

STRADA STATALE 4 “VIA SALARIA”
Adeguamento della piattaforma stradale e messa in
sicurezza dal km 56+000 al km 64+000
Stralcio 1 da pk 0+000 a pk 1+900

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **RM 368**

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGER S.p.A. (capogruppo mandataria)
 PROGIN S.p.A.
 S.I.N.A. S.p.A. – BRENG S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
 Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli n. 23799

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



IL GEOLOGO:
 Dott. Geol. Gianluca PANDOLFI ELMI (Progin S.p.A.)
 Ordine dei Geologi Regione Umbria n. 467

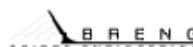


Direttore Tecnico:
 Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
 Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
 Dott. Ing. Paolo NARDOCCI



PROTOCOLLO

DATA

_____ 202_

PROGETTO OPERE D'ARTE MINORI

Relazione tecnica e di calcolo Paratia – OS04

CODICE PROGETTO

D P R M 3 6 8 E 2 3

NOME FILE
 T01OS04STRRE01C

CODICE
 ELAB.

T 0 1 O S 0 4 S T R R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

C

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C	Emissione a seguito di validazione e istruttoria ANAS	01-2024	M. Piccolo	P. Valente	L. Infante
B	Emissione a seguito istruttoria ANAS	06-2023	M. Piccolo	P. Valente	L. Infante
A	Prima emissione	12-2022	M. Piccolo	P. Valente	L. Infante

Indice

1	PREMESSA	1
1.1	Descrizione dell'opera	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2.1	Elaborati di riferimento.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
3.1	Classe di esposizione e copriferri.....	5
3.2	Calcestruzzo per cordoli e pali (C32/40).....	6
3.3	Acciaio per barre d'armatura (B450C)	6
3.4	Acciaio da carpenteria (S275)	6
3.5	Acciaio pe trefoli	7
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	8
4.1	Unità Geotecniche	8
4.2	Parametri geotecnici caratteristici di progetto.....	8
4.3	Stratigrafia di progetto.....	10
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	12
6	CRITERI DI PROGETTAZIONE AI SENSI DEL D.M. 17-01-2018	13
6.1	METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO	13
7	CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI	20
7.1	VERIFICHE STRUTTURALI C.A. - SLU	20
7.1.1	Pressoflessione	20
7.1.2	Taglio.....	21
7.2	VERIFICHE STRUTTURALI C.A. - SLE.....	22
7.2.1	Verifiche tensionali	22
7.2.2	Verifiche a fessurazione	22
7.3	VERIFICHE DEI SISTEMI DI ANCORAGGIO	23

7.3.1	Raggiungimento della resistenza strutturale in uno o più ancoraggi.....	23
7.3.2	Verifica allo sfilamento dei tiranti	23
7.3.1	Prove di progetto su ancoraggi preliminari	25
7.3.2	Prove di carico in corso d'opera sugli ancoraggi.....	25
8	CRITERI GENERALI DI MODELLAZIONE ADOTTATI	26
8.1	Generalità	26
8.2	Metodologie di calcolo	26
8.3	Spinte dei terreni in fase statica.....	28
8.4	Coefficienti sismici.....	30
8.5	Sovraspinte del terreno in fase sismica	31
8.6	Effetti dell'azione sismica sulla falda.....	31
8.7	Combinazioni di carico	32
9	ANALISI E VERIFICHE TIPOLOGICO "A".....	33
9.1	Modello di calcolo.....	33
9.2	Spostamenti orizzontali (combinazione SLE)	34
9.3	Sollecitazioni Momento flettente e Taglio (involuppo SLU/SLV - STR)	35
9.4	Verifiche geotecniche (combinazione SLU/SLV - GEO).....	36
9.5	Verifiche strutturali pali (involuppo SLU/SLE - STR)	37
9.6	Verifiche tiranti e travi di ripartizione (combinazione SLU/SLV - STR).....	40
9.7	Verifiche cordolo (combinazione SLU/SLV - STR)	42
9.8	Verifiche stabilità globale (combinazione SLU/SLV - GEO).....	44
10	ANALISI E VERIFICHE TIPOLOGICO "B".....	46
10.1	Modello di calcolo.....	46
10.2	Spostamenti orizzontali (combinazione SLE)	47
10.3	Sollecitazioni Momento flettente e Taglio (involuppo SLU/SLV - STR)	48
10.4	Verifiche geotecniche (combinazione SLU/SLV - GEO).....	49
10.5	Verifiche strutturali pali (involuppo SLU/SLE - STR)	50

10.6	Verifiche cordolo (combinazione SLU/SLV – STR)	53
10.7	Verifiche stabilità globale (combinazione SLU/SLV – GEO).....	55
11	<i>ANALISI E VERIFICHE TIPOLOGICO “C”</i>	57
11.1	Modello di calcolo.....	57
11.2	Spostamenti orizzontali (combinazione SLE)	58
11.3	Sollecitazioni Momento flettente e Taglio (involuppo SLU/SLV - STR)	59
11.4	Verifiche geotecniche (combinazione SLU/SLV - GEO).....	60
11.5	Verifiche strutturali pali (involuppo SLU/SLE - STR)	61
11.6	Verifiche cordolo (combinazione SLU/SLV – STR)	64
11.7	Verifiche stabilità globale (combinazione SLU/SLV – GEO).....	66
12	<i>TABULATI DI CALCOLO</i>	69
12.1	Tipologico “A”	69
12.2	Tipologico “B”	134
12.3	Tipologico “C”	190

1 PREMESSA

Nell'ambito della progettazione esecutiva dell'intervento "Strada Statale 4 via Salaria: adeguamento della piattaforma stradale e messa in sicurezza dal km 56+000 al km 64+000", è prevista la realizzazione delle opere di sostegno necessarie al potenziamento della strada statale S.S.4 "Via Salaria" mediante l'adeguamento della piattaforma esistente ad una piattaforma assimilabile, per caratteristiche tecniche, alla cat. B.

In particolare la presente relazione di calcolo riguarda il dimensionamento e la verifica della paratia di pali OS04 che si sviluppa tra la pk 0+391 e la pk 0+503.

1.1 Descrizione dell'opera

L'opera di sostegno OS04, oggetto della presente relazione si sviluppa tra la pk 0+391 e la pk 0+503 ed è stata progettata e dimensionata considerando le sezioni tipologiche più gravose lungo il suo sviluppo. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa con l'indicazione dei Tipologici individuati in funzione dell'altezza massima di scavo e dei rispettivi dimensionamenti.

Tabella 1 – Tipologici OS04

Tipologico	Elemento	Lunghezza [m]	Diametro [m]	Interasse pali/tiranti [m]	Armatura pali Info tiranti	Travi di Ripartizione
A H.max = 9,50m (9,00m + 0,50m)*	Pali	14	0,80	1,00	Acciaio B450C - 18φ18 St. φ10/20cm	-
	Tirante n. 1 (0,5m)	L.lib 11m - L.bulbo 6m	0,20	3,00	α=15° - 3 Trefoli 0,6"	-
B H.max = 6,50m (6,00m + 0,50m)*	Pali	14	0,80	1,00	Acciaio B450C - 18φ22 St. φ10/20cm	-
C H.max = 5,00m (4,50m + 0,50m)*	Pali	10	0,60	0,80	Acciaio B450C - 18φ18 St. φ10/20cm	-

(*): l'altezza massima di scavo è stata incrementata di 0,50m come previsto dal 6.5.2.2 delle NTC 2018

Di seguito si riporta il profilo longitudinale e le sezioni trasversali dei suddetti Tipologici:

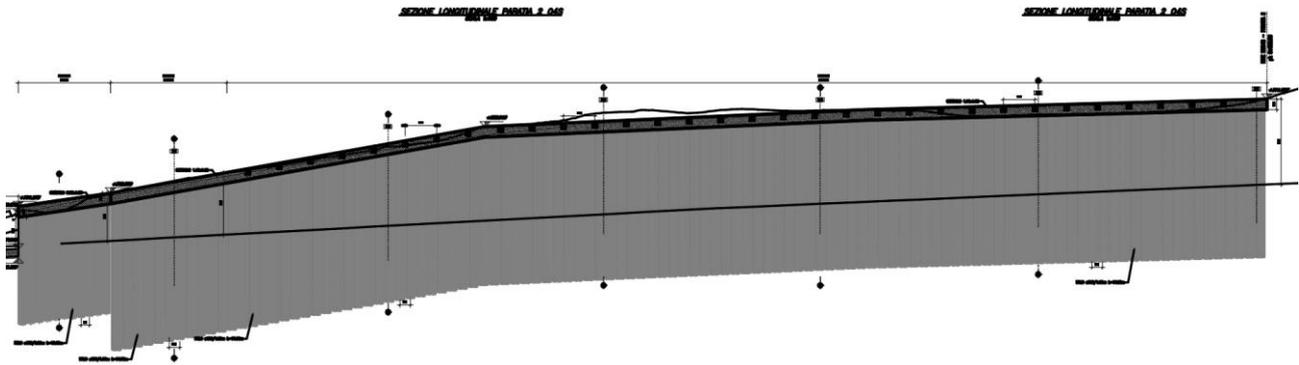
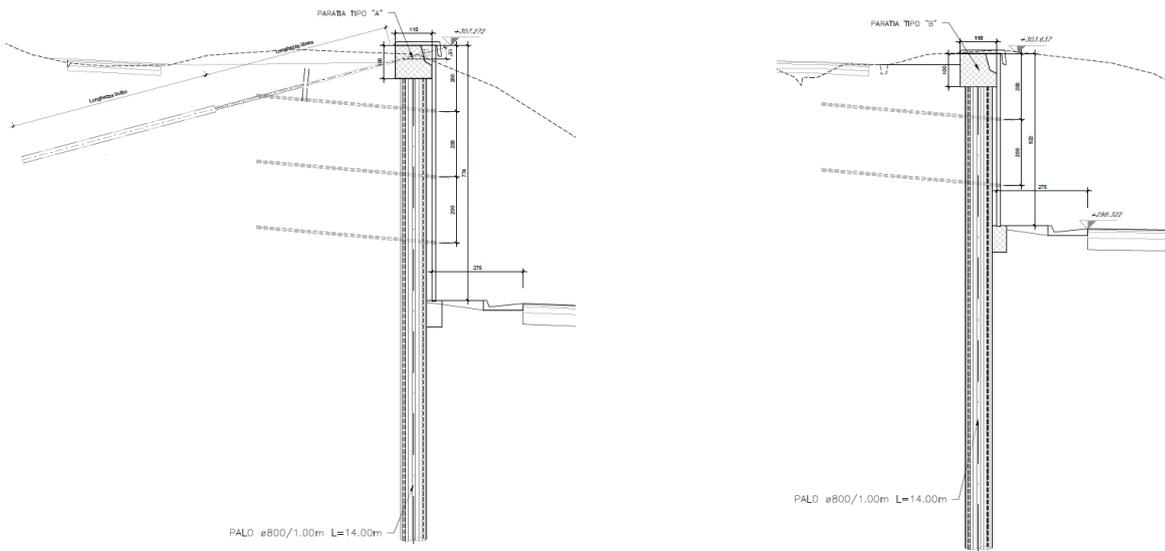


Figura 1 – Profilo longitudinale Paratia OS04



2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- D.M. 17 gennaio 2018 - *Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)*;
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018*;
- UNI EN 1992-1-1 - *Progettazione delle strutture di calcestruzzo*;
- UNI EN 206-1-2001 - *Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità*.
- UNI 11104_2016: *Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1*
- Decreto Protezione Civile 21 ottobre 2003: Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- OPCM 20 marzo 2003 n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- OPCM 3 maggio 2005 n. 3431: Ulteriori modifiche ed integrazioni dell'ordinanza del Presidente del consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- OPCM 8 luglio 2004 n. 3362: Modalità di attivazione del Fondo per investimenti straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri istituito ai sensi dell'art. 32-bis del decreto legge 30 settembre 2003 n. 269 convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003 n. 326.
- OPCM 28 aprile 2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss. mm. ii..
- Raccomandazioni AGI (1977);
- Modalità Tecniche ANISG (1977).
- Quaderni tecnici ANAS

2.1 Elaborati di riferimento

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

CODICE ELABORATI									ELABORATI	SCALA	
T	0	1	OS	0	3	STR	PF	0	1	Pianta e sviluppata – tav.1	Varie
T	0	1	OS	0	3	STR	PF	0	2	Pianta e sviluppata – tav.2	Varie
T	0	1	OS	0	3	STR	PF	0	3	Pianta e sviluppata – tav.3	Varie
T	0	1	OS	0	3	STR	SZ	0	1	Sezioni Trasversali – tav.1	Varie
T	0	1	OS	0	3	STR	SZ	0	2	Sezioni Trasversali – tav.2	Varie
T	0	1	OS	0	3	STR	SZ	0	3	Sezioni Trasversali – tav.3	Varie
T	0	1	OS	0	3	STR	SZ	0	4	Sezioni Trasversali – tav.4	Varie
T	0	1	OS	0	3	STR	SZ	0	5	Sezioni Trasversali – tav.5	Varie
T	0	1	GE	0	2	GEO	RE	0	1	Relazione geotecnica generale	Varie
T	0	1	GE	0	2	GEO	FG	0	1	Profilo geotecnico parte1	Varie
T	0	1	GE	0	2	GEO	FG	0	2	Profilo geotecnico parte2	Varie

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione delle strutture oggetto di calcolo nell'ambito del presente documento:

3.1 Classe di esposizione e copriferri

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI EN 206:2014, si definiscono di seguito le classi di esposizione del calcestruzzo delle diverse parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

- Cordoli: XC4 – XD1;
- Pali: XC2 – XA2.

PROSPETTO 1 - UNI 11104:2016			PROSPETTO 1 - UNI 11104:2016		
CLASSI DI ESPOSIZIONE			CLASSI DI ESPOSIZIONE		
Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono corrispondere le classi di esposizione	Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono corrispondere le classi di esposizione
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco					
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove ci gelo e disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: ambiente molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo e attacco chimico.	4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Nel caso in cui il calcestruzzo armato o con inserti metallici sia esposto ai cloruri dell'acqua di mare o a sostanze trasportate dall'acqua, l'esposizione deve essere classificata come segue:					
XS1	Acqua che trasporta sostanze marine in assenza di contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo per strutture in zone costiere.	XS2	Acqua di mare.	Calcestruzzo di parti di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Acque soggette a mare, moto ondoso, spruzzi di acqua di mare.	Calcestruzzo di opere portuali, per esempio banchine, moli, pontili. Calcestruzzo di opere di difesa marittima, per esempio barriere frangiflutti, dighe foranee.	5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti		
Nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto ad un significativo attacco da cicli di gelo/disgelo, purché bagnato, l'esposizione deve essere classificata come segue:					
XF1	Condizioni che determinano una moderata saturazione del calcestruzzo, in assenza di agente disgelante.	Calcestruzzo di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo.	XF2	Condizioni che determinano una moderata saturazione del calcestruzzo, in presenza di agente disgelante.	Calcestruzzo di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo in presenza di sali disgelanti, per esempio opere stradali esposte al gelo in presenza di sali disgelanti trasportati dall'aria.
XF3	Condizioni che determinano una elevata saturazione del calcestruzzo, in assenza di agente disgelante.	Calcestruzzo di elementi orizzontali in edifici dove possono aver luogo accumuli d'acqua.	XF4	Condizioni che determinano una elevata saturazione del calcestruzzo con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Calcestruzzo di elementi orizzontali, di strade o pavimentazioni, esposti al gelo ed ai sali disgelanti oppure esposti al gelo in zone costiere.
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare					
Nel caso in cui il calcestruzzo armato o con inserti metallici sia esposto ad acqua contenente cloruri da origini diverse da quelle dell'acqua di mare, inclusi i sali disgelanti, l'esposizione deve essere classificata come segue:					
XD1	Moderata umidità dell'aria.	Calcestruzzo esposto all'azione aggressiva dei cloruri trasportati dall'aria per esempio derivanti dall'uso di sali disgelanti. Per esempio impalcati da ponti, viadotti e barriere stradali.	6 Attacco chimico*		
XD2	Privilegiatamente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco.	Calcestruzzo per impianti di trattamento acqua e esposti ad acque contenenti cloruri, per esempio acque industriali o piscine.	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo.	Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014.
XD3	Ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua.	Calcestruzzo esposto a spruzzi di soluzioni di cloruri, per esempio derivanti da sali disgelanti. Per esempio su impalcati da ponti, viadotti e barriere stradali. Calcestruzzo di opere accessorie stradali (muri di sostegno), parti di ponti, pavimentazioni stradali o industriali o di parcheggi.	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo.	Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014.
			XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo.	Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014.
* Acqua reflua con caratteristiche chimiche nei limiti indicati nel prospetto 2 della UNI EN 206:2014 e prove di alto aggressivo chimico sono classificate con le classi di esposizione per l'attacco chimico da parte delle acque del terreno. L'acqua di mare per quanto riguarda l'attacco chimico è da considerare un ambiente moderatamente aggressivo.					

Classi di esposizione secondo norma UNI – EN 206-2016

La determinazione delle classi di resistenza dei conglomerati, di cui ai successivi paragrafi, sono state inoltre determinate tenendo conto delle classi minime stabilite dalla stessa norma UNI-EN 11104:2016, di cui alla successiva tabella:

PROSPETTO 5 UNI 11104:2016	CLASSI DI ESPOSIZIONE																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
							Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C32/40	C30/37	C32/40	C35/45	
Minimo contenuto in cemento (Kg/m ³) (d)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	360	320	340	360	360	320	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)												(e)	4,0 (e)						
Altri requisiti						È richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						È richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente soffici nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai soffici (e)			

(a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390-9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7067 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con D_{max} > 20mm; per D_{max} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per D_{max} tra 12mm e 16 mm).

(b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

(c) Cementi resistenti ai soffici sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base razionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai soffici in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza sofficata. La classe di resistenza sofficata del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

(d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – 11104

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura, tengono infine conto inoltre delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della circolare esplicativa alle NTC2018; si è in particolare previsto di adottare i seguenti Copriferri minimi espressi in mm

- Cordoli e pali: 60 mm

3.2 Calcestruzzo per cordoli e pali (C32/40)

Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg:		R_{ck}= 40	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica a 28 gg:	(0,83*R _{ck})	f_{ck}= 33.20	MPa
Resistenza a compressione cilindrica media:	(f _{ck} +8)	f_{cm}= 41.20	MPa
Valore medio resistenza a trazione assiale:		f_{ctm}= 3.10	MPa
Valore caratteristico frattile 5% resistenza a trazione assiale:		f_{ctk,0,05}= 2.17	MPa
Valore medio resistenza a trazione per flessione:		f_{ctm}= 3.72	MPa
**Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:		γ_c= 1.5	[-]
Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:	(0,85*f _{ck} /γ _c)	f_{cd}= 18.81	MPa
Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:	(f _{ctk 0,05} / γ _s)	f_{ctd}= 1.45	MPa
*Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:	(1,2*f _{ctd})	f_{ctd f}= 1.74	MPa
Modulo di elasticità secante:		E_{cm}= 33643	MPa
Modulo di Poisson:		ν= 0-0,2	[-]
Coefficiente di dilatazione lineare		α= 0.00001	°C ⁻¹
*Tensione massima ammissibile nella comb. Quasi Permanente	σ_{cmax QP} = (0,45 f_{ck}) =	14.94	MPa
*Tensione massima ammissibile nella comb. Caratteristica -Rara	σ_{cmax R} = (0,60 f_{ck}) =	19.92	MPa

**Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

*Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valori vanno ridotti del 20%

3.3 Acciaio per barre d'armatura (B450C)

Tipologia		B450C	
Resistenza caratteristica a snervamento	f _{yk}	450	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	γ _c	1.15	
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd}	391.3	MPa
Modulo elastico longitudinale	E _{cm}	210000	MPa

Tensione massima per la verifica agli SLE σ_{s max}=(0,80 f_{yk}) = 360 MPa
 Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)

3.4 Acciaio da carpenteria (S275)

Tipologia		S355	
Resistenza caratteristica a snervamento	f _{yk}	355	MPa

Resistenza caratteristica a rottura	f_{tk}	430	MPa
-------------------------------------	----------	-----	-----

3.5 Acciaio pe trefoli

Tensione caratteristica di rottura:	f_{ptk}	1860	MPa
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale:	$f_{p(1)k}$	1670	MPa
Allungamento sotto carico massimo:	A_{gt}	3.50	%
Modulo di Elasticità:	E_s	210000	MPa
Coefficienti parziale per le verifiche agli SLU:	γ_s	1.15	-
Resistenza di Calcolo	$f_{yd} = f_{p(1)k} / \gamma_s$	1452	MPa

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel presente capitolo si riportano le principali unità geotecniche presenti lungo la linea ed a seguire i parametri geotecnici di progetto secondo quanto riportato nella relazione geotecnica generale alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

4.1 Unità Geotecniche

Unità Ra - riporto antropico

Unità ec (limo sabbioso argilloso)

Unità AL (argilla limosa)

Unità GS (ghiaia sabbiosa)

Unità MS (conglomerati)

Unità SR / SB (calcari marnosi)

Unità SRa (calcari marnosi alterati litoidi)

Unità OB (calcareniti)

4.2 Parametri geotecnici caratteristici di progetto

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte tenendo conto di quanto risultante nel profilo geologico e di.

Unità Ra - riporto antropico

$\gamma = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 250 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni

Unità ec (limo sabbioso argilloso)

$\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 26 \div 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 175 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 200 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni

Unità AL (argilla limosa)

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 26 \div 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 75 \div 200 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 150 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni

Unità GS (ghiaia sabbiosa)

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 35 \div 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 350 \div 600 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni

Unità MS (conglomerati)

$\gamma = 19.0 \div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 35 \div 42^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 400 \div 800 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni

Unità SR / SB (calcarei marnosi)

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\sigma_c = 21 \div 93 \text{ MPa}$	resistenza a compressione monoassiale
$\sigma_{c,media} = 49 \text{ MPa}$	resistenza a compressione monoassiale media
$\sigma_{c,10\%} = 30 \text{ MPa}$	resistenza a compressione monoassiale decimo percentile
Parametri di resistenza per le fondazioni dirette:	
$c' = 40 \div 60 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio

Unità SRa (calcarei marnosi alterati litoidi)

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 40 \div 50 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E = 900 \text{ MPa}$	modulo di deformazione

Unità OB (calcareniti)

$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 20\div 40 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 24\div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E = 75 \text{ MPa}$	modulo di deformazione operativo
$\sigma_c = 4 \text{ MPa}$	resistenza a compressione monoassiale

Il livello di falda di progetto per le opere è indicato nel profilo stratigrafico e nelle sezioni geotecniche. I moduli di deformabilità "operativi" da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni ($E_{op1'}$), saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale (E_o): $E_{op1'} = E_o / 5$.

