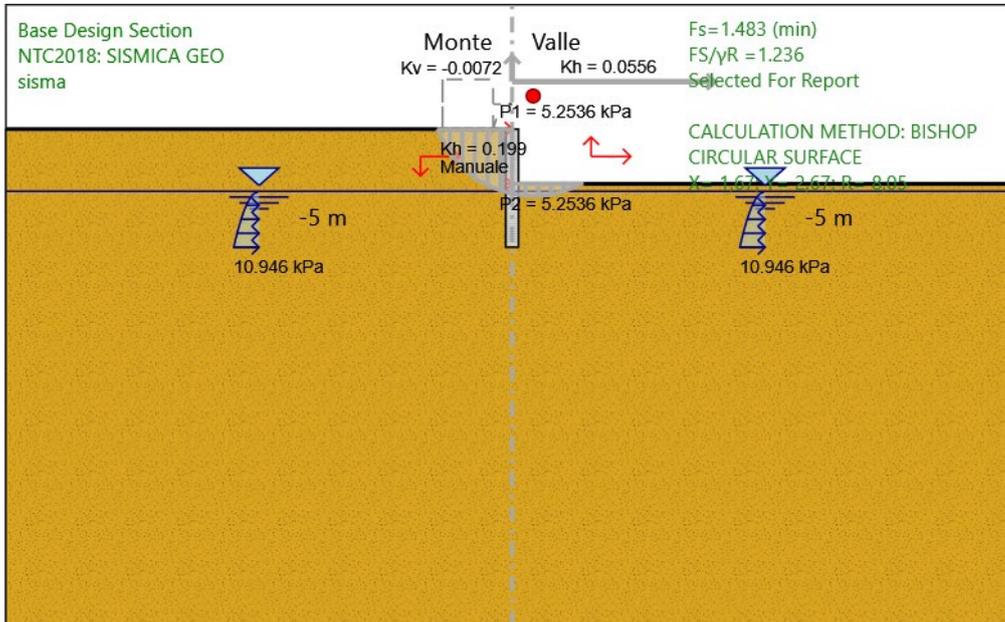
Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Fase 4:  
quota prog. def. -4.5m



**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Fase 4: quota prog. def. -4.5m**



**Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage: sisma**



**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage: sisma**