4.3 Stratigrafia di progetto

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte tenendo conto di quanto risultante nel profilo geologico con particolare riferimento alla sezione 18, e dalla caratterizzazione dei litotipi riportati nella relazione geotecnica generale.

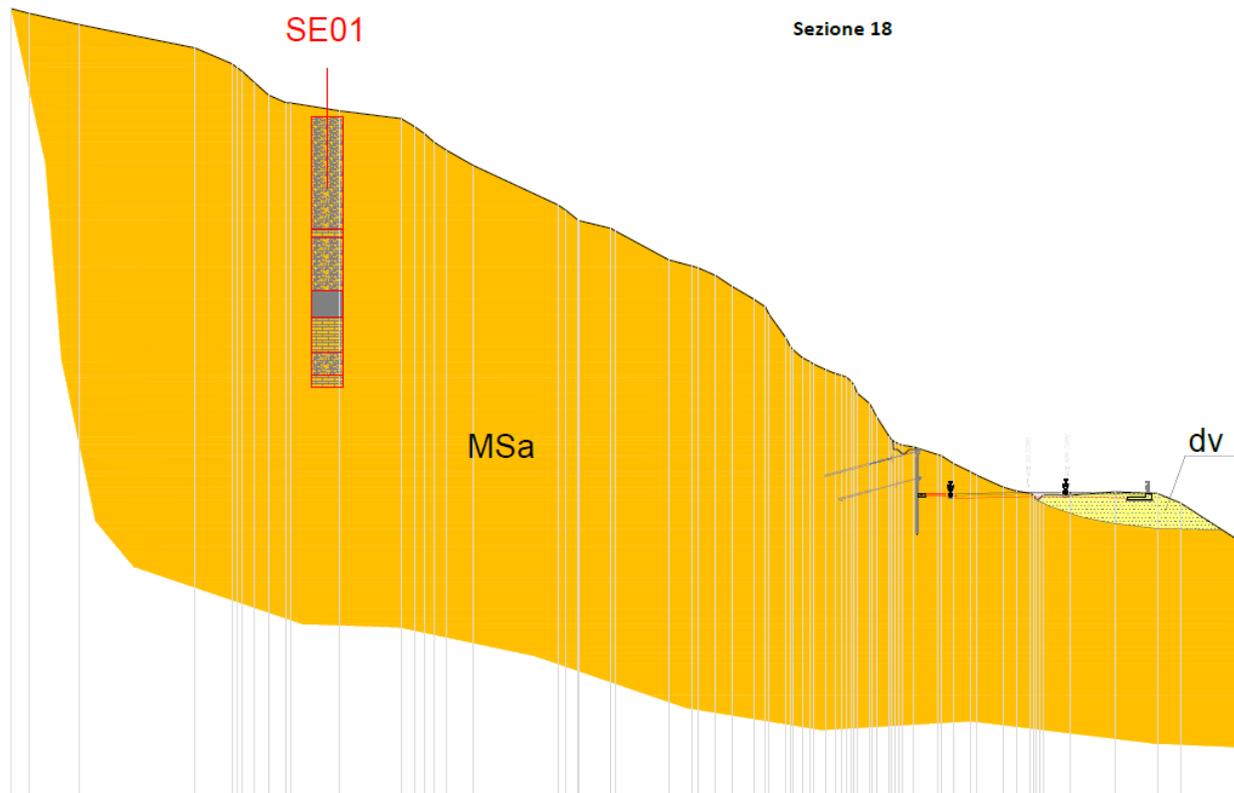


Figura 2 – Sezione geologica n.18

In relazione all'ubicazione dell'opera, e alle quote di approfondimento della testa delle paratie, si sono considerati tali terreni ed i relativi parametri geotecnici:

Unità MS (conglomerati)

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E' = 70 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo
$E_{ur} = 1.6 \cdot 70 = 112 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico di ricarica

La falda è stata assunta a circa -4.50 m rispetto alla quota della livelletta di progetto, quest'ultima coincide con la quota di fondo scavo. Tale quota di falda è stata considerata nei modelli di analisi.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN pari a 50 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso IV ("Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.") ai sensi del D. Min. 17/01/2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU = 2.0.

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_C^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. L'area di studio è indicativamente ubicata alle coordinate (WGS84) Lat: 42.242518° Long: 12.826850°.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica. Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

Vita nominale VN	= 50 anni;
Classe d'uso	= IV;
Coefficiente d'uso Cu	= 2.0;
Periodo di riferimento VR	= 100 anni;
TR,SLV	= 949 anni;

I parametri di progetto utilizzati per la valutazione degli spettri di risposta sono riepilogati di seguito..

a_g,SLV	= 0.207 g;
F_0,SLV	= 2.481;
T_c^*,SLV	= 0.34 sec.

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è infine costruito a partire dai parametri seguenti.

Categoria di suolo	= B;
Categoria topografica	= T2;
Ss, fattore stratigrafico	= 1.19;
ST, fattore topografico	= 1.00 (T2 ma condizioni tali da non comportare amplificazione sismica);

Cc, fattore correttivo del periodo TC* = 1.37.

6 CRITERI DI PROGETTAZIONE AI SENSI DEL D.M. 17-01-2018

Nel presente paragrafo sono riportate alcune indicazioni salienti della Normativa riguardanti criteri generali di progettazione delle opere strutturali e geotecniche, oltre a specifiche da adottare per il caso delle Paratie di Sostegno.

6.1 METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dal DM 17/01/18, con i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. La normativa distingue inoltre tra Stati Limite Ultimi e Stati Limite di Esercizio.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale: $R_d \geq E_d$. Dove:

R_d è la resistenza di progetto

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

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni,

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

oppure

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$, associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 del DM 17.01.18, la verifica della condizione $R_d \geq E_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

A1+M1+R1

A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

- EQU perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.

- STR raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.
- GEO raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;
- UPL perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).
- HYD erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I del DM 17.01.18 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qk}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_{Qk} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al § 2.5.3 del DM 17.01.18, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa, di seguito riportati per completezza:

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

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

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_s .

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali $M1/M2$ da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto come già illustrati al paragrafo precedente:

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

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

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme opere-terreno con esse interagenti da effettuare caso per caso in funzione del tipo di opera (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc..)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni nella Tab 6.2.I di seguito riportata:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

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

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

Nell'ambito delle Analisi di seguito esposte, si è fatto riferimento nella fattispecie all'APPROCCIO 1, andando ad esaminare tutti gli stati limite ritenuti significativi per il caso delle opere in progetto, secondo quanto specificato al già citato prg "6.5.3.1.2 Paratie" del DM 17.01.18, ovvero:

SLU di tipo geotecnica (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

In particolare:

- la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno è stata effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell’Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I;
- le verifiche nei riguardi degli stati limite idraulici (UPL e HYD) devono essere eseguite come descritto nel § 6.2.4.2:

6.2.4.2 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici

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

A tal fine, nella valutazione delle pressioni interstiziali e delle quote piezometriche caratteristiche, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle condizioni stratigrafiche.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell’azione instabilizzante $V_{inst,d}$, ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ($G_{inst,d}$) e quella variabile ($Q_{inst,d}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($G_{stb,d}$) e delle resistenze (R_d):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad [6.2.4]$$

dove

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad [6.2.5]$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III. Al fine del calcolo della resistenza di progetto R_d , tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2). Ove necessario, il calcolo della resistenza va eseguito in accordo a quanto indicato nei successivi paragrafi per le fondazioni su pali e per gli ancoraggi.

Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0
	Sfavorevole		1,5

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{c1} .

In condizioni di flusso prevalentemente verticale:

- a) nel caso di frontiera di efflusso libera, la verifica a sifonamento si esegue controllando che il gradiente idraulico i risulti non superiore al gradiente idraulico critico i_c diviso per un coefficiente parziale $\gamma_R = 3$, se si assume come effetto delle azioni il gradiente idraulico medio, e per un coefficiente parziale $\gamma_R = 2$ nel caso in cui si consideri il gradiente idraulico di efflusso;
- b) in presenza di un carico imposto sulla frontiera di efflusso, la verifica si esegue controllando che la pressione interstiziale in eccesso rispetto alla condizione idrostatica risulti non superiore alla tensione verticale efficace calcolata in assenza di filtrazione, divisa per un coefficiente parziale $\gamma_R = 2$.

In tutti gli altri casi il progettista deve valutare gli effetti delle forze di filtrazione e garantire adeguati livelli di sicurezza, da prefissare e giustificare esplicitamente.

Si fa salvo, comunque, quanto previsto nel Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 26 giugno 2014 recante “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”, ove applicabile

Viste le condizioni stratigrafiche e le condizioni idrauliche al contorno (permeabilità dei terreni e profondità della falda a monte e a valle della paratia), si ritiene che le seguenti verifiche non risultano necessarie per le sezioni in esame:

- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- Le rimanenti verifiche sono state effettuate secondo l’Approccio 1 considerando le due combinazioni di coefficienti:
 - Combinazione 1: (A1+M1+R1)
 - Combinazione 2: (A2+M2+R1)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II, con i coefficienti gR del gruppo R1 pari all'unità.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento. Nella fattispecie con riferimento alle paratie dotate di Tiranti per le verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi dei tiranti di ancoraggio si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono (verifiche effettuate con il software Paratie Plus).

Per il dimensionamento della lunghezza libera dell'ancoraggio si deve verificare che essa sia tale da garantire che in condizioni statiche e sismiche il tratto “attivo” di fondazione dell'ancoraggio si trovi al di fuori del cuneo di Spinta Attiva, la cui inclinazione rispetto all'orizzontale in condizioni statiche è di $45^\circ + \phi'/2$. La lunghezza libera è definita dall'intersezione del tirante con un piano inclinato di $45^\circ - \phi'/2$ sulla verticale, parallelo al piano passante per il piede della paratia e da esso distante $0,20 h$ (AGI 2012 - Ancoraggi nei terreni e delle rocce). Valgono le seguenti espressioni:

$$L_{libera_statica} = h' + d$$

$$h' = 0,20h / \cos(45^\circ - \alpha - \phi/2)$$

$$d = (h + t - h_i) \sin(45^\circ - \phi/2) / \sin(45^\circ + \alpha + \phi/2)$$

dove:

- h = altezza fuori terra della paratia
- α = inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale
- t = infissione della paratia
- h_i = profondità del tirante

Per effetto del sisma, la potenziale superficie di scorrimento dei cunei di spinta rispetto all'orizzontale si riduce. Detta “ L_s ” la lunghezza libera dell'ancoraggio in condizioni statiche, la corrispondente lunghezza libera in condizioni sismiche “ L_e ” può essere ottenuta mediante la relazione (§ 7.11.6.4 del DM 17.01.18):

$$L_e = L_s \left(1 + 1,5 \cdot \frac{a_{max}}{g} \right) \quad [7.11.12]$$

Per il dimensionamento geotecnico del tirante, deve risultare rispettata la condizione [6.2.1 del DM 17.01.18] con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I:

Tab. 6.6.I - Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto E_d con la resistenza di progetto R_{ed} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{ak} (valutata secondo quanto descritto nel § 6.6.2 del DM 17.01.18) i coefficienti parziali γ_R riportati nella Tab. 6.6.I. Si specifica inoltre che quando l'armatura è realizzata mediante trefoli di acciaio armonico, nel rispetto della gerarchia delle resistenze al fine di contenere il rischio di rotture di tipo fragile, si deve verificare che la resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio deve risultare minore della resistenza a snervamento dell'armatura.

Si è infine proceduto con una verifica nei riguardi degli Stati Limite di Esercizio (SLE), effettuando una stima delle deformazioni dell'opera e dei cedimenti del piano limite a tergo. In particolare per la valutazione dei cedimenti verticali si è fatto riferimento al "Metodo Paratie Plus" implementato direttamente all'interno del software.

Si rimanda ai Tabulati di Calcolo per la tabella riassuntiva di tutti i coefficienti parziali utilizzati nelle suddette verifiche.

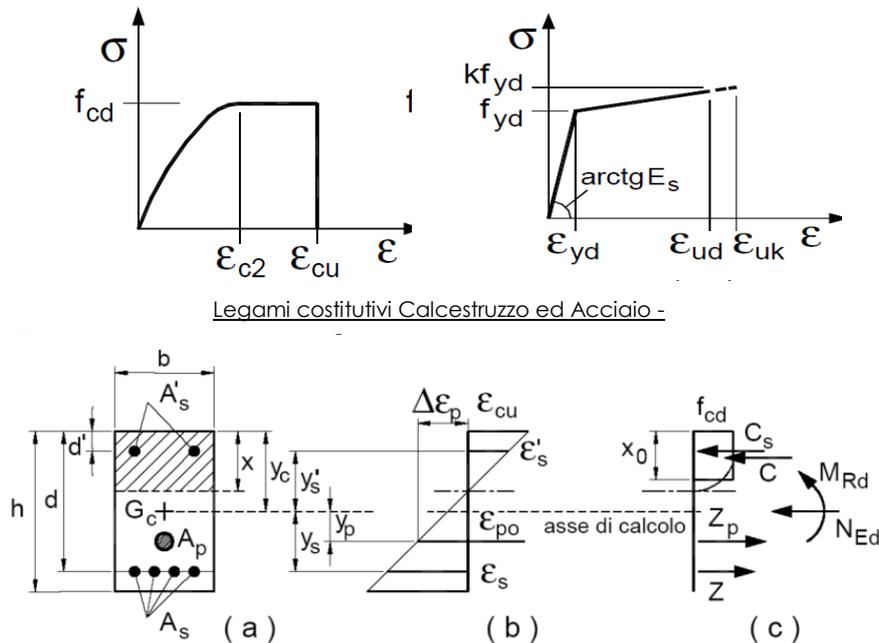
7 CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 e al 4.2.4. delle NTC.

7.1 VERIFICHE STRUTTURALI C.A. - SLU

7.1.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.3.2 delle NTC, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed} \quad [4.1.18a]$$

$$\mu_\phi = \mu_\phi(N_{Ed}) \geq \mu_{Ed} \quad [4.1.18b]$$

dove

M_{Rd} è il valore di progetto del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo normale sollecitante;

M_{Ed} è il valore di progetto del momento di domanda;

μ_ϕ è il valore di progetto della duttilità di curvatura corrispondente a N_{Ed} ;

μ_{Ed} è la domanda in termini di duttilità di curvatura.

7.1.2 Taglio

La resistenza a taglio VRd della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

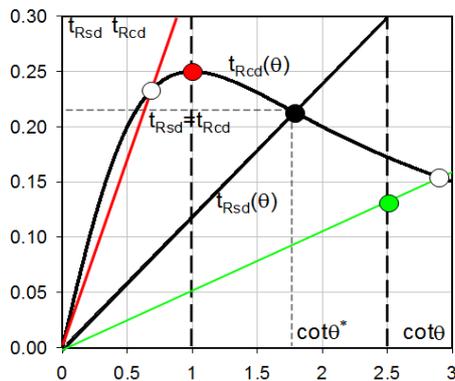
Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_1 = A_{sw} / (b_w \cdot d)$
- d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$ mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio VRd è il minimo tra la resistenza a taglio trazione VRsd e la resistenza a taglio compressione VRcd :

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta)}{(1 + \text{ctg}^2\theta)}$$

Essendo: $1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$



- Se la $\text{cot}\theta^*$ è maggiore di 2.5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio supportato dalle armature trasversali valutabile per una $\text{cot}\theta = 2,5$.
- Se la $\text{cot}\theta^*$ è minore di 1.0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio supportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\text{cot}\theta = 1,0$.
- Se la $\text{cot}\theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.3.5.2 delle NTC, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21,8^\circ$$

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\text{cot} \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

(θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove:

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

7.2 VERIFICHE STRUTTURALI C.A. - SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato

7.2.1 Verifiche tensionali

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche “Rara” e “Quasi Permanente”; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo “non reagente” adottando come limiti di riferimento quelli previsti dalle NTC.

7.2.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico “Frequente” e combinazione “Quasi Permanente”. Con riferimento alle classi di esposizione del calcestruzzo delle diverse parti della struttura risultano le seguenti condizioni ambientali [NTC – Tabella 4.1.III]:

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

7.3 VERIFICHE DEI SISTEMI DI ANCORAGGIO

Il codice Paratie Plus consente di effettuare le verifiche di resistenza allo SLU/SLV dell’armatura e della fondazione dei tiranti, applicando automaticamente la seguente metodologia, in ottemperanza alla vigente normativa.

Il codice verifica sia la resistenza dell’acciaio armonico che la resistenza della fondazione con riferimento alla combinazione A1+M1+R3. Esso inoltre applica un criterio di verifica di “Gerarchia delle Resistenze”, in cui verifica che la resistenza dell’acciaio armonico sia superiore a quella della fondazione.

7.3.1 Raggiungimento della resistenza strutturale in uno o più ancoraggi

In condizioni ultime, al fine di verificare l’acciaio dei tiranti, lo sforzo massimo di trazione di calcolo N_Q ricavato dall’analisi allo SLU/SLV, deve risultare non maggiore dello sforzo di snervamento di progetto dei tiranti N_{yd} ottenuto moltiplicando l’area totale A_t della sezione resistente per la tensione caratteristica di snervamento dell’acciaio $f_{p(1)k}$ (1670 MPa), fattorizzata con il coefficiente parziale $\gamma_s = 1.15$.

$$T_{yd} = \frac{f_{p(1)k} A n_{tr}}{\gamma_s} \geq T_{Ed}$$

dove:

- $f_{p(1)k}$ è la resistenza caratteristica di rottura dell’acciaio dei trefoli
- A è l’area di ciascun trefolo
- n_{tr} è il numero di trefoli per tirante
- γ_s è il coefficiente parziale dell’acciaio

Il codice Paratie Plus applica quindi la disequazione di verifica $T_{yd} > T_{Ed}$.

7.3.2 Verifica allo sfilamento dei tiranti

La fondazione dei tiranti (tratto attivo) sarà eseguita con iniezione di malta cementizia (ed additivi) ad alta pressione, con il metodo IRS (Iniezioni Ripetute e Selettive) attraverso valvole poste ad interasse di 0.5 m.

In considerazione delle caratteristiche tecnologiche e della natura dei terreni si valutano le tensioni “caratteristiche” di adesione laterale limite fondazione-terreno $\alpha\tau_{lim}$, riferite al diametro nominale di perforazione. Tali valori sono in accordo a quanto suggerito dall’esperienza di Bustamante e Doix per il caso in esame.

$$T_{rf} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha\tau_{lim} \cdot L_a}{\gamma_R \cdot \xi}$$

dove:

- T_{Rf} è la resistenza di progetto dell’interfaccia tra il bulbo di fondazione ed il terreno
- $\alpha\tau_{lim}$ è la tensione di adesione laterale limite fondazione-terreno
- γ_R è il coefficiente parziale riduttivo della resistenza
- ξ è il fattore di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero di profili di indagine (cautelativamente posto pari a 1.80)
- L_a è la lunghezza attiva

- D_p è il diametro di perforazione
- T_Q è l'azione di trazione massima allo SLU/SLV

Il codice Paratie Plus applica quindi la disequazione di verifica $T_{Rf} > T_{Ed}$.

Tabella 2- Fattori di correlazione ξ

n	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{Sa3}	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
ξ_{Sa4}	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

Tabella 3- Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi ξ

	Simbolo	Coefficiente Parziale (γ_R)
Temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1.10
Permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1.20

7.3.1 Prove di progetto su ancoraggi preliminari

Il paragrafo 6.6.4.1 delle NTC 2018 prescrive la realizzazione di tiranti preliminari di prova da sottoporre a sollecitazioni più severe di quelle di verifica e non utilizzabili per l'impiego successivo. A tal fine, essendo il numero di ancoraggi di progetto compreso tra 31 e 50, verranno realizzati n.2 tiranti preliminari.

7.3.2 Prove di carico in corso d'opera sugli ancoraggi

Il paragrafo 6.6.4.2 delle NTC 2018 prescrive che vengano effettuate le prove di carico in corso d'opera su tutti gli ancoraggi per controllarne il comportamento sotto le azioni di progetto. La prova consiste nell'applicazione di un ciclo semplice di carico e scarico; in questo ciclo il tirante viene sottoposto ad una forza pari a 1,2 l'azione di progetto Pd utilizzata per le verifiche SLE, verificando che gli allungamenti misurati siano nei limiti previsti e/o compatibili con le misure sugli ancoraggi preliminari di prova. A tal fine, nella tabella seguente si riportano per ogni Tipologico e per ognuno dei tiranti di progetto, le sollecitazioni di Pretiro, di Esercizio rilevate dai risultati delle analisi eseguite con il software ParatiePlus in combinazione SLE e, di Collaudo, quest'ultima pari ad 1,2 volte quella di esercizio.

Tabella 4 – Sollecitazioni di Pretiro, Esercizio e Collaudo dei Tiranti di progetto

Tiranti	Sollecitazione di Pretiro [KN]	Sollecitazione di Esercizio [KN]	Sollecitazione di Collaudo [KN]
Tipologico A			
n. 1 (0,5m)	200	201	242

N.B.: si specifica che nelle verifiche di seguito riportate non è stata considerata la perdita di spessore e, quindi di resistenza degli elementi in acciaio per corrosione, in quanto i tassi di sfruttamento sono tali da garantire il soddisfacimento delle verifiche anche in condizioni di riduzione degli spessori per effetto della corrosione.

8 CRITERI GENERALI DI MODELLAZIONE ADOTTATI

8.1 Generalità

Le analisi finalizzate al dimensionamento delle paratie trattate nell'ambito del presente documento, sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

Il software Paratie Plus, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

Nel seguito si illustrano quindi le metodologie di calcolo utilizzate, le fasi di calcolo modellate e i risultati delle analisi e verifiche geotecniche dei pali costituenti la paratia.

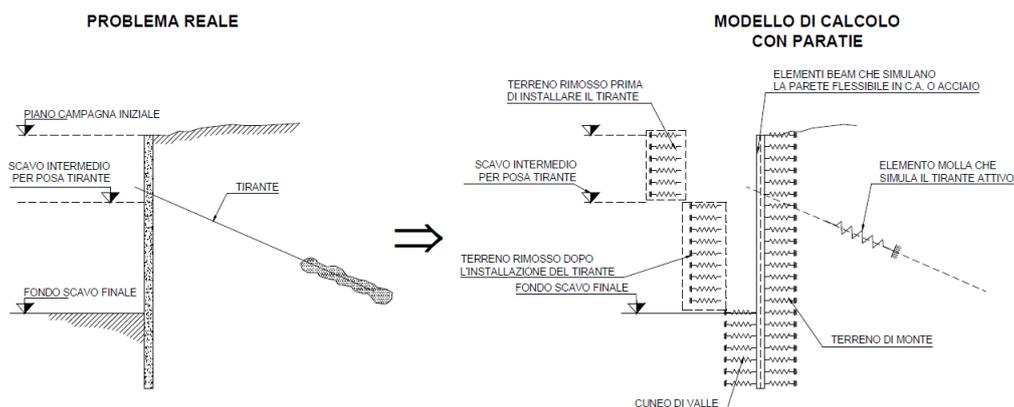
8.2 Metodologie di calcolo

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

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

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

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



Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive.

A tal riguardo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidità flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi della paratia di

rigidezza proporzionale al modulo di rigidezza del terreno. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidezza.

In particolare, la paratia è schematizzata attraverso un diaframma di spessore equivalente ricavato attraverso la seguente espressione:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{12E_m J_p}$$

dove:

E_m modulo elastico del materiale costituente la paratia

J_p inerzia della sezione della paratia

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace (σ'_{h}) e la tensione verticale efficace (σ'_{v}) risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo (k_a) e passivo (k_p), mentre quando il rapporto è pari a k_a o a k_p il terreno si comporta come un mezzo elasto-plastico.

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidezza delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidezza di ciascuna di esse, k , è data da: $k = E / L$

ove E è un modulo di rigidezza del terreno mentre L è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite Δ , la rigidezza di ogni molla è: $k = E\Delta / L$

Il valore di Δ è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti.

Il valore di L è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva.

Si è scelto:

in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \ell_A \tan(45^\circ - \phi' / 2)$$

Dove: $\ell_A = \min\{l, 2H\}$;

con

l = altezza totale della paratia

H = altezza corrente dello scavo.

in zona passiva (downhill):

$$L_P = \frac{2}{3} \ell_P \tan(45^\circ + \phi' / 2)$$

Dove: $\ell_P = \min\{l - H, H\}$

La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987). Si assume in ogni caso un valore di H non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il programma consente di seguire le fasi evolutive degli scavi a valle dell'opera, determinando, per ciascuna fase di scavo prevista, la deformata dell'opera e le sollecitazioni e gli stati tensionali nel terreno con essa interagente.

Il software consente di tener conto anche della presenza di vincoli lungo la paratia, sia di tipo elastico (molle /tiranti) che di tipo rigido.

La presenza dei tiranti viene infine schematizzata dal software come dei vincoli elastici, la cui deformabilità dipende dalle caratteristiche della sezione resistente in acciaio dei tiranti e dalla lunghezza libera degli stessi, eventualmente incrementata di una quantità funzione dell'efficienza (≤ 1) associata al bulbo di ancoraggio.

8.3 Spinte dei terreni in fase statica

Le spinte agenti sull'opera di sostegno in fase statica dipendono direttamente dalla situazione geostatica e dai parametri di resistenza del terreno.

In particolare la pressione fondamentale dell'analisi è la $\sigma'h$ che lo scheletro solido del terreno esercita sulla struttura di sostegno che dipende dagli spostamenti che essa subisce per effetto di $\sigma'h$ stessa ovvero dipende dall'interazione fra la struttura ed il terreno a tergo dell'opera.

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso valle, la $\sigma'h$ sul paramento di monte può essere calcolata come::

- $\sigma'ha = K_a \sigma'v$ $\sigma'ha = K_a \sigma'v - 2c'(K_a)^{0.5}$ pressione attiva

dove: K_a = coefficiente di spinta attiva;

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso monte, la $\sigma'h$ sul paramento di monte può essere calcolata come:

- $\sigma'hp = K_p \sigma'v + 2c'(K_p)^{0.5}$ pressione passiva

dove: K_p = coefficiente di spinta passiva;

In condizioni statiche, K_a e K_p sono funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido ϕ' , dell'angolo di attrito fra struttura e terreno δ dell'inclinazione β del paramento di monte della struttura di sostegno e dell'inclinazione i del terrapieno a tergo dell'opera .

Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di K_a e K_p in letteratura, si è fatto riferimento a quelle proposte da Coulomb [1773], per il calcolo del K_a e di Lancellotta (2002) per il calcolo del Coefficiente K_p di cui in seguito si riportano le espressioni generali:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2(\beta) \cos(\delta + \beta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \sin(\phi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} \quad K_P = \left[\frac{\cos \delta}{1 - \sin \phi'} \left(\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \phi' - \sin^2 \delta} \right) \right] e^{2\theta_P \tan \phi'}$$

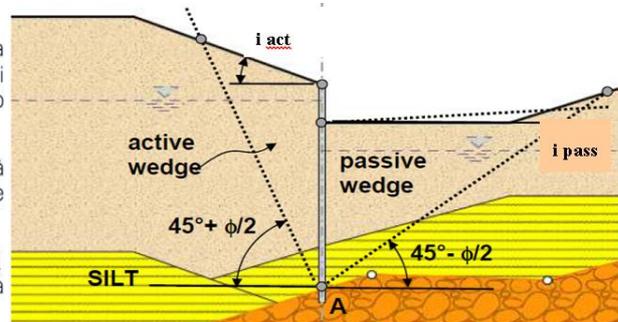
$$\theta_P = \arcsin \left(\frac{\sin \delta}{\sin \phi'} \right) + \delta$$

In considerazione del fatto che nell'ambito dei modelli oggetto di analisi, i terrapieni spingenti sulle opere sono caratterizzati da alternanze stratigrafiche tra formazioni diverse in termini di parametri fisico meccanici, la determinazione dei coefficienti di spinta K_a e K_p viene effettuata per ciascuna unità tenendo conto del relativo angolo d'attrito ϕ' e quindi del valore dell'angolo d'attrito terra muro δ , posto in generali pari $0.6\phi'$, a meno della fase sismica, ove si assume in ogni caso $\delta=0$.

Il valore di inclinazione del piano limite del terrapieno i da considerare nella valutazione dei coefficienti di spinta, è funzione della zona di estensione del potenziale cuneo di spinta agente sull'opera. Tale valore assume un valore

diverso per ciascuno strato, è viene valutato automaticamente nel software di calcolo utilizzato secondo la procedura sinteticamente illustrata nel seguito con riferimento allo strato "SILT" (in giallo):

- dal punto A più basso dello strato in corrispondenza della parete, si traccia la linea di rottura piana corrispondente al cuneo di mobilitazione in spinta attiva (o passiva) secondo la teoria di Coulomb, senza considerare attrito terra-muro, fino a raggiungere la linea di scavo (o piano campagna);
- si determina quindi un ipotetico cuneo di terreno mobilitato, compreso tra il punto A e la sommità del tratto non esposto della parete: tale cuneo sarà delimitato superiormente da una superficie irregolare;
- calcolata l'area di tale cuneo, si calcola una superficie piana equivalente (inclinata di i sull'orizzontale) tale che l'area del triangolo equivalente sia pari all'area del cuneo prima determinato.



- Schema di valutazione delle pendenze equivalenti del piano limite per ciascuno strato -

In presenza di falda, occorre inoltre tener conto, alla generica profondità, dell'ulteriore contributo di spinta attiva associato a quest'ultima, che può essere espressa come segue.

$$\sigma_w = \gamma_w h_w$$

γ_w = peso unità di volume dell'acqua

h_w = battente idraulico alla quota considerate.

In condizioni drenate (regime stazionario), che sono le condizioni a vantaggio di sicurezza nel caso di esecuzione di scavi (detensionamento del terreno), la pressione dell'acqua (pressione neutra) nei pori è indipendente dalla deformazione dello scheletro solido (disaccoppiamento meccanico-idraulico).

Pertanto, nell'ipotesi semplificativa che il flusso nell'intorno della paratia si sviluppi prevalentemente in direzione verticale (certamente realistica in assenza di acquiferi confinati), il calcolo della pressione neutra p alla quota z può essere condotto considerando che il prodotto fra permeabilità k e perdita di carico i è costante (principio di conservazione della massa applicato alla legge di Darcy) ovvero, che in ciascun tratto omogeneo (permeabilità k costante), di spessore $L = z - z_0$, la perdita di carico i è costante:

$$p = p_0 - \gamma_w (1 + i)(z - z_0) \text{ pressione neutra}$$

dove:

p_0 è la pressione all'inizio di ciascun tratto omogeneo ovvero $p(z = z_0)$

γ_w è il peso specifico dell'acqua

$$i = \frac{-\Delta h}{L} = - \frac{[h(z) - h(z_0)]}{z - z_0}$$

i è la perdita di carico

z è la quota, positiva verso l'alto, alla quale si calcola p

8.4 Coefficienti sismici

Il § 7.11.6.3 del DM 17.01.18, precisa che l'analisi delle paratie in condizioni sismiche, può essere eseguita con metodi di analisi dinamica oppure mediante metodi pseudostatici; nel caso in esame si è fatto ricorso all'utilizzo delle formulazioni proposte dalla normativa in quest'ultimo caso, dove gli effetti dell'azione sismica sull'opera nonché sul terreno e sulla falda con essa intergente, sono valutabili attraverso le accelerazioni equivalenti orizzontale (a_h) e verticale (a_v). Nello specifico, risulta:

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

Dove:

- $a_{max} = S_s ST ag$ è l'accelerazione di picco attesa al suolo;
- g : è l'accelerazione di gravità;
- SS e ST coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo
- β è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti (u_s) senza cadute di resistenza.
- α è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni intergenti con l'opera, in funzione dell'altezza complessiva dell'opera H e del tipo di sottosuolo.

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi: $k_h = 0.2 a_{max}/g$, ovvero: $\alpha \cdot \beta = 0.20$.

I coefficienti α e β possono essere stimati dai seguenti grafici riportati nelle Fig. 7.11.2 e 7.11.3 del DM 17.01.18:

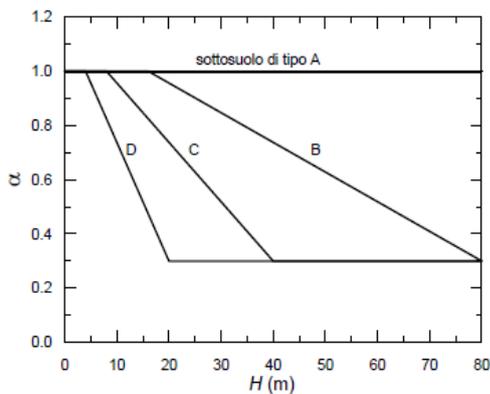


Fig. 7.11.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

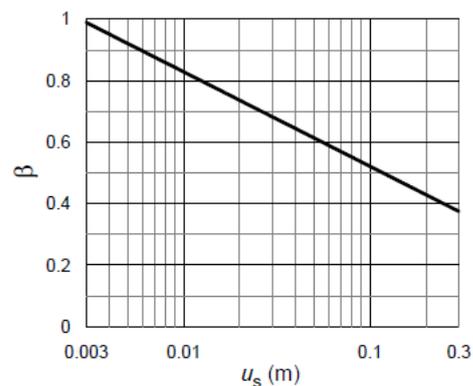


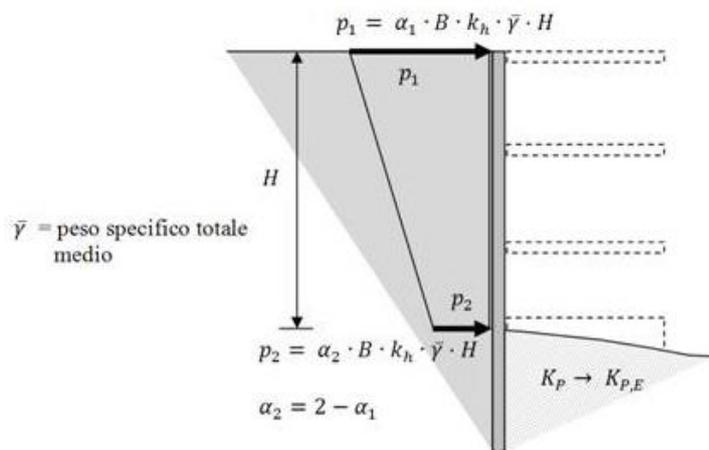
Fig. 7.11.3 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

Riguardo infine il valore dell'accelerazione equivalente verticale (a_v), la stessa norma precisa che per le paratie, può porsi $a_v=0$.

8.5 Sovraspinte del terreno in fase sismica

Per la valutazione delle spinte aggiuntive esercitate del terreno sull'opera in fase sismica, si è fatto riferimento al modello proposto da Mononobe e Okabe specializzato con le ipotesi di Seed & Whitman (1970) circa la determinazione del coefficiente B, potendo far riferimento all'ipotesi di opera flessibile in relazione alle condizioni di vincolo presenti.

Il modello citato prevede la valutazione delle sovraspinte sismiche sull'opera come funzione dell'accelerazione ridotta k_h (coefficiente sismico orizzontale), come di seguito descritto:



Nel caso specifico si è assunto in particolare

- $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ (distribuzione di pressioni uniforme lungo la paratia)
- H = intera altezza della paratia (tratto interrato + tratto fuori terra)
- $B = 0.375$ (Seed & Whitman)

Modello tipico di paratia soggetta a sovraspinta sismica secondo Mononobe e Okabe/ Seed & Whitman

8.6 Effetti dell'azione sismica sulla falda

Normalmente gli effetti idrodinamici considerati per il calcolo delle paratie sono calcolati con il metodo di Westergaard (1931) e sono applicate sempre come pressioni esterne. La pressione idrodinamica viene calcolata come in particolare come segue:

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

H è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

z_w è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

$a_x = k_h$ coefficiente sismico orizzontale

Se l'acqua si trova al di sopra della superficie del terreno, le pressioni esterne idrodinamiche sono contenute all'interno dell'equazione sopra riportata. Nel caso si abbia una quota di falda al di sopra della quota di scavo le pressioni idrodinamiche sono incluse nel lato scavo, nella direzione dell'accelerazione orizzontale.

Dipendendo dalla permeabilità del terreno, l'acqua contenuta nel terreno stesso può muoversi indipendentemente o insieme allo scheletro solido; nello specifico si fa l'ipotesi di terreno impervio, condizione che corrisponde alla impossibilità dell'acqua di muoversi in maniera indipendente, per cui gli effetti idrodinamici sono trascurabili ed il cuneo di spinta viene valutato con un peso dato dal γ_{saturo} .

8.7 Combinazioni di carico

In ottemperanza alle prescrizioni di normativa, le sollecitazioni associate alle diverse condizioni di carico elementari, sono state combinate secondo 7 combinazioni fondamentali (1 SLE / 4 SLU statiche / 2 SLU simiche) come di seguito sinteticamente descritte, ove, per ciascuna di esse, sono specificati i valori dei coefficienti A-M-R previsti in accordo alle specifiche di normativa

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Descrizione	Carichi														
						Carichi Permanenti Sforzocili (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sforzocili (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_sism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_waterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_waterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_LPL_GDSstab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_LPL_GSstab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_LPL_QDSstab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HVD_GDSstab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HVD_GSstab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HVD_QDSstab)	Deformazione elastica (F_relativC_strain)	
						YG	YG	YQ	YQ	YGE	YG	YG	YGdist	YGstb	YQdist	YGdist	YGstb	YQdist	YP	
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED		1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SLE (Rara/Frequen)	SERVICE		1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A1+M1+R1	ULTIMATE		1.3	1	1.5	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1	0	
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A1+M1+R3	ULTIMATE	Per verifica Tiranti	1.3	1	1.5	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1	0	
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A2+M2+R1	ULTIMATE		1	1	1.3	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	1.1	
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A2+M2+R2	ULTIMATE		1	1	1.3	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	1.1	
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SISMICA STR	ULTIMATE		1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SISMICA GEO	ULTIMATE		1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	1.1	

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Parziali															
					Parziale su tan(φ) (F_Fr)	Parziale su c (F_cfr_cohs)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)	Parziale resistenza terreno (res Kg) (F_Soil_Res_wall)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wal)	FS tiranti (F_Obin)	Chiodi qS (F_QobinNails)	Chiodi qT(test) (F_QobinNailsTest)	Pressiometro PL (F_PL)	Tar(logo attrito) Ter. Rinforzato (F_FrNailM)	Coesione c (ter. rinforzato) (F_CrwallM)	Non drenata Su (ter. rinforzato) (F_SuNailM)
					M	M	M	M	M	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
					Yψ	Yc	Ysu	Yqu	Yγ	Yre	Yap	Yat								
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SLE (Rara/Frequen)	SERVICE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A1+M1+R1	ULTIMATE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A1+M1+R3	ULTIMATE	1	1	1	1	1	1	1.2	1.1	1	0	1	1	1	1	1	0
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A2+M2+R1	ULTIMATE	1.25	1.25	1.4	1	1	1	1.2	1.1	1	1	1.4	1.4	1	1.25	1.25	1.4
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A2+M2+R2	ULTIMATE	1.25	1.25	1.4	1	1	1	1.2	1.1	1	1	1.4	1.4	1	1.25	1.25	1.4
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SISMICA STR	ULTIMATE	1	1	1	1	1	1	1.2	1.1	1	1	1	1	1	1	1	0
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SISMICA GEO	ULTIMATE	1	1	1	1	1	1	1.2	1.1	1	1	1	1	1	1	1.1	1.2

Figura 3 – Combinazioni di carico

9 ANALISI E VERIFICHE TIPOLOGICO “A”

9.1 Modello di calcolo

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

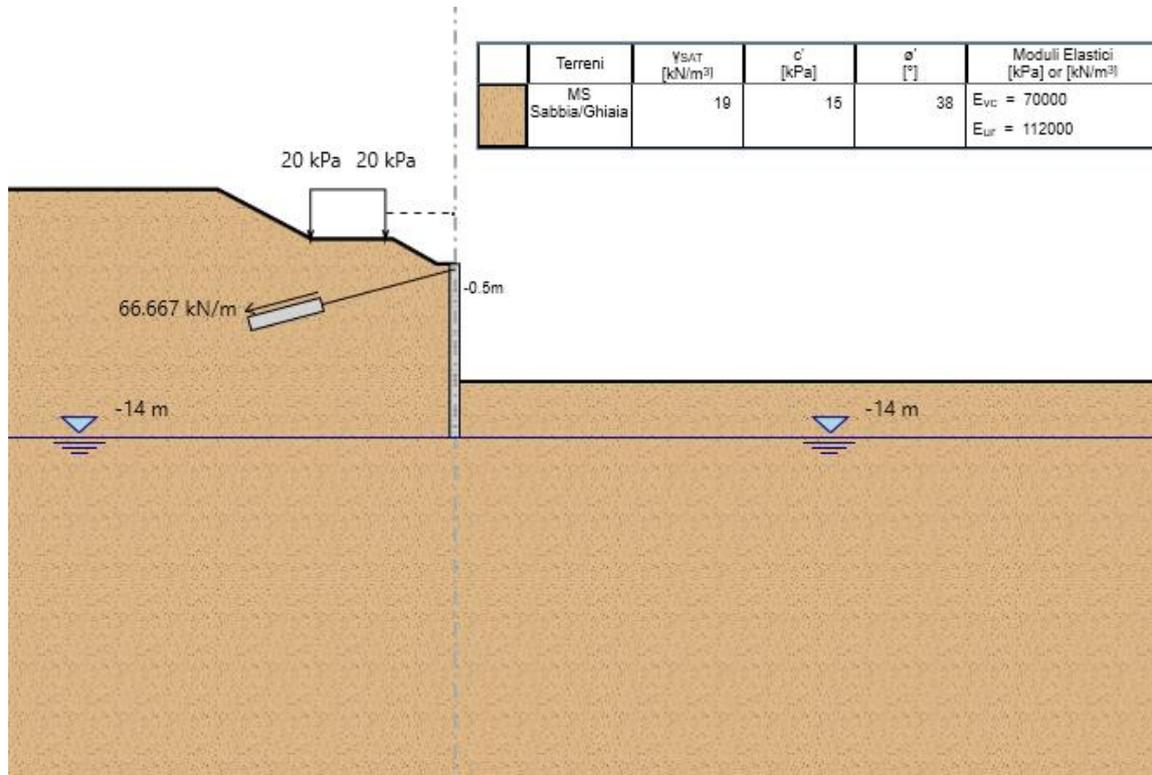


Figura 4 – Modello Paratia (Fase Finale)

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente §4.3, si specifica che nel modello di calcolo è stato utilizzato un modulo di deformazione elastico operativo $E^* = E_{vc} = E_0/5$ e, un modulo di deformazione elastico di ricarica $E_{ur} = 1.6 * E_{vc}$, per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica generale.

L'azione sismica è stata valutata sulla base di quanto riportato al paragrafo 8. Nel caso in esame si ha:

Condizione	Categoria sottosuolo	a_g/g	S	a_{max}/g	α (-)	u_s (m)	β (-)	K_b (-)
SLV	B	0.207	1.19	0.247	0.96	0.04	0.64	0.153

a = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018). Cautelativamente si assume valore unitario
u_s = spostamento ammissibile
b = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)
k_b = coefficiente sismico

Tabella 5 – Parametri per il calcolo azione sismica

Nei paragrafi successivi vengono sinteticamente riportati i principali risultati delle verifiche geotecniche e strutturali del Tipologico in esame.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche del Tipologico in esame:

Tipologico	Elemento	Lunghezza [m]	Diametro [m]	Interasse pali/tiranti [m]	Armatura pali Info tiranti	Travi di Ripartizione
A H.max = 9,50m (9,00m + 0,50m)*	Pali	14	0,80	1,00	Acciaio B450C - 18φ18 St. φ10/20cm	-
	Tirante n. 1 (0,5m)	L.lib 11m - L.bulbo 6m	0,20	3,00	α=15° - 3 Trefoli 0,6"	-

Per ulteriori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

9.2 Spostamenti orizzontali (combinazione SLE)

Il massimo spostamento orizzontale per la paratia si ottiene a quota -6.90 m nell'ultima fase di scavo, e risulta pari a circa 3,46 mm.

Gli spostamenti orizzontali risultano quindi compatibili con l'esercizio dell'opera.

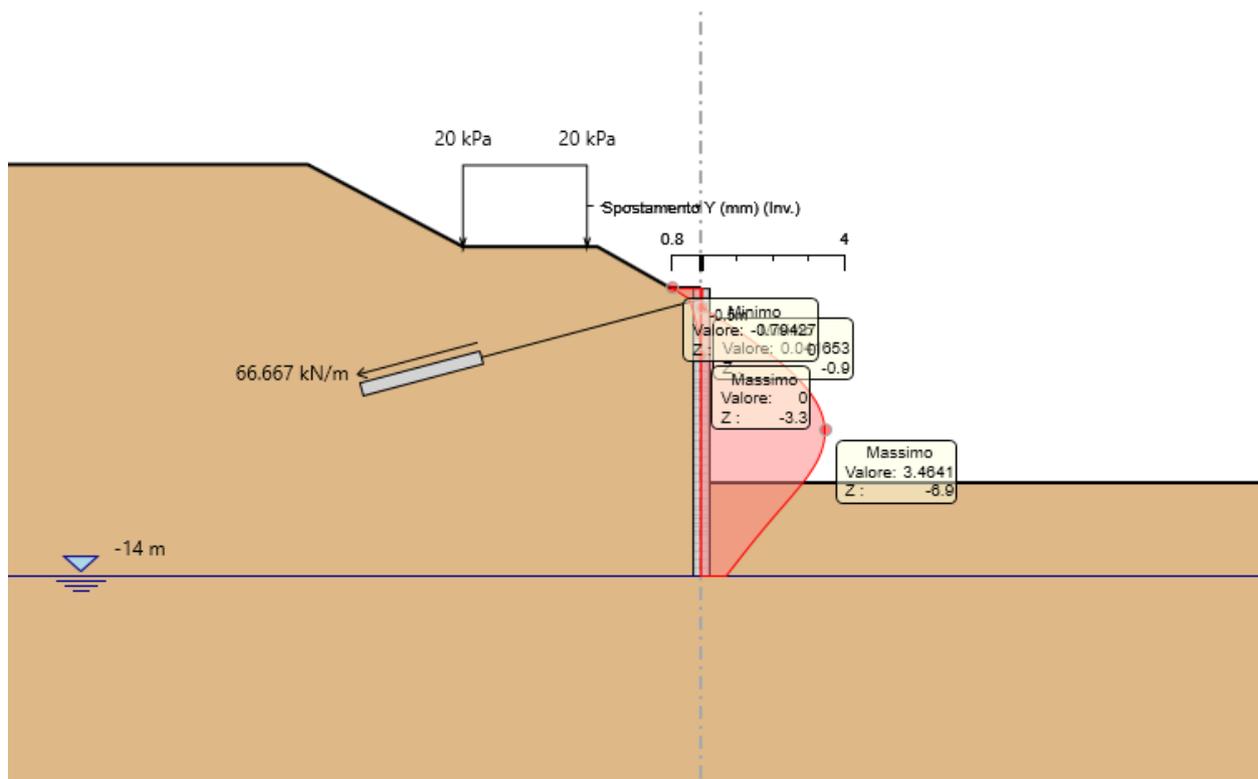


Figura 5: Inviluppo Spostamenti SLE

9.3 Sollecitazioni Momento flettente e Taglio (involuppo SLU/SLV - STR)

Il massimo momento che si ottiene sulla paratia di Pali si manifesta a quota -5.5 m e risulta pari a 270.9 kNm/m.

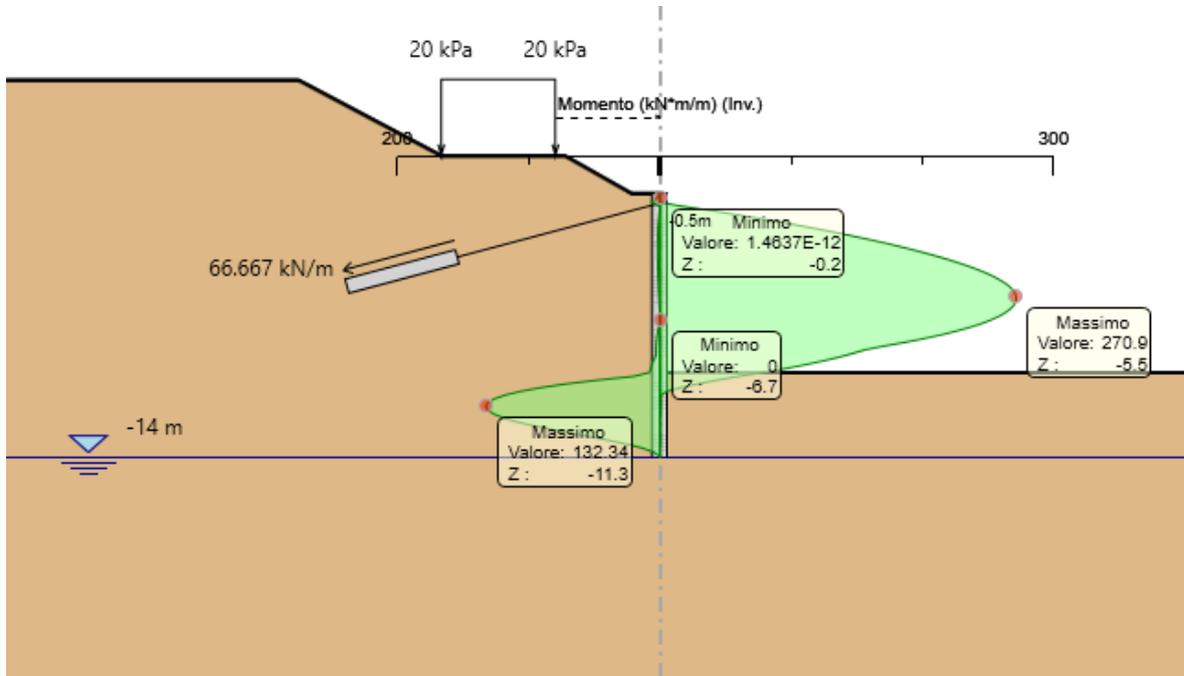


Figura 6: Involuppo Momento Flettente Condizioni Statiche e Sismiche

Il massimo taglio che si ottiene sulla paratia di Pali si manifesta a quota -9.5 m e risulta pari a 148.79 kN/m.

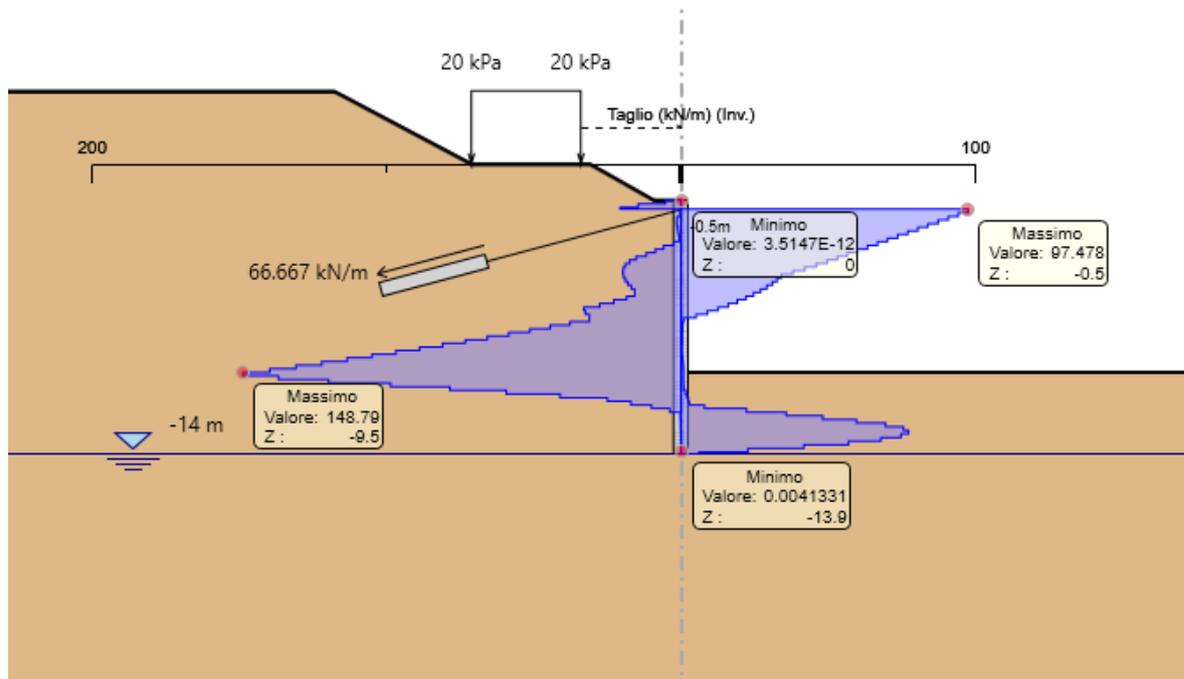
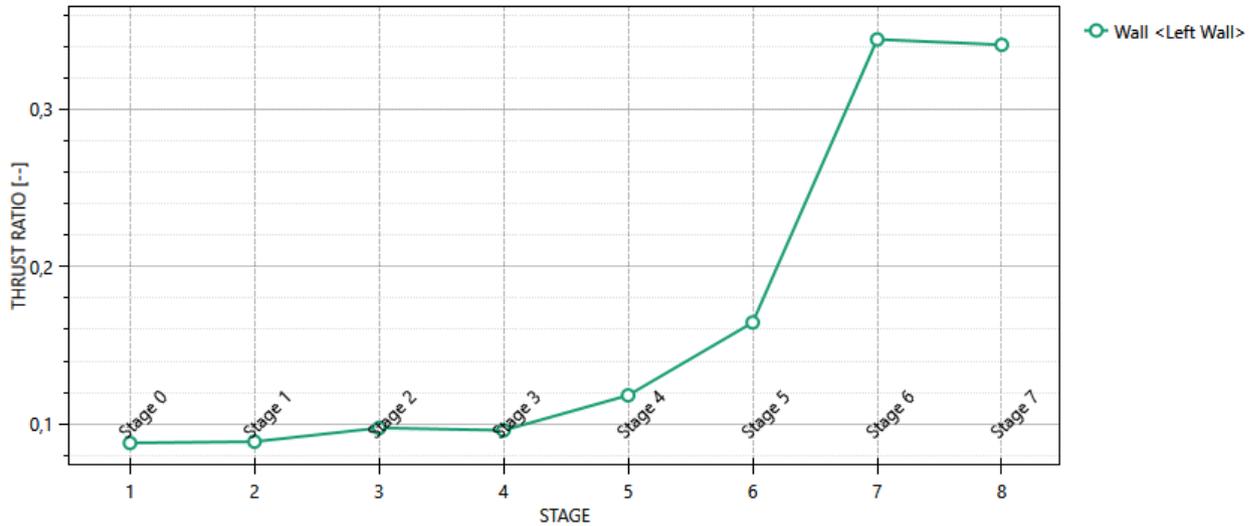


Figura 7: Involuppo Taglio Condizioni Statiche e Sismiche

9.4 Verifiche geotecniche (combinazione SLU/SLV - GEO)

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

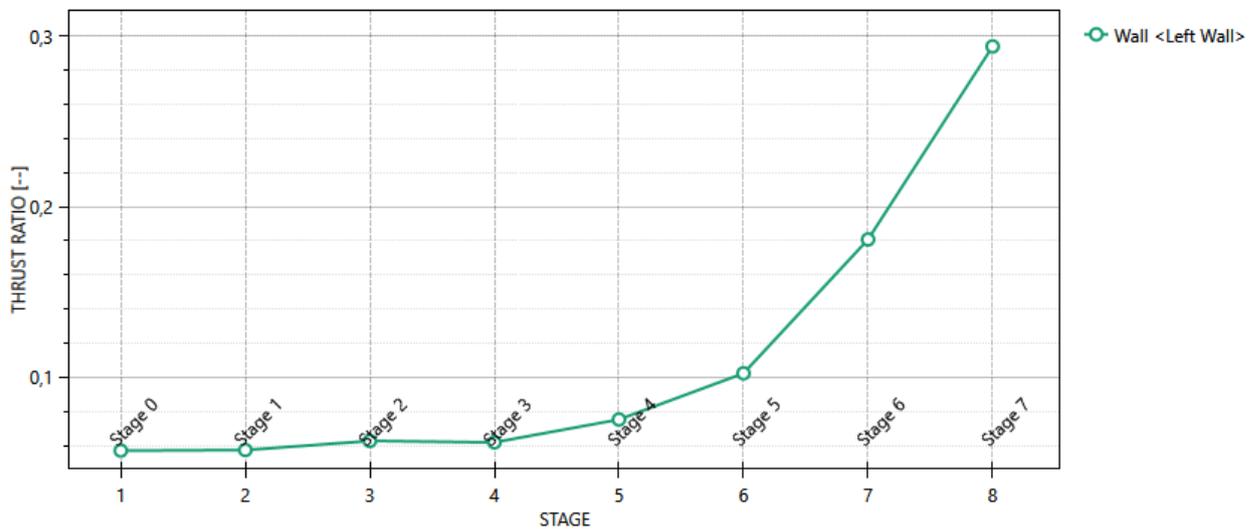
D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



L'andamento riporta i rapporti di mobilitazione in condizione statica GEO ad eccezione dell'ultima fase che corrisponde all'applicazione della azione pseudostatica e quindi non è significativa per la fase GEO. Per quest'ultima si rimanda alla figura successiva che riporta appunto il rapporto di mobilitazione in fase sismica:

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: SISMICA GEO>



In entrambi i casi la spinta sollecitante non eguaglia la resistenza passiva di progetto quindi la verifica è soddisfatta con rapporti di mobilitazione inferiori a 0.4.

9.5 Verifiche strutturali pali (involuppo SLU/SLE - STR)

Il massimo coefficiente di sfruttamento a flessione che si ottiene per le paratie risulta pari a 0.51.

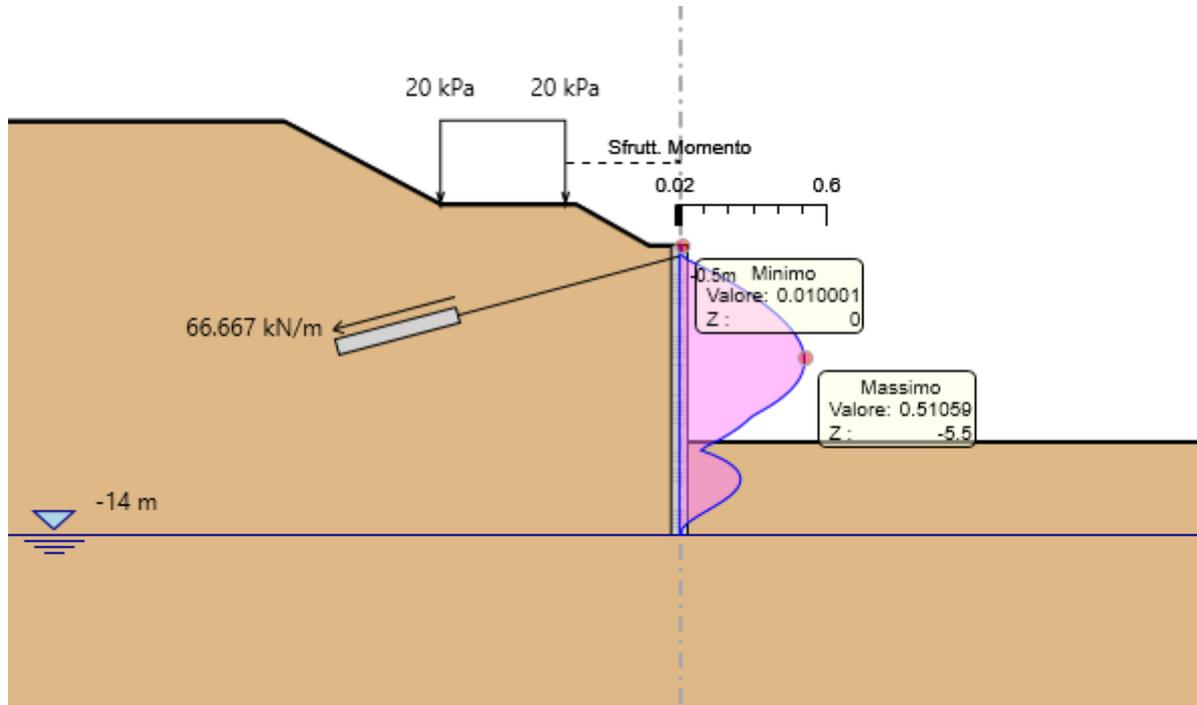


Figura 8: Involuppo coefficiente di sfruttamento a flessione.

Il massimo coefficiente di sfruttamento a taglio che si ottiene per la paratia risulta pari al 0,48.

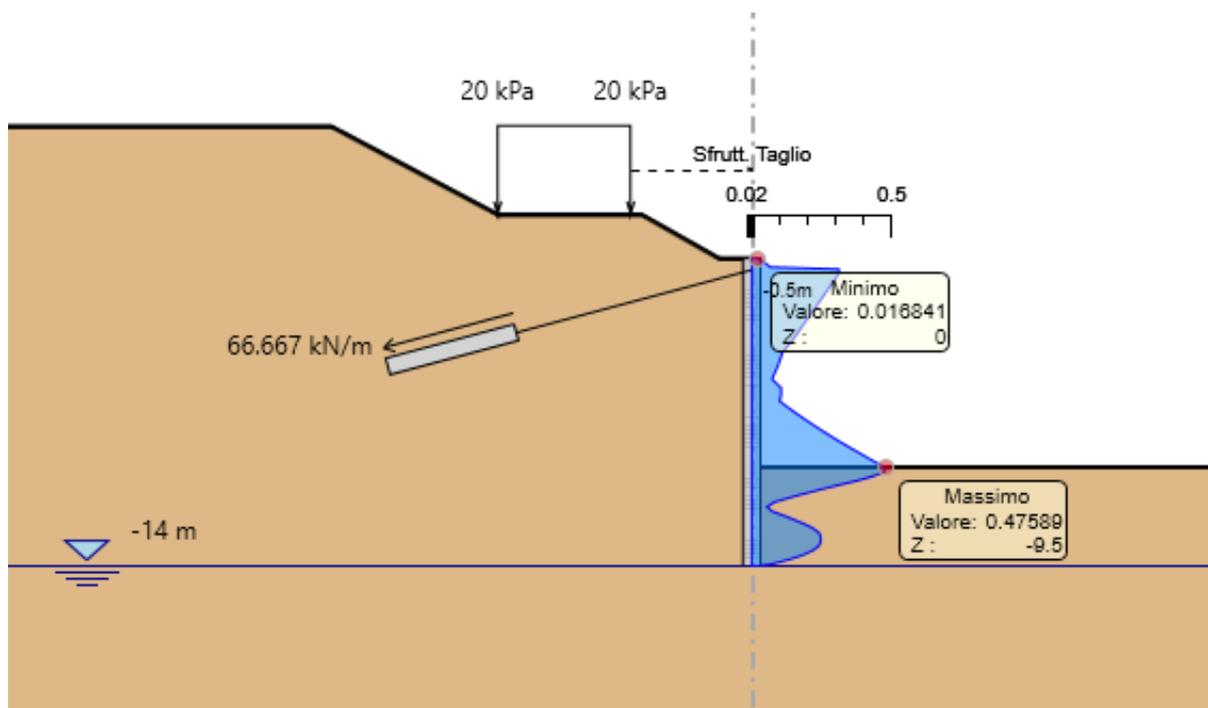


Figura 9: Involuppo coefficiente di sfruttamento a taglio.

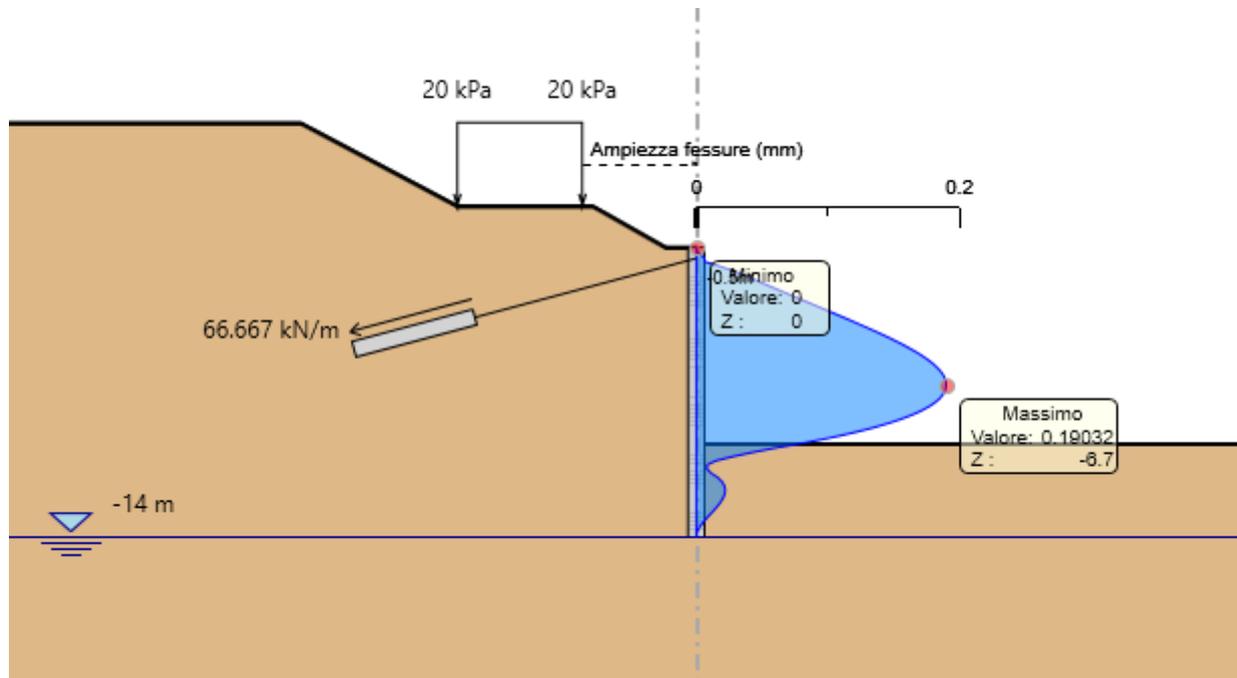


Figura 10: Verifiche a Fessurazione. (valore max 0,19 < 0,20mm)

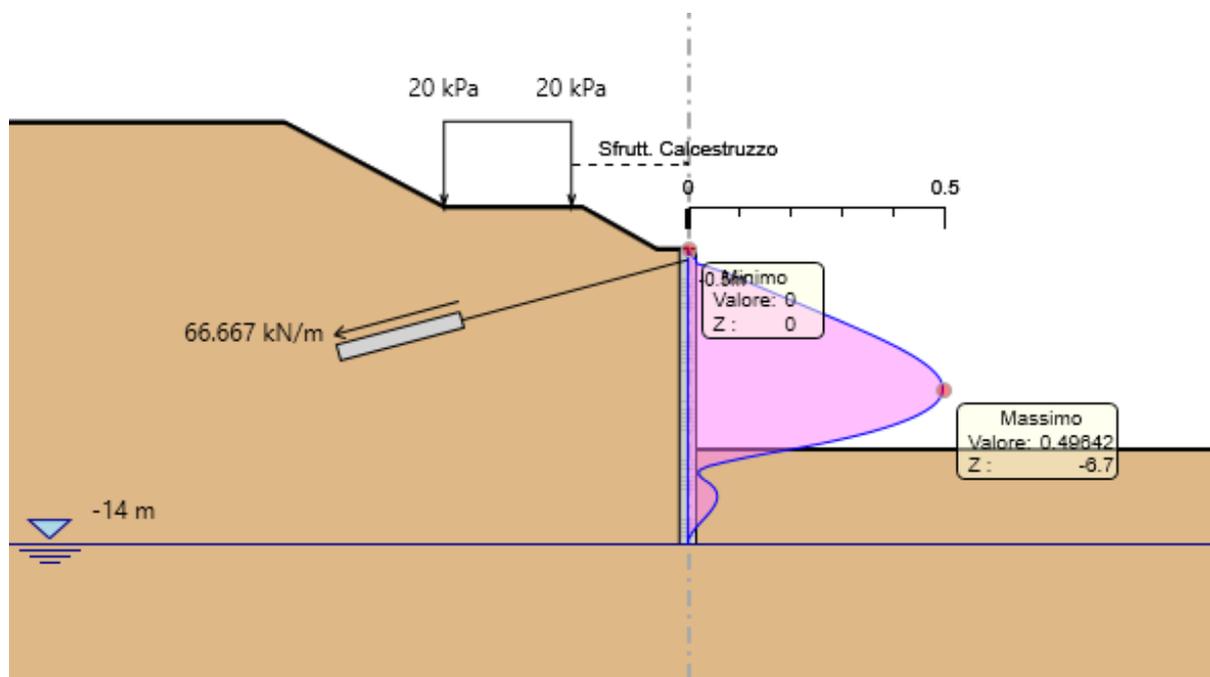


Figura 11: Involuppo coefficiente di sfruttamento tensione nel cls.

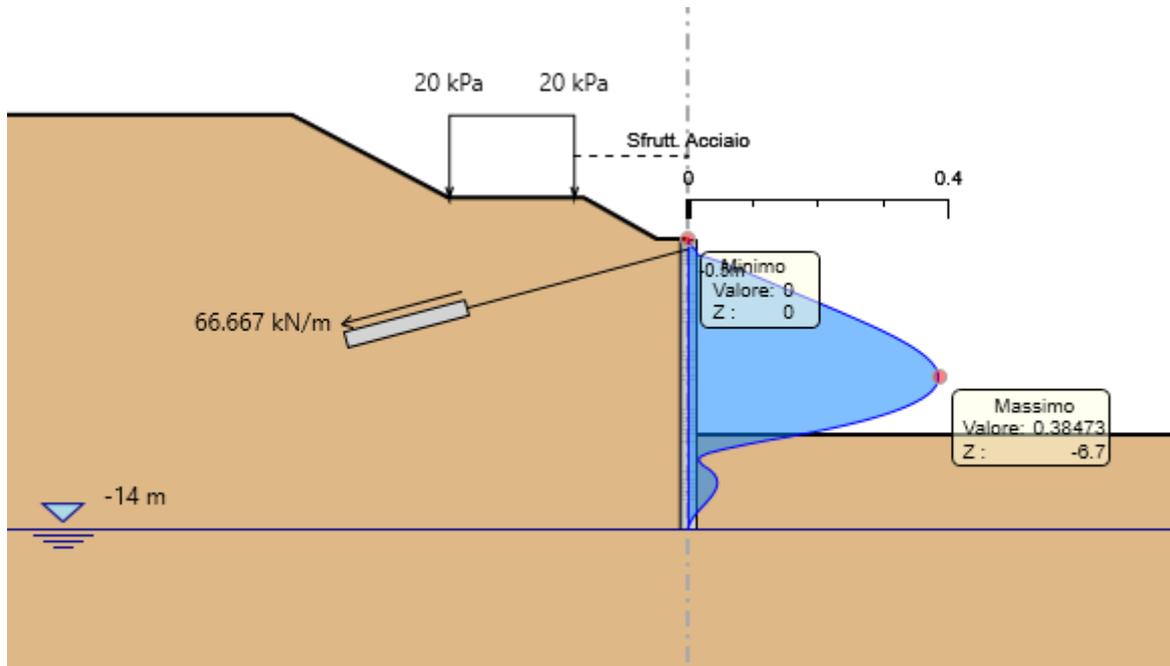


Figura 12: Inviluppo coefficiente di sfruttamento tensione nell'acciaio.

9.6 Verifiche tiranti e travi di ripartizione (combinazione SLU/SLV – STR)

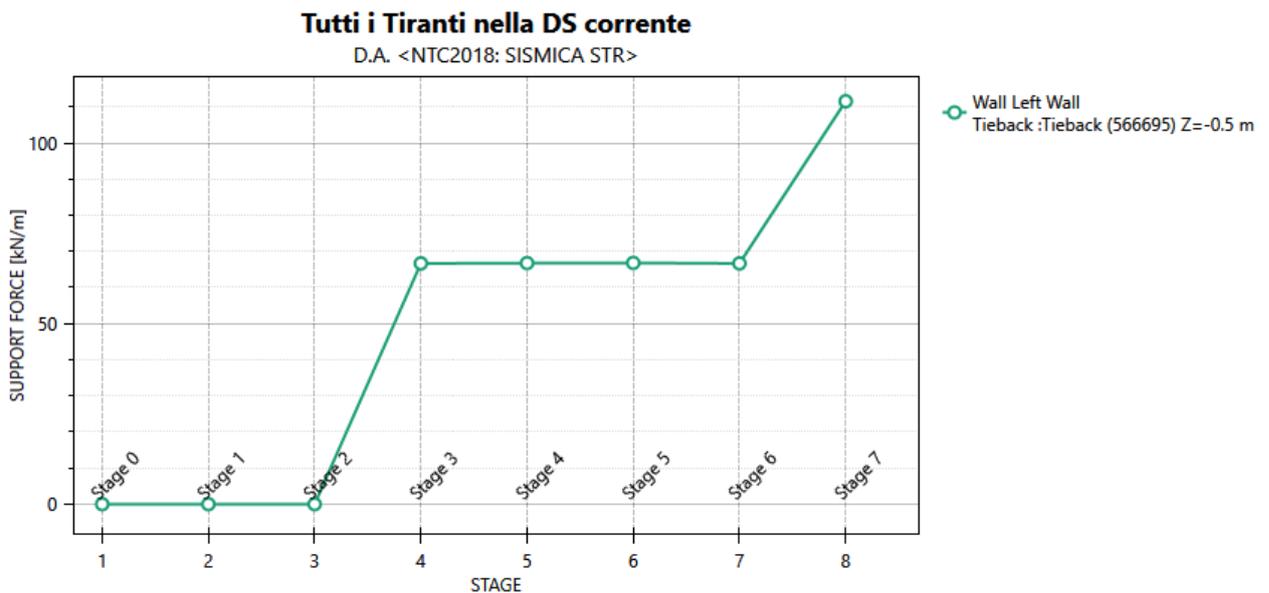
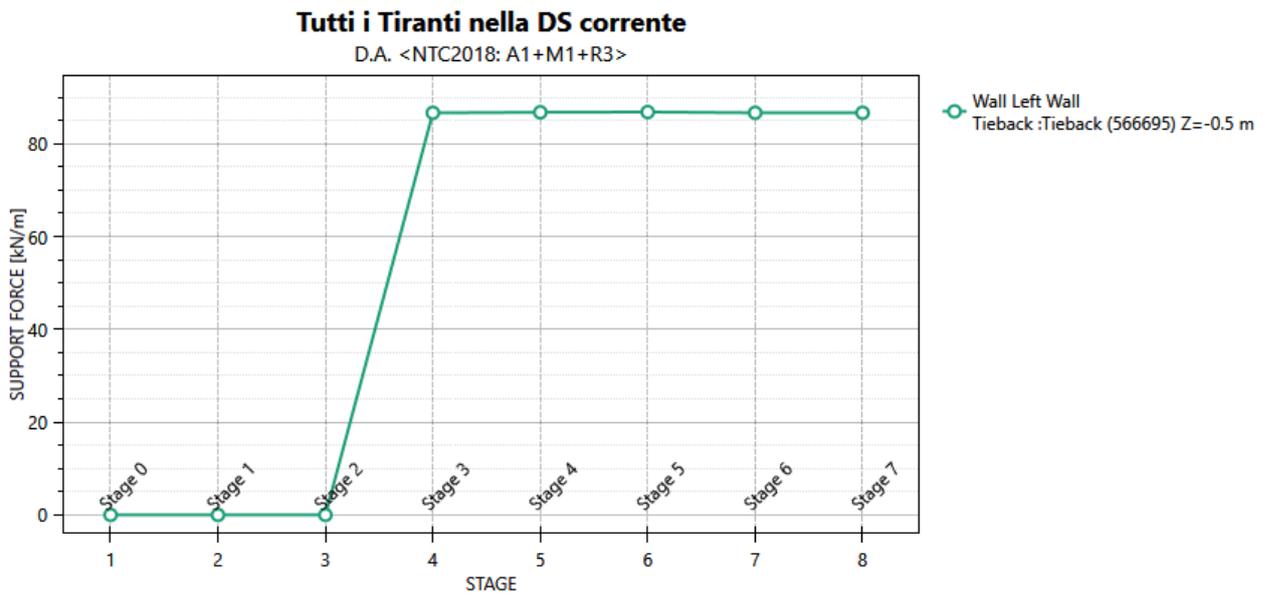
Nel seguito viene presentata la verifica geotecnica e strutturale dei tiranti e delle travi di ripartizione.

La lunghezza libera dei tiranti inclinati è definita in modo tale da posizionare il tratto iniettato (iniezione tipo IRS) fuori dal cuneo di spinta. La resistenza geotecnica del tirante è calcolata secondo il metodo di Bustamante e Doix.

Nel calcolo sono stati considerati i seguenti parametri:

$$\alpha = 1.4 \text{ (Iniezione IRS)}$$

$$\tau = 220 \text{ kPa (Iniezione IRS)}$$



Nelle seguenti tabelle si riporta il resoconto delle verifiche strutturali e geotecniche dei tiranti:

Design Assumption:

Tiranti		Puntoni	Travi di Ripartizione in Acciaio	Travi di Ripartizione in Calcestruzzo					
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	
Tieback	Stage 3	260.01	537.56	605.56	0.484	0.429	✓	✓	
Tieback	Stage 4	260.35	537.56	605.56	0.484	0.43	✓	✓	
Tieback	Stage 5	260.52	537.56	605.56	0.485	0.43	✓	✓	
Tieback	Stage 6	260.05	537.56	605.56	0.484	0.429	✓	✓	
Tieback	Stage 7	260.05	537.56	605.56	0.484	0.429	✓	✓	

Design Assumption:

Tiranti		Puntoni	Travi di Ripartizione in Acciaio	Travi di Ripartizione in Calcestruzzo					
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	
Tieback	Stage 3	200.01	537.56	605.56	0.372	0.33	✓	✓	
Tieback	Stage 4	200.27	537.56	605.56	0.373	0.331	✓	✓	
Tieback	Stage 5	200.4	537.56	605.56	0.373	0.331	✓	✓	
Tieback	Stage 6	200.01	537.56	605.56	0.372	0.33	✓	✓	
Tieback	Stage 7	334.66	537.56	605.56	0.623	0.553	✓	✓	

Verifiche Strutturali e Geotecniche Tiranti

9.7 Verifiche cordolo (combinazione SLU/SLV – STR)

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce delle campate è data dall'interasse dei pali ed il carico, uniformemente distribuito, è determinato ripartendo il taglio sollecitante e dalle azioni del tirante (ancorato al cordolo) a metro lineare alla quota inferiore del cordolo, ottenute nel modello di calcolo dell'opera di sostegno. Per essere più cautelativi lo schema considerato è quello di una trave su più appoggi con luce pari all'interasse dei tiranti. Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull'elemento strutturale saranno le seguenti:

$$M_{ed} = \frac{q_{ed} \cdot l^2}{10} \qquad V_{ed} = \frac{q_{ed} \cdot l}{2}$$

Elemento	Involuppo SLU			SLE frequente			SLU	SLE	Luce
	$M_{Y, Ed}$	N_{ed}	V_{Ed}	$M_{, Ed}$	V_{Ed}	N_{ed}	V_{ed}	V_{ed}	L
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[m]
Cordolo	133.1	0.0	208.0	96.3	150.4	0.0	130	94	3.20

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					FS	
Elemento	b	h	M_{ed}	Armature	A_s	c	d	M_{Rd}		
	[mm]	[mm]	[kNm]		[mm ²]	[mm]	[mm]	[kNm]	[-]	
Cordolo	Lato DX	1000	1000	133.1	φ14/20	769.69	60	940	285.8	2.15
	Lato SX				φ14/20	769.69	60			

Elemento	Armature trasversali				Taglio Trazione		FS
	n_b	Ø	p	A_{sw}	V_{Rsd}	V_{rd}	
			(mm)	(mm ²)	(KN)		
Cordolo	2	10	400	157.08	325.00	325.00	1.56

Verifica delle tensioni	M_{ed}	σ_c	$0,6 f_{ck}$	FS	σ_f	$0,8 f_{yk}$	FS
	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
Comb. Rara	96.3	1.45	19.9	13.74	136.30	360.0	2.64

Verifica delle tensioni	M_{ed}	σ_c	$0,45 f_{ck}$	FS
	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
Comb. Q.Perm.	96.3	1.45	14.9	10.30

Di seguito si riporta la verifica a fessurazione eseguita con il software PresFle+ v.5.15

Mx	0
My	-963000
N	0
Es/Ec	15
Molt. diametro	7.5
Passo (cm)	1
Rid. zona tesa	0.5
Beta 1	1
Beta 2	0.8
K2	0.5
K3	0.125 <input checked="" type="checkbox"/>
fct	15
fct,sr	26
Copriferro	0 <input type="checkbox"/>
Interferro	0 <input type="checkbox"/>

DM 96 EC2

Aggiungi alla relazione

Sezione non fessurata

Sigma c max < fctd

Sollecitazioni di fessurazione

Mx = 0.0 daNcm

My = -2603059.9 daNcm

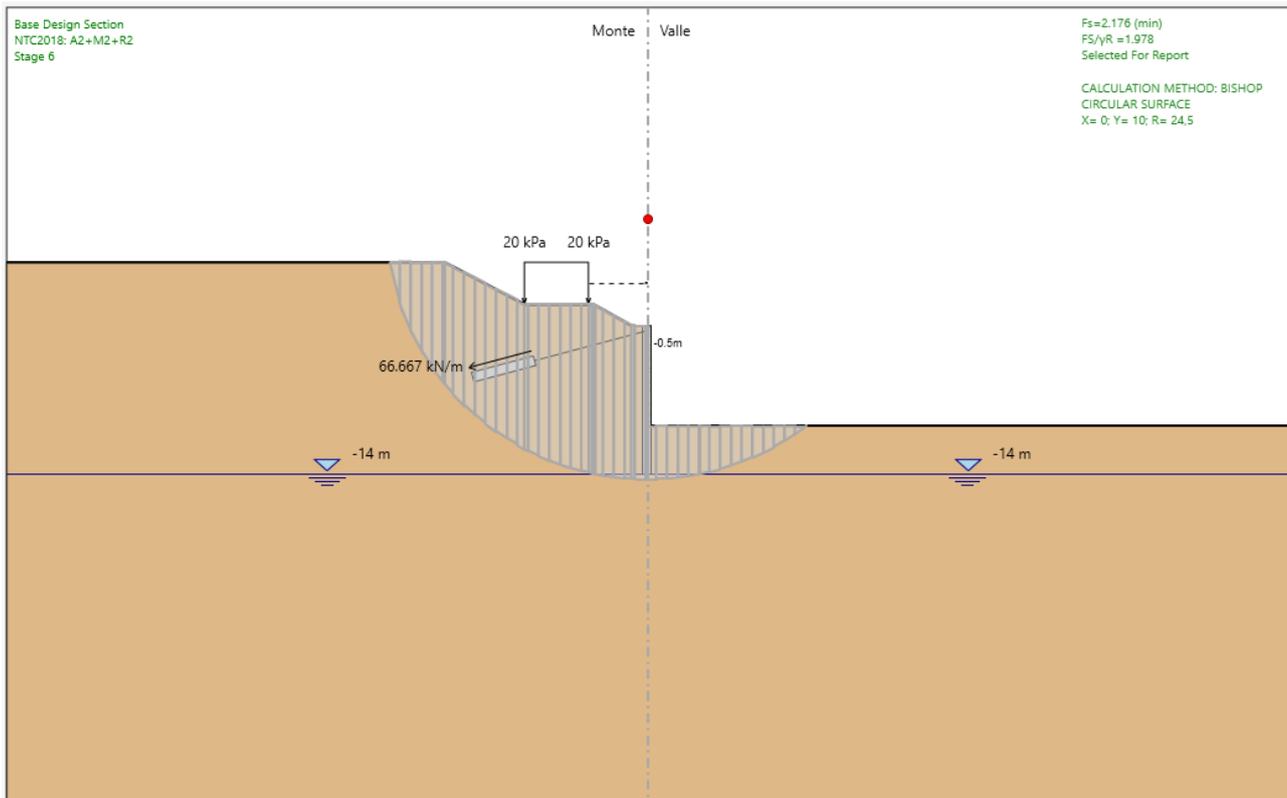
N = 0.0 daNcm

Eps,max acciaio = 0.000036

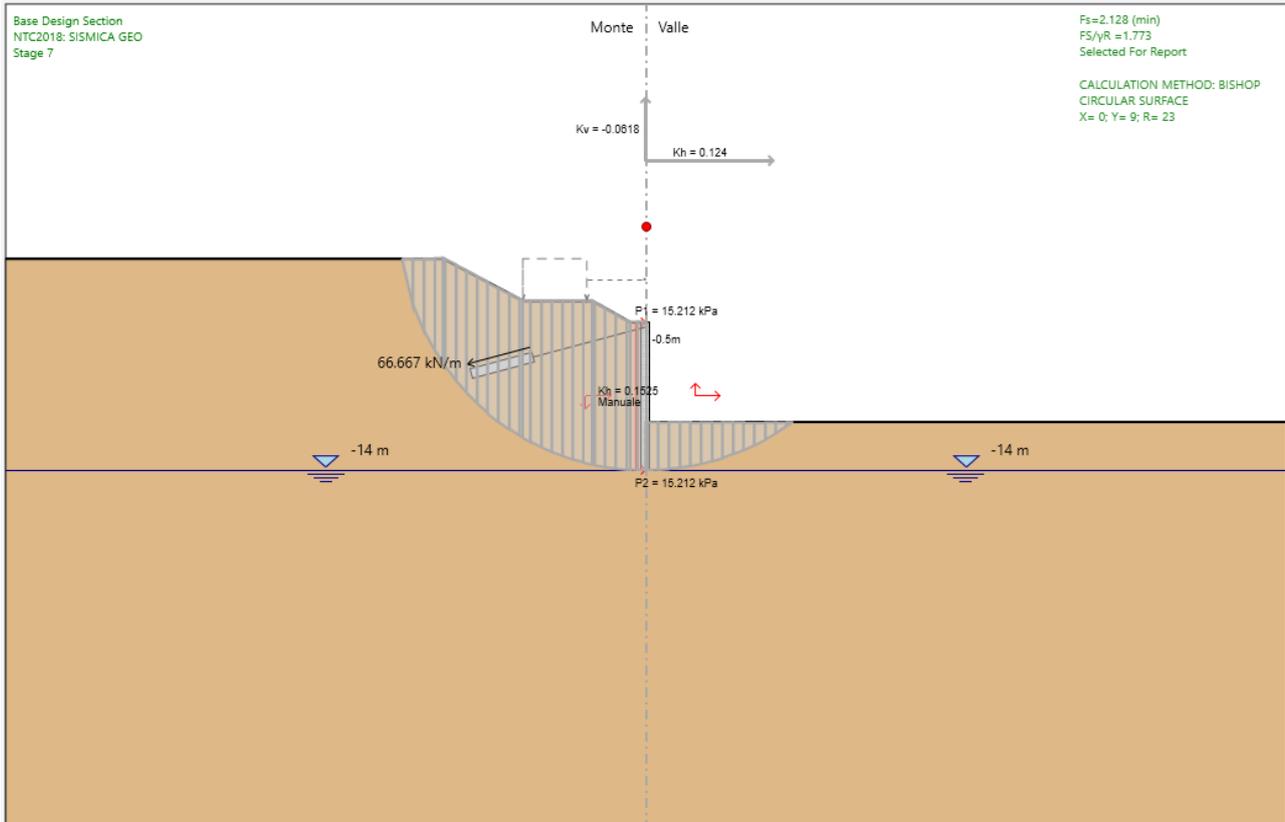
Verifica a fessurazione cordolo - SLE

9.8 Verifiche stabilità globale (combinazione SLU/SLV – GEO)

Di seguito si riportano in forma grafica, i risultati delle Verifiche di Stabilità effettuate con in evidenza le superfici di scivolamento critiche, ed i relativi coefficienti di sicurezza minimi ottenuti. In particolare sono state analizzate le situazioni rappresentative delle condizioni di scavo massimo in fase statica e simica in combinazione GEO:



Superficie di scorrimento in condizioni statiche (A2+M2) – $FS_{min} = 2,17 \geq 1,10$ - OK



Superficie di scorrimento in condizioni sismiche – $FS_{min} = 2,13 \geq 1,20$ - OK

Le verifiche di stabilità globale come si evince dai risultati risultano soddisfatte.

10 ANALISI E VERIFICHE TIPOLOGICO "B"

10.1 Modello di calcolo

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

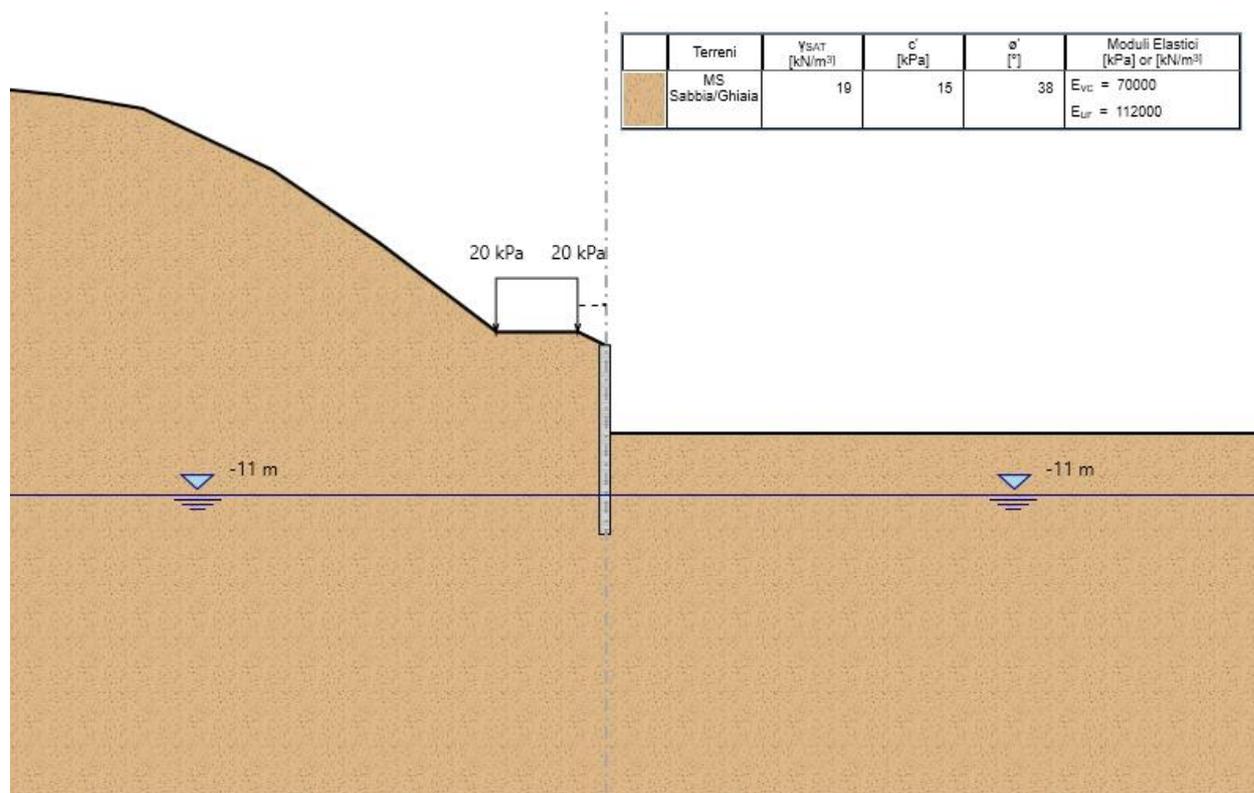


Figura 13 – Modello Paratia (Fase Finale)

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente §4.3, si specifica che nel modello di calcolo è stato utilizzato un modulo di deformazione elastico operativo $E^* = E_{vc} = E_0/5$ e, un modulo di deformazione elastico di ricarica $E_{ur} = 1.6 * E_{vc}$, per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica generale.

L'azione sismica è stata valutata sulla base di quanto riportato al paragrafo 8. Nel caso in esame si ha:

Condizione		Categoria sottosuolo	a_g/g	S	a_{max}/g	α (-)	u_s (m)	β (-)	K_b (-)
SLV		B	0.207	1.19	0.247	1.00	0.03	0.68	0.168

a = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018). Cautelativamente si assume valore unitario
 u_s = spostamento ammissibile
 b = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)
 k_b = coefficiente sismico

Tabella 6 – Parametri per il calcolo azione sismica

Nei paragrafi successivi vengono sinteticamente riportati i principali risultati delle verifiche geotecniche e strutturali del Tipologico in esame.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche del Tipologico in esame:

Tipologico	Elemento	Lunghezza [m]	Diametro [m]	Interasse pali/tiranti [m]	Armatura pali Info tiranti	Travi di Ripartizione
B H.max = 6,50m (6,00m + 0,50m)*	Pali	14	0,80	1,00	Acciaio B450C - 18φ22 St. φ10/20cm	-

Per ulteriori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

10.2 Spostamenti orizzontali (combinazione SLE)

Il massimo spostamento orizzontale per la paratia si ottiene a quota 0 m nell'ultima fase di scavo, e risulta pari a circa 4.58 mm.

Gli spostamenti orizzontali risultano quindi compatibili con l'esercizio dell'opera.

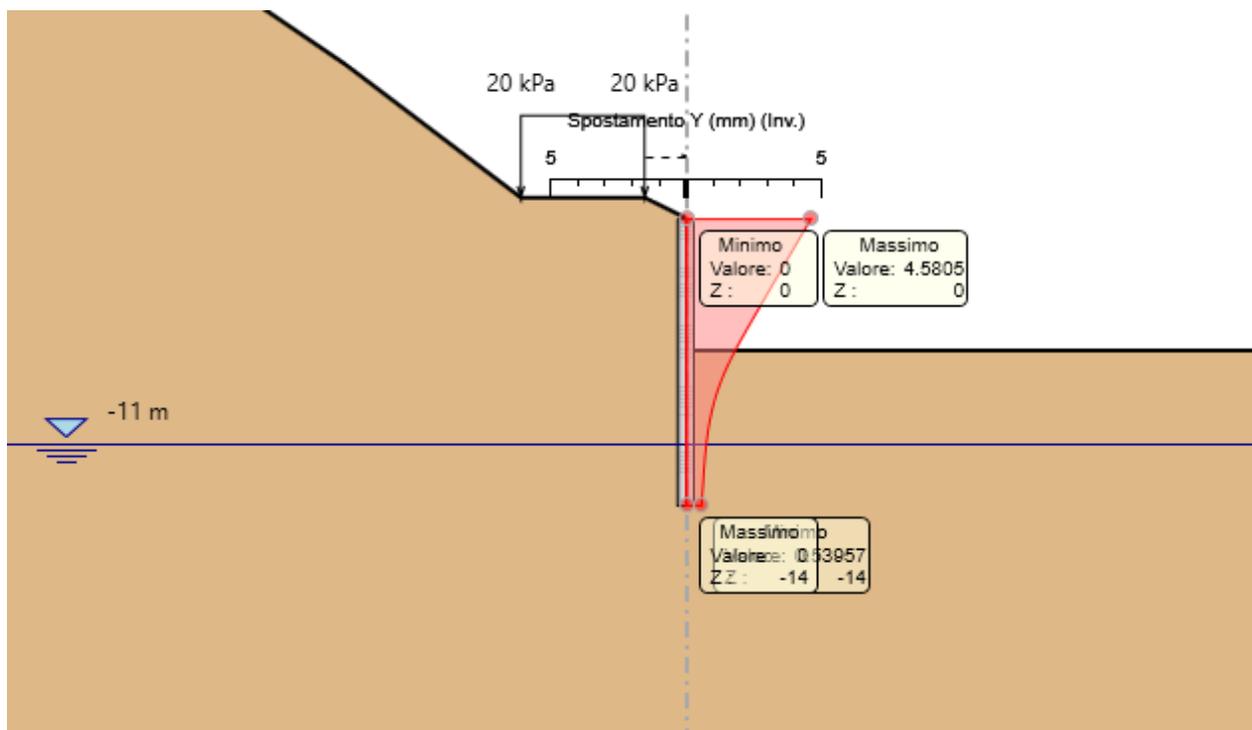


Figura 14: Involucro Spostamenti SLE

10.3 Sollecitazioni Momento flettente e Taglio (involuppo SLU/SLV - STR)

Il massimo momento che si ottiene sulla paratia di Pali si manifesta a quota -8.2 m e risulta pari a 545.71 kNm/m.

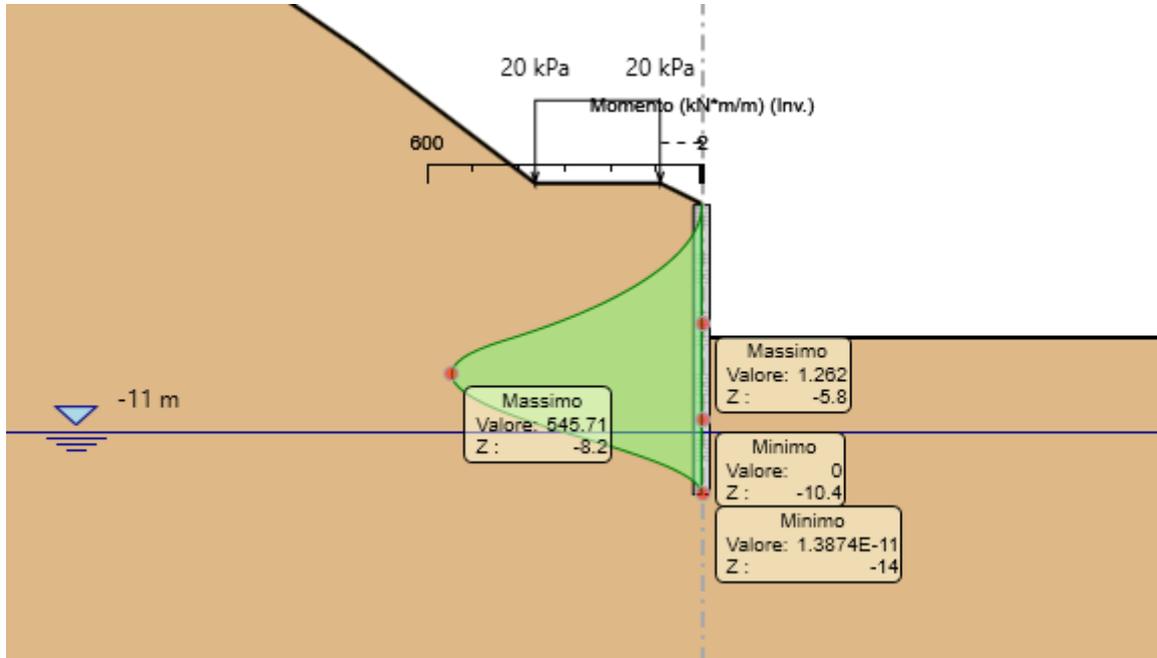


Figura 15: Involuppo Momento Flettente Condizioni Statiche e Sismiche

Il massimo taglio che si ottiene sulla paratia di Pali si manifesta a quota -11.2 m e risulta pari a 149.78 kN/m.

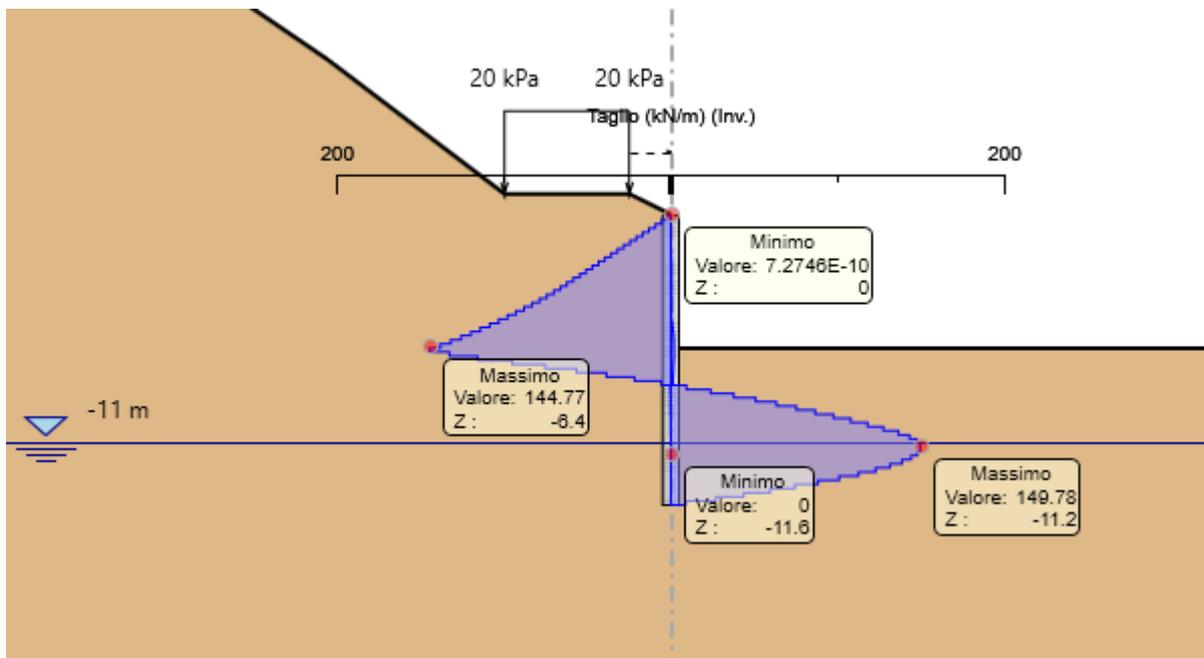
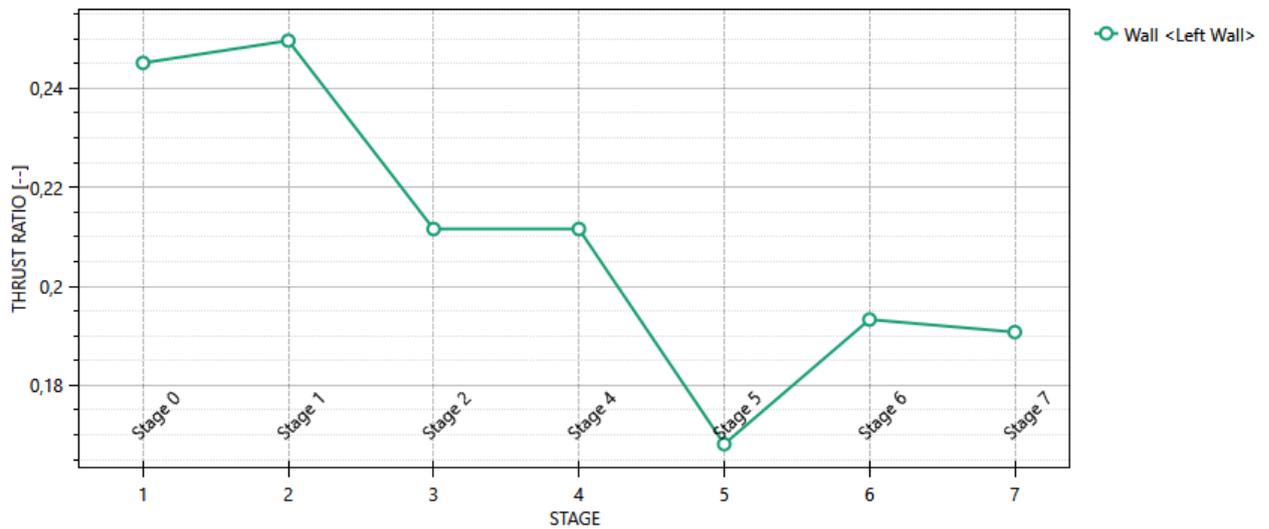


Figura 16: Involuppo Taglio Condizioni Statiche e Sismiche

10.4 Verifiche geotecniche (combinazione SLU/SLV - GEO)

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

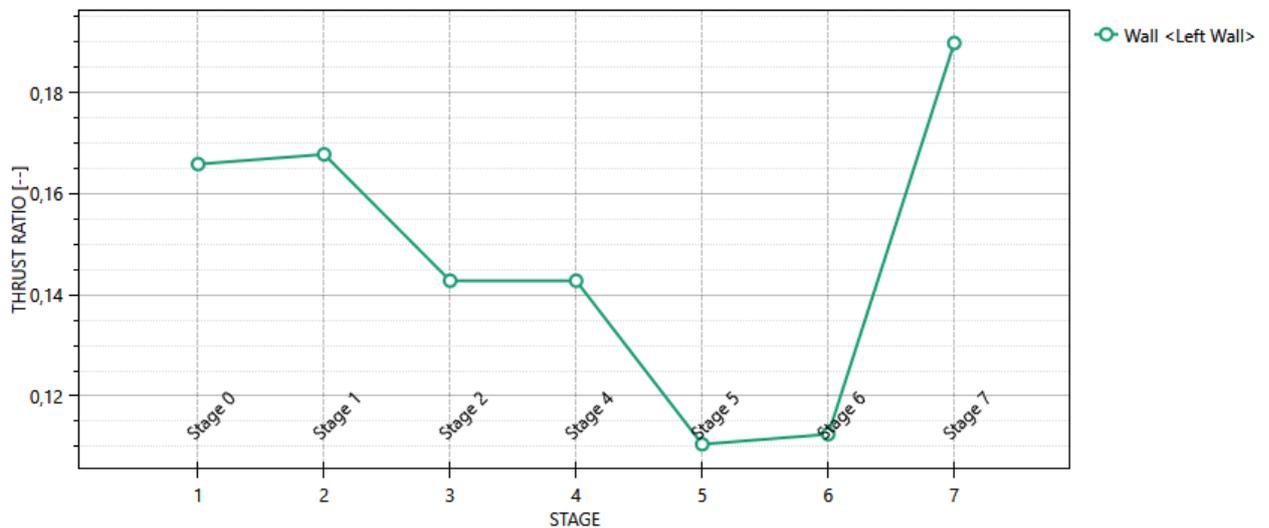
D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



L'andamento riporta i rapporti di mobilitazione in condizione statica GEO ad eccezione dell'ultima fase che corrisponde all'applicazione della azione pseudostatica e quindi non è significativa per la fase GEO. Per quest'ultima si rimanda alla figura successiva che riporta appunto il rapporto di mobilitazione in fase sismica:

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: SISMICA GEO>



In entrambi i casi La spinta sollecitante non eguaglia la resistenza passiva di progetto quindi la verifica è soddisfatta con rapporti di mobilitazione inferiori a 0.25.

10.5 Verifiche strutturali pali (involuppo SLU/SLE - STR)

Il massimo coefficiente di sfruttamento a flessione che si ottiene per le paratie risulta pari a 0.73.

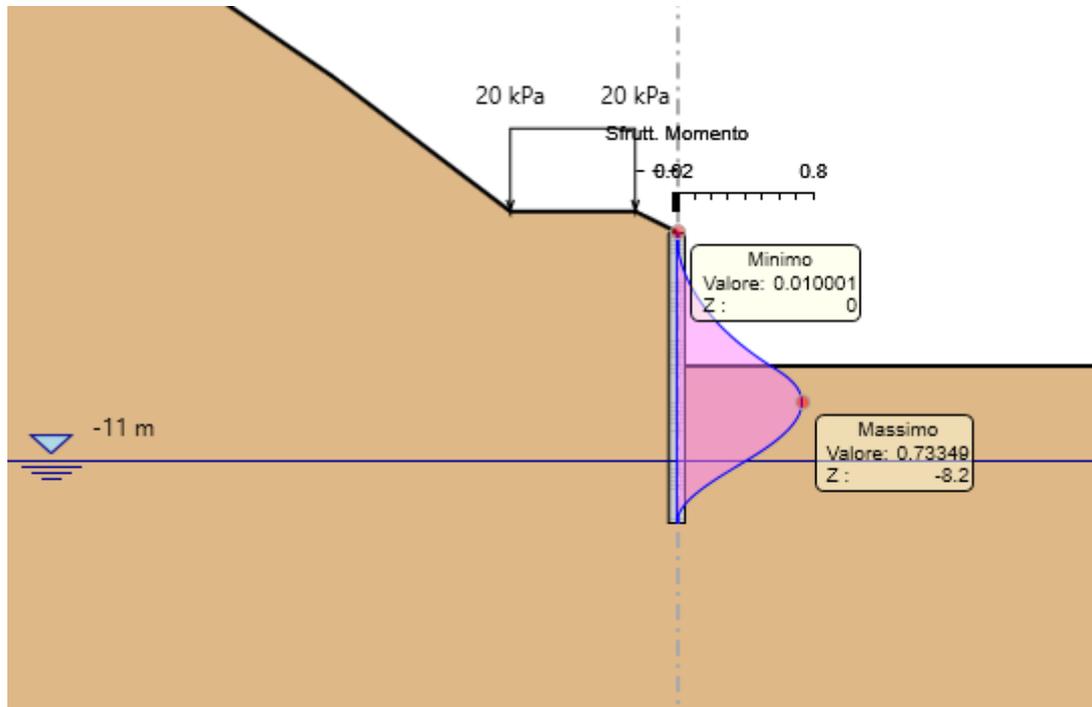


Figura 17: Involuppo coefficiente di sfruttamento a flessione.

Il massimo coefficiente di sfruttamento a taglio che si ottiene per la paratia risulta pari al 0,48.

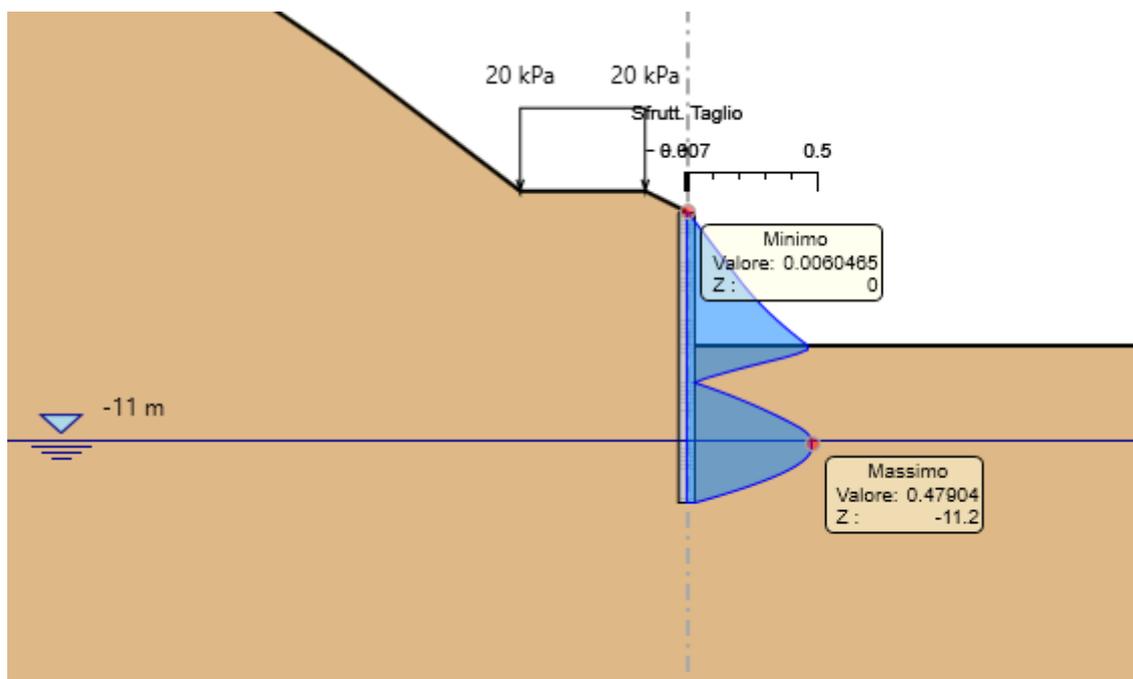


Figura 18: Involuppo coefficiente di sfruttamento a taglio.

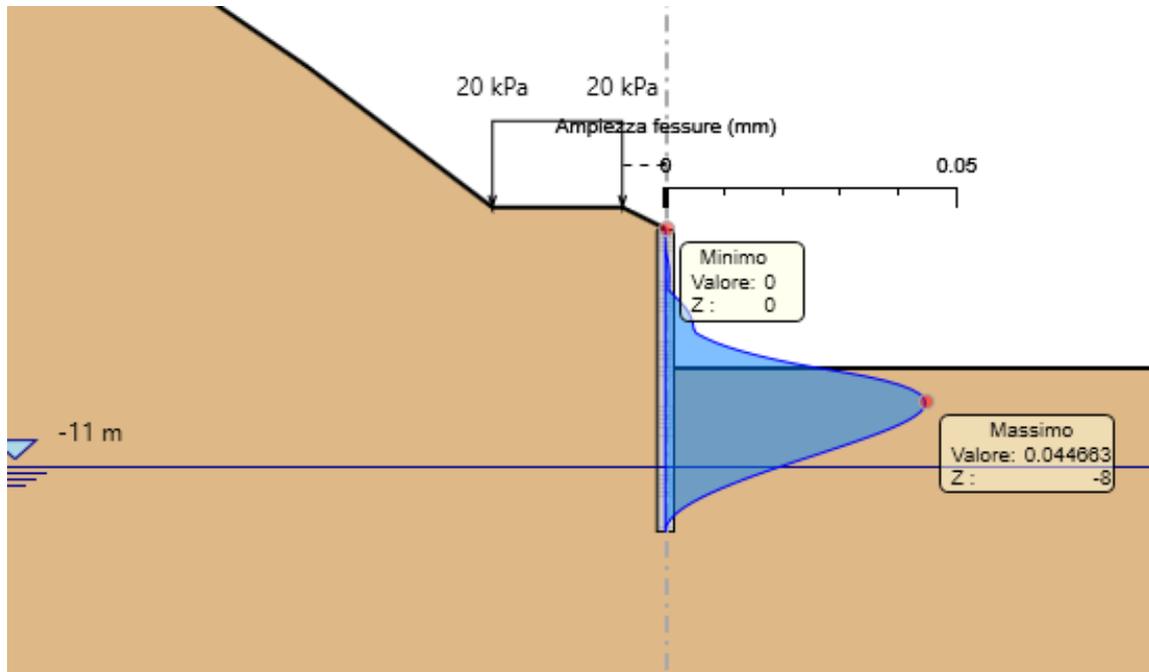


Figura 19: Verifiche a Fessurazione. (valore max 0,04 < 0,20mm)

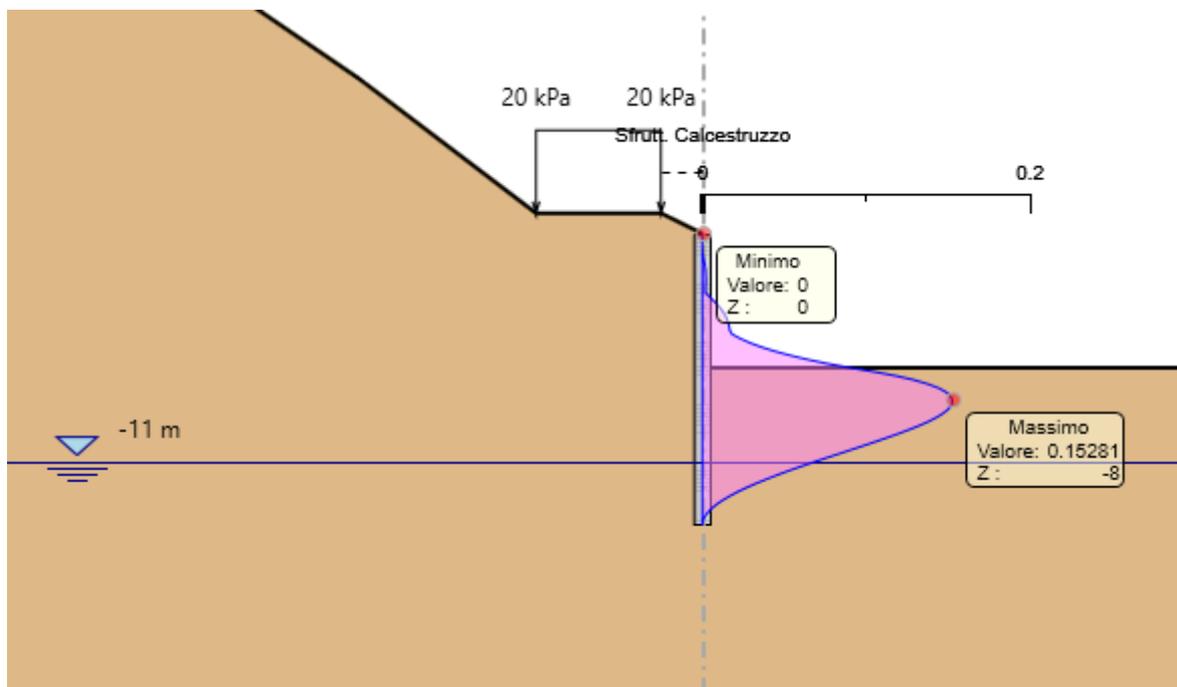


Figura 20: Involuppo coefficiente di sfruttamento tensione nel cls.

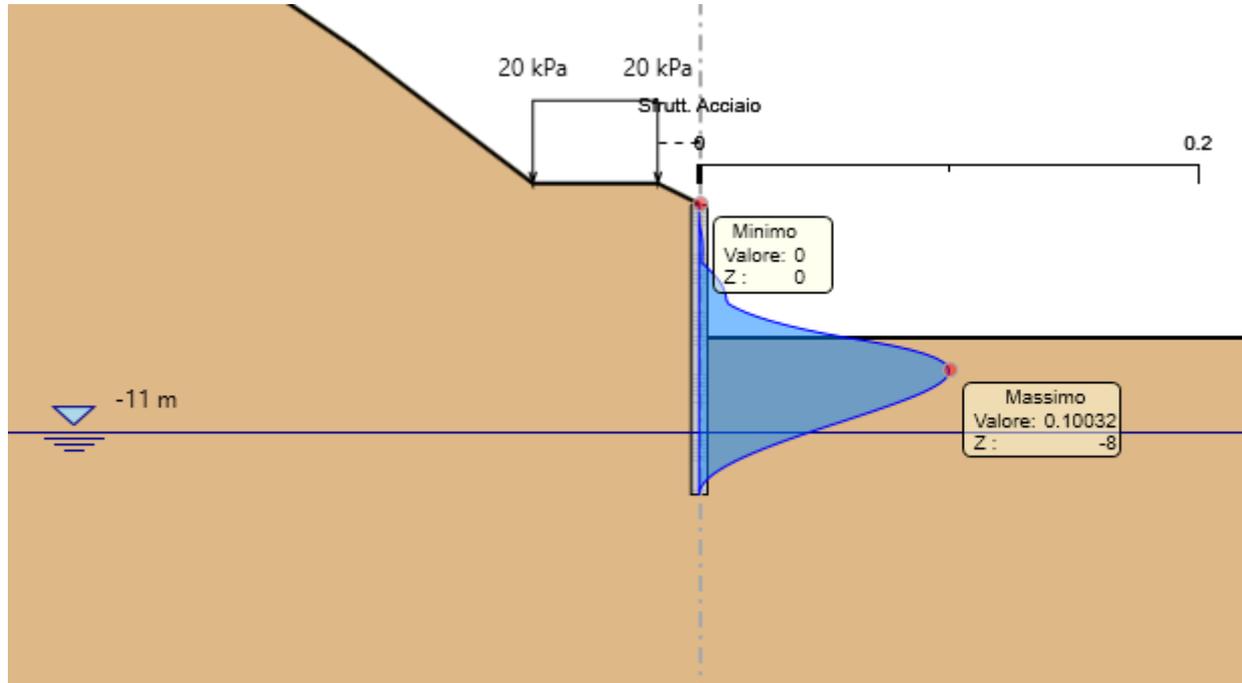


Figura 21: Involuppo coefficiente di sfruttamento tensione nell'acciaio.

10.6 Verifiche cordolo (combinazione SLU/SLV – STR)

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce delle campate è data dall'interasse dei pali ed il carico, uniformemente distribuito, è determinato ripartendo il taglio sollecitante e dalle azioni del tirante (ancorato al cordolo) a metro lineare alla quota inferiore del cordolo, ottenute nel modello di calcolo dell'opera di sostegno. Per essere più cautelativi lo schema considerato è quello di una trave su più appoggi con luce pari all'interasse dei tiranti. Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull'elemento strutturale saranno le seguenti:

$$M_{ed} = \frac{q_{ed} \cdot l^2}{10} \qquad V_{ed} = \frac{q_{ed} \cdot l}{2}$$

Elemento	Involuppo SLU			SLE frequente			SLU	SLE	Luce
	$M_{Y, Ed}$	N_{ed}	V_{Ed}	$M_{, Ed}$	V_{Ed}	N_{ed}	Ved	Ved	L
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[m]
Cordolo	133.1	0.0	208.0	96.3	150.4	0.0	130	94	3.20

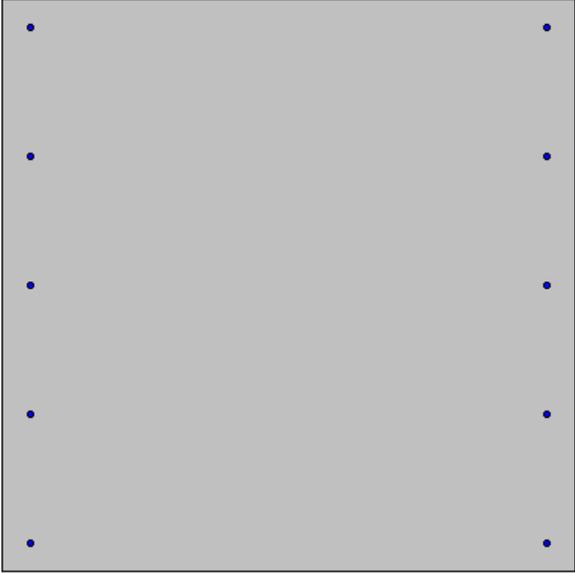
GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE						FS
Elemento	b	h	M_{ed}	Armature	A_s	c	d	M_{Rd}	[-]	
	[mm]	[mm]	[kNm]		[mm ²]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Cordolo	Lato DX	1000	1000	133.1	φ14/20	769.69	60	940	285.8	2.15
	Lato SX				φ14/20	769.69	60			

Elemento	Armature trasversali				Taglio Trazione		FS
	n_b	Ø	p	A_{sw}	V_{Rsd}	V_{rd}	
			(mm)	(mm ²)	(KN)		
Cordolo	2	10	400	157.08	325.00	325.00	1.56

Verifica delle tensioni	M_{ed}	σ_c	$0,6 f_{ck}$	FS	σ_f	$0,8 f_{yk}$	FS
	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
Comb. Rara	96.3	1.45	19.9	13.74	136.30	360.0	2.64

Verifica delle tensioni	M_{ed}	σ_c	$0,45 f_{ck}$	FS
	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
Comb. Q.Perm.	96.3	1.45	14.9	10.30

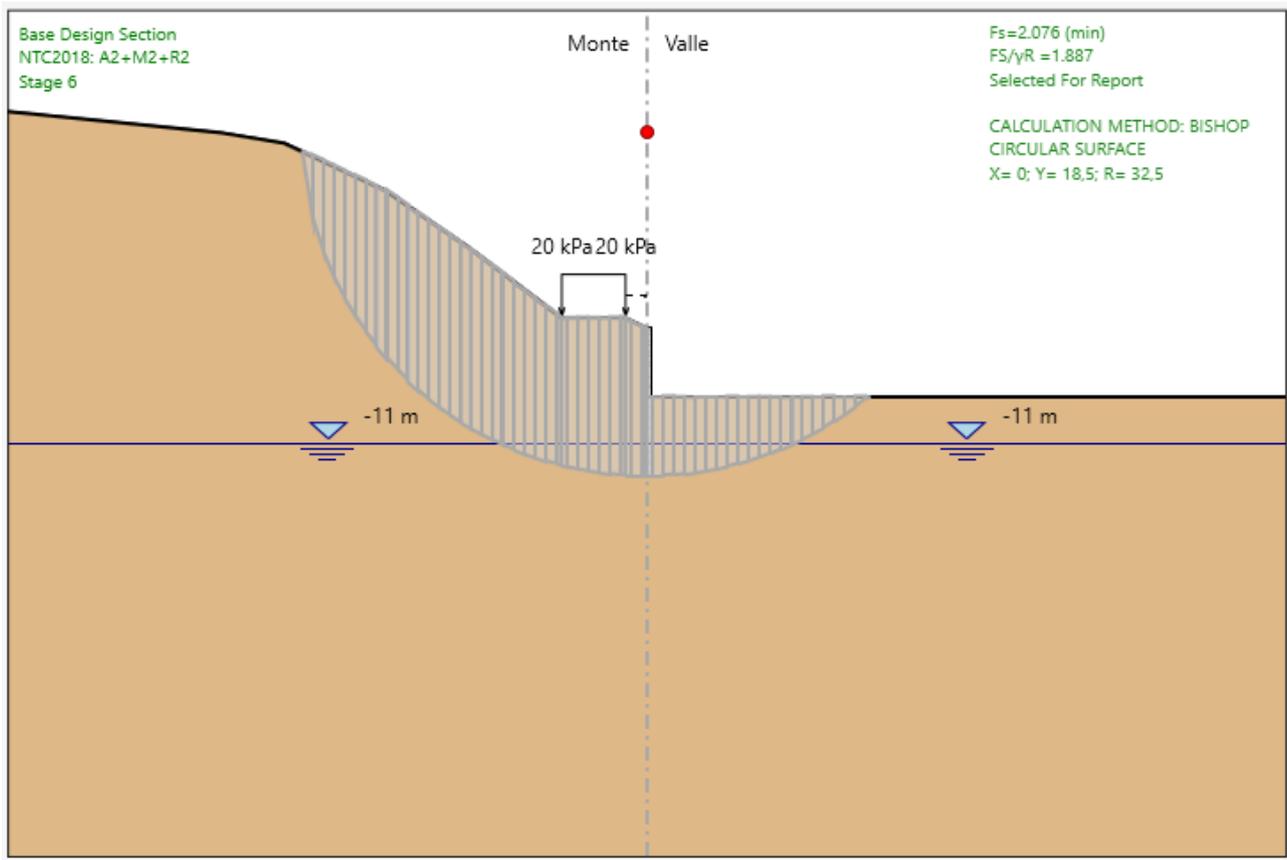
Di seguito si riporta la verifica a fessurazione eseguita con il software PresFle+ v.5.15

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Mx</td><td>0</td></tr> <tr><td>My</td><td>-963000</td></tr> <tr><td>N</td><td>0</td></tr> <tr><td>Es/Ec</td><td>15</td></tr> <tr><td>Molt. diametro</td><td>7.5</td></tr> <tr><td>Passo (cm)</td><td>1</td></tr> <tr><td>Rid. zona tesa</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>Beta 1</td><td>1</td></tr> <tr><td>Beta 2</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>K2</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>K3</td><td>0.125 <input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>fct</td><td>15</td></tr> <tr><td>fct,sr</td><td>26</td></tr> <tr><td>Copriferro</td><td>0 <input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Interferro</td><td>0 <input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Mx	0	My	-963000	N	0	Es/Ec	15	Molt. diametro	7.5	Passo (cm)	1	Rid. zona tesa	0.5	Beta 1	1	Beta 2	0.8	K2	0.5	K3	0.125 <input checked="" type="checkbox"/>	fct	15	fct,sr	26	Copriferro	0 <input type="checkbox"/>	Interferro	0 <input type="checkbox"/>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input checked="" type="radio"/> DM 96 <input type="radio"/> EC2</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione</td></tr> <tr><td>Sezione non fessurata</td></tr> <tr><td>Sigma c max < fctd</td></tr> <tr><td>Sollecitazioni di fessurazione</td></tr> <tr><td>Mx = 0.0 daNcm</td></tr> <tr><td>My = -2603059.9 daNcm</td></tr> <tr><td>N = 0.0 daNcm</td></tr> <tr><td>Eps,max acciaio = 0.000036</td></tr> </table>	<input checked="" type="radio"/> DM 96 <input type="radio"/> EC2	<input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione	Sezione non fessurata	Sigma c max < fctd	Sollecitazioni di fessurazione	Mx = 0.0 daNcm	My = -2603059.9 daNcm	N = 0.0 daNcm	Eps,max acciaio = 0.000036	
Mx	0																																								
My	-963000																																								
N	0																																								
Es/Ec	15																																								
Molt. diametro	7.5																																								
Passo (cm)	1																																								
Rid. zona tesa	0.5																																								
Beta 1	1																																								
Beta 2	0.8																																								
K2	0.5																																								
K3	0.125 <input checked="" type="checkbox"/>																																								
fct	15																																								
fct,sr	26																																								
Copriferro	0 <input type="checkbox"/>																																								
Interferro	0 <input type="checkbox"/>																																								
<input checked="" type="radio"/> DM 96 <input type="radio"/> EC2																																									
<input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione																																									
Sezione non fessurata																																									
Sigma c max < fctd																																									
Sollecitazioni di fessurazione																																									
Mx = 0.0 daNcm																																									
My = -2603059.9 daNcm																																									
N = 0.0 daNcm																																									
Eps,max acciaio = 0.000036																																									

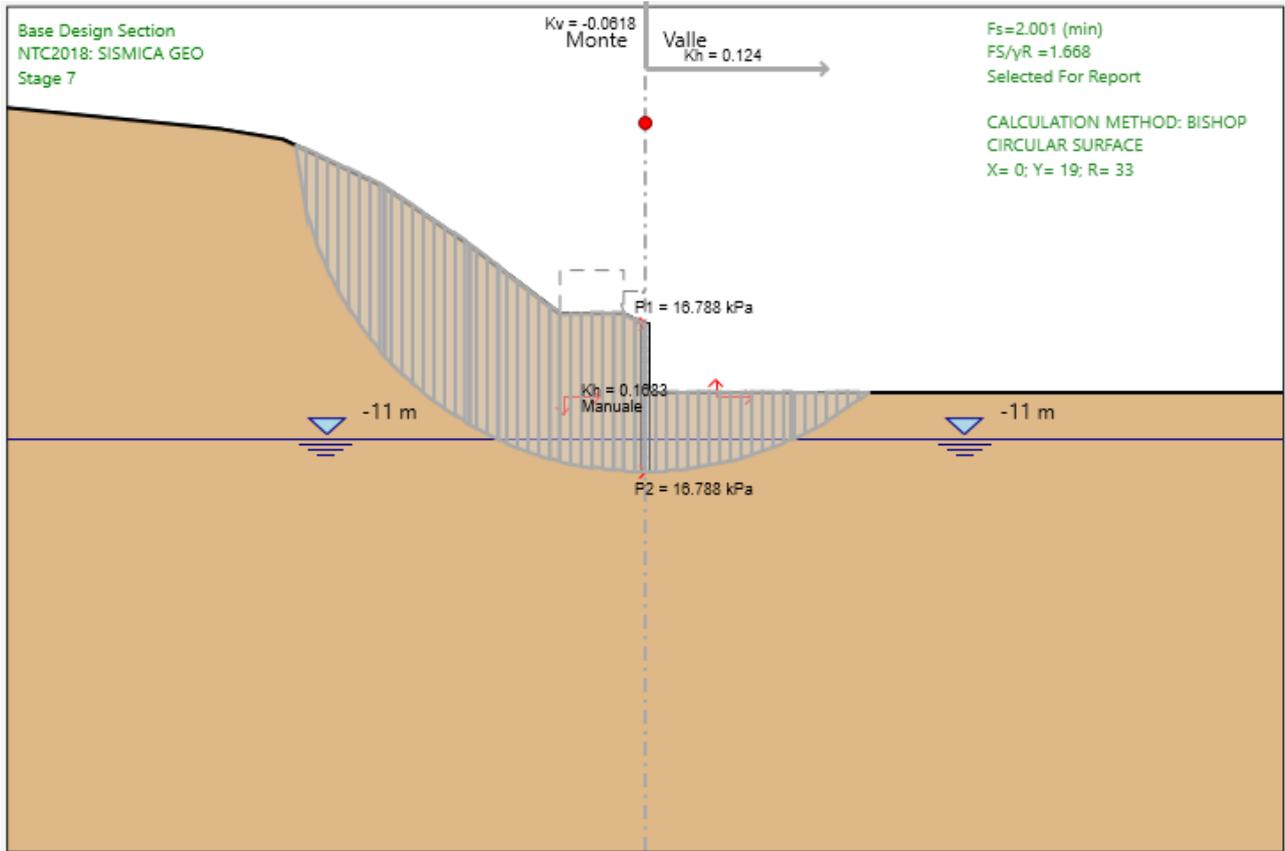
Verifica a fessurazione cordolo - SLE

10.7 Verifiche stabilità globale (combinazione SLU/SLV – GEO)

Di seguito si riportano in forma grafica, i risultati delle Verifiche di Stabilità effettuate con in evidenza le superfici di scivolamento critiche, ed i relativi coefficienti di sicurezza minimi ottenuti. In particolare sono state analizzate le situazioni rappresentative delle condizioni di scavo massimo in fase statica e simica in combinazione GEO:



Superficie di scorrimento in condizioni statiche (A2+M2) – $F_{S_{min}} = 2,07 \geq 1,10$ - OK



Superficie di scorrimento in condizioni sismiche – $FS_{min} = 2,00 \geq 1,20$ - OK

Le verifiche di stabilità globale come si evince dai risultati risultano soddisfatte.

11 ANALISI E VERIFICHE TIPOLOGICO “C”

11.1 Modello di calcolo

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

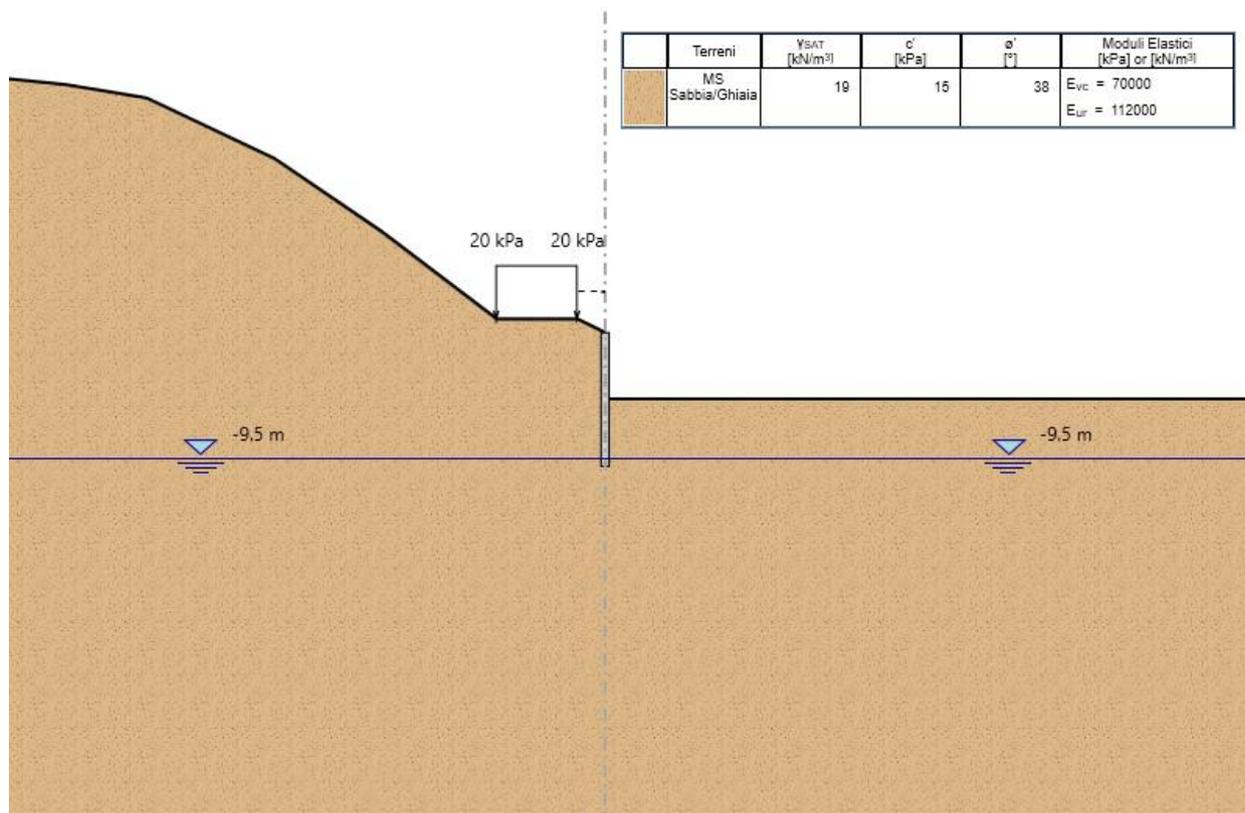


Figura 22 – Modello Paratia (Fase Finale)

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente §4.3, si specifica che nel modello di calcolo è stato utilizzato un modulo di deformazione elastico operativo $E' = E_{vc} = E_0/5$ e, un modulo di deformazione elastico di ricarica $E_{ur} = 1.6 * E_{vc}$, per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica generale.

L'azione sismica è stata valutata sulla base di quanto riportato al paragrafo 8. Nel caso in esame si ha:

Condizione		Categoria sottosuolo	a_g/g	S	a_{max}/g	α	u_s	β	K_h
SLV		B	0.207	1.19	0.247	(-)	(m)	(-)	(-)

a = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018). Cautelativamente si assume valore unitario
 u_s = spostamento ammissibile
 b = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)
 k_h = coefficiente sismico

Tabella 7 – Parametri per il calcolo azione sismica

Nei paragrafi successivi vengono sinteticamente riportati i principali risultati delle verifiche geotecniche e strutturali del Tipologico in esame.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche del Tipologico in esame:

Tipologico	Elemento	Lunghezza [m]	Diametro [m]	Interasse pali/tiranti [m]	Armatura pali Info tiranti	Travi di Ripartizione
C H.max = 5,00m (4,50m + 0,50m)*	Pali	10	0,60	0,80	Acciaio B450C - 18φ18 St. φ10/20cm	-

Per ulteriori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

11.2 Spostamenti orizzontali (combinazione SLE)

Il massimo spostamento orizzontale per la paratia si ottiene a quota 0 m nell'ultima fase di scavo, e risulta pari a circa 1.92 mm.

Gli spostamenti orizzontali risultano quindi compatibili con l'esercizio dell'opera.

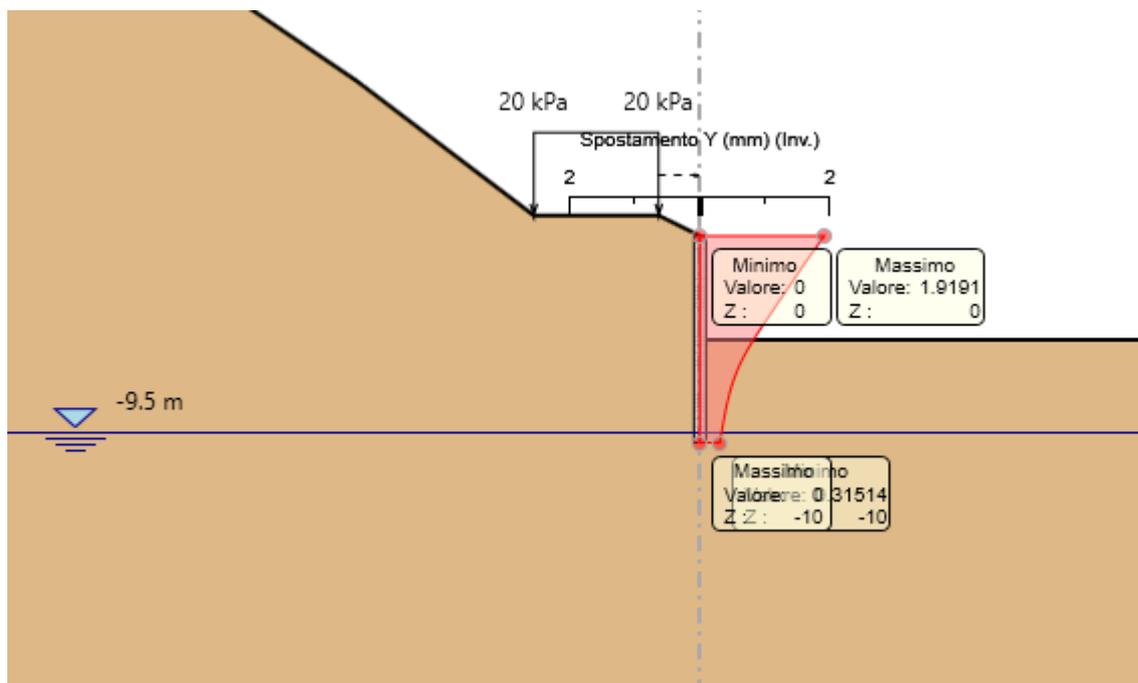


Figura 23: Involucro Spostamenti SLE

11.3 Sollecitazioni Momento flettente e Taglio (involuppo SLU/SLV - STR)

Il massimo momento che si ottiene sulla paratia di Pali si manifesta a quota -6.0 m e risulta pari a 221.53 kNm/m.

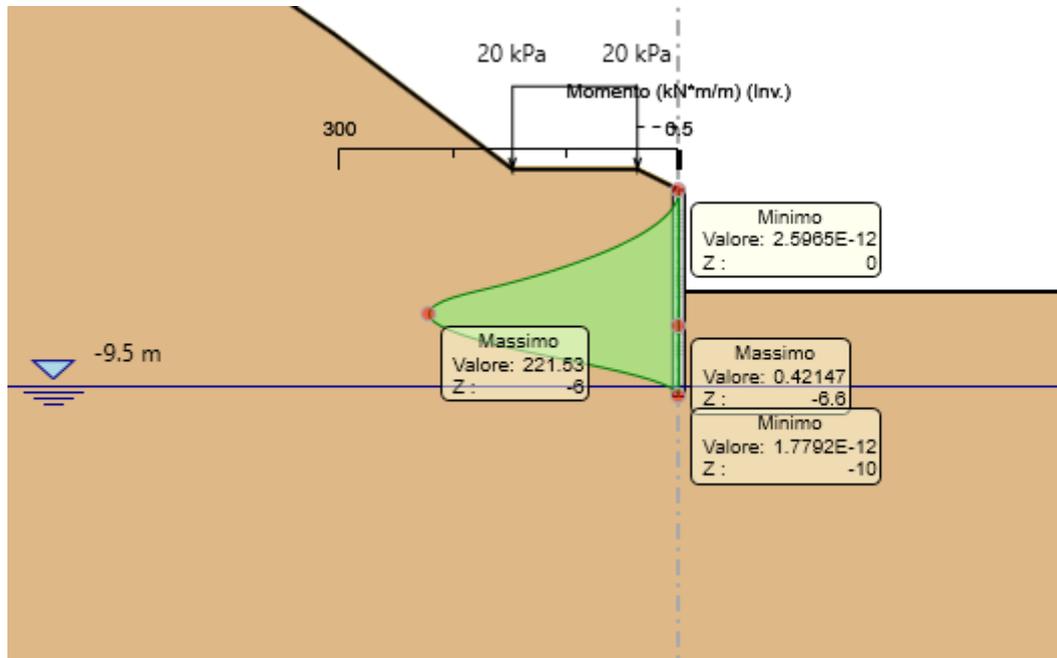


Figura 24: Involuppo Momento Flettente Condizioni Statiche e Sismiche

Il massimo taglio che si ottiene sulla paratia di Pali si manifesta a quota -8.0 m e risulta pari a 88.63 kN/m.

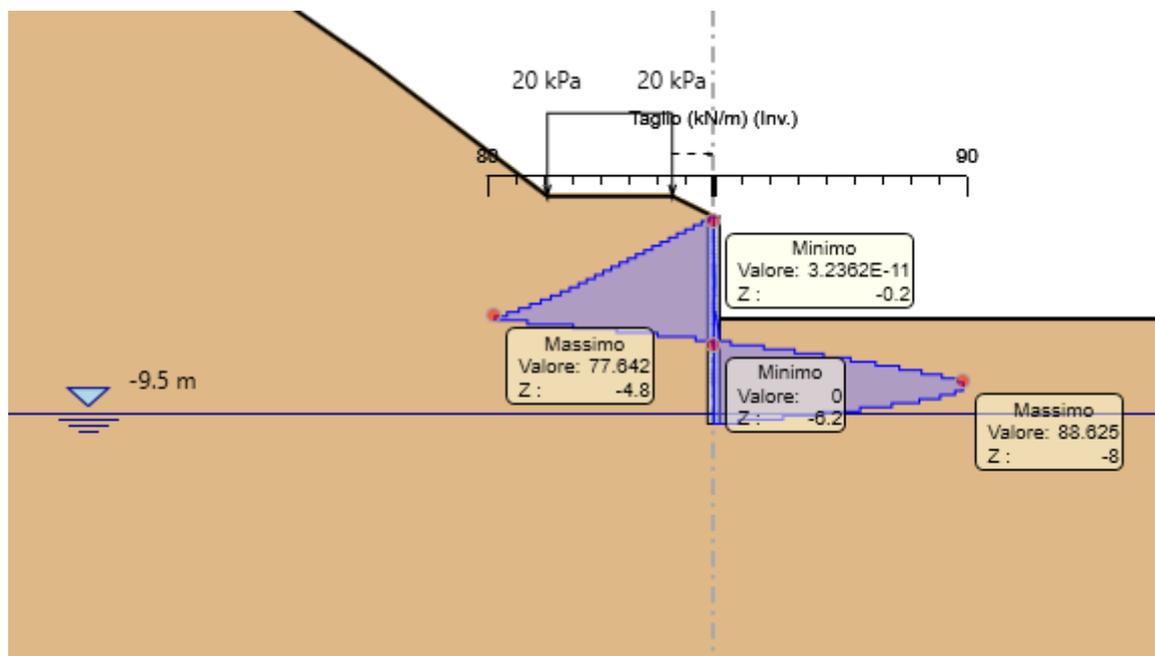
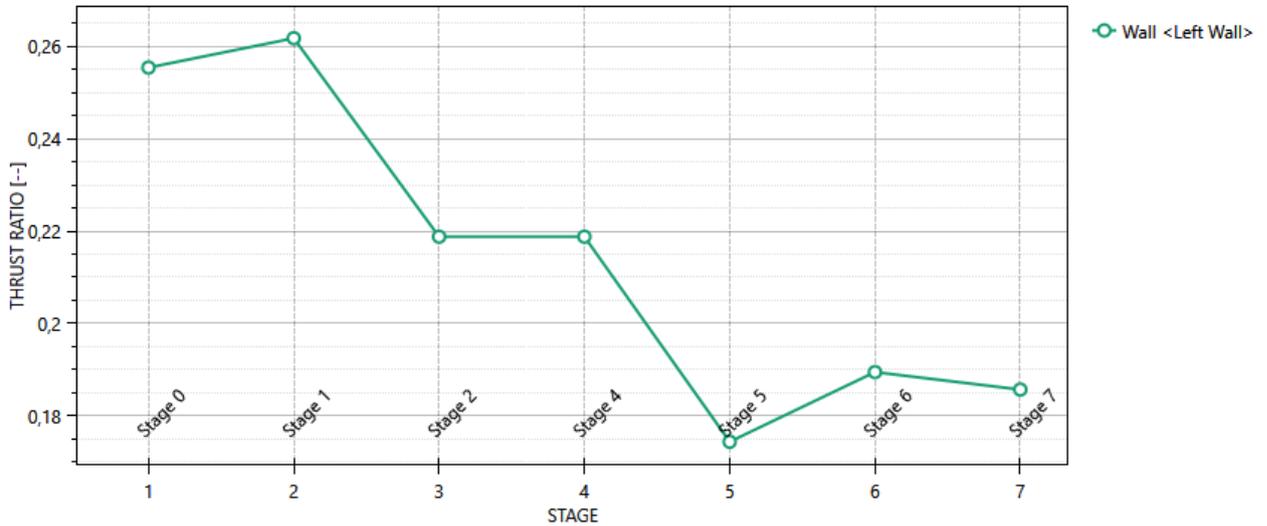


Figura 25: Involuppo Taglio Condizioni Statiche e Sismiche

11.4 Verifiche geotecniche (combinazione SLU/SLV - GEO)

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

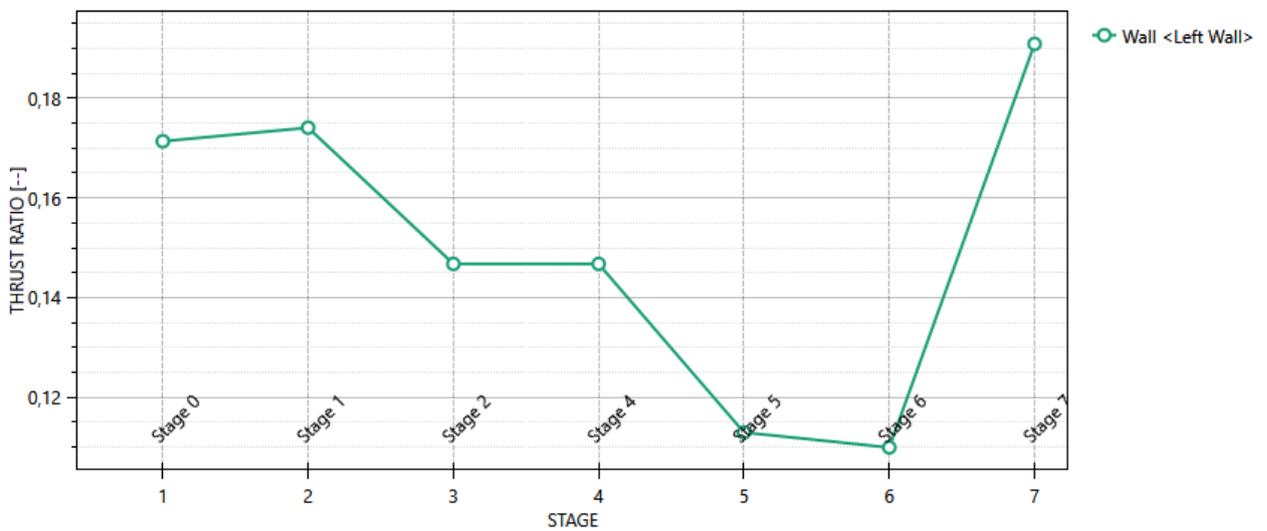
D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



L'andamento riporta i rapporti di mobilitazione in condizione statica GEO ad eccezione dell'ultima fase che corrisponde all'applicazione della azione pseudostatica e quindi non è significativa per la fase GEO. Per quest'ultima si rimanda alla figura successiva che riporta appunto il rapporto di mobilitazione in fase sismica:

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: SISMICA GEO>



In entrambi i casi La spinta sollecitante non eguaglia la resistenza passiva di progetto quindi la verifica è soddisfatta con rapporti di mobilitazione inferiori a 0.3.

11.5 Verifiche strutturali pali (involuppo SLU/SLE - STR)

Il massimo coefficiente di sfruttamento a flessione che si ottiene per le paratie risulta pari a 0.51.

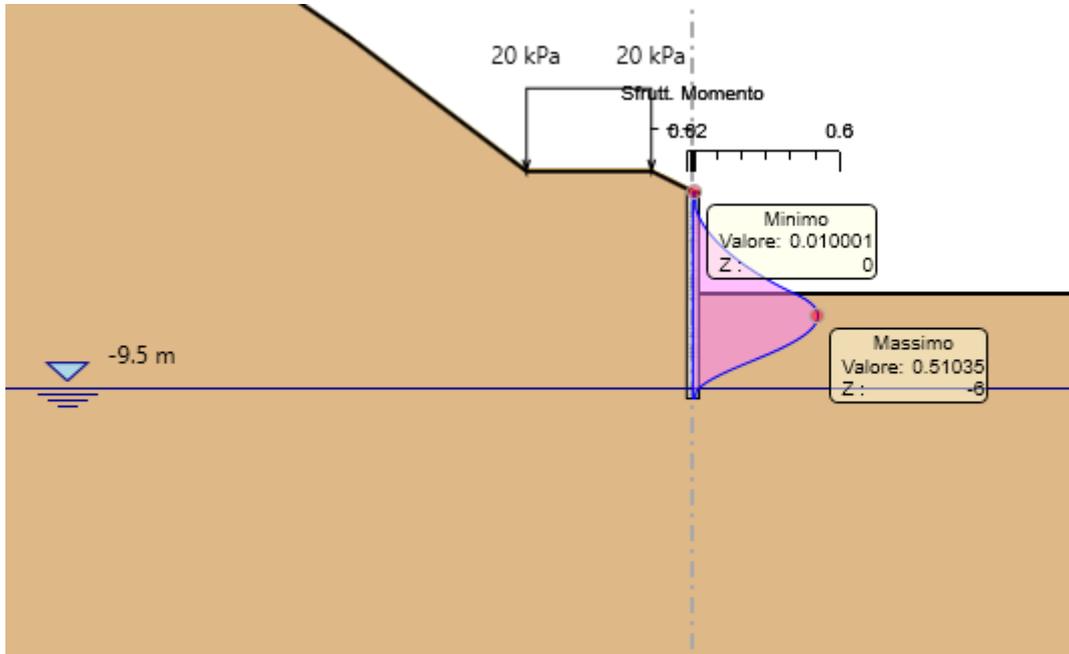


Figura 26: Involuppo coefficiente di sfruttamento a flessione.

Il massimo coefficiente di sfruttamento a taglio che si ottiene per la paratia risulta pari al 0,33.

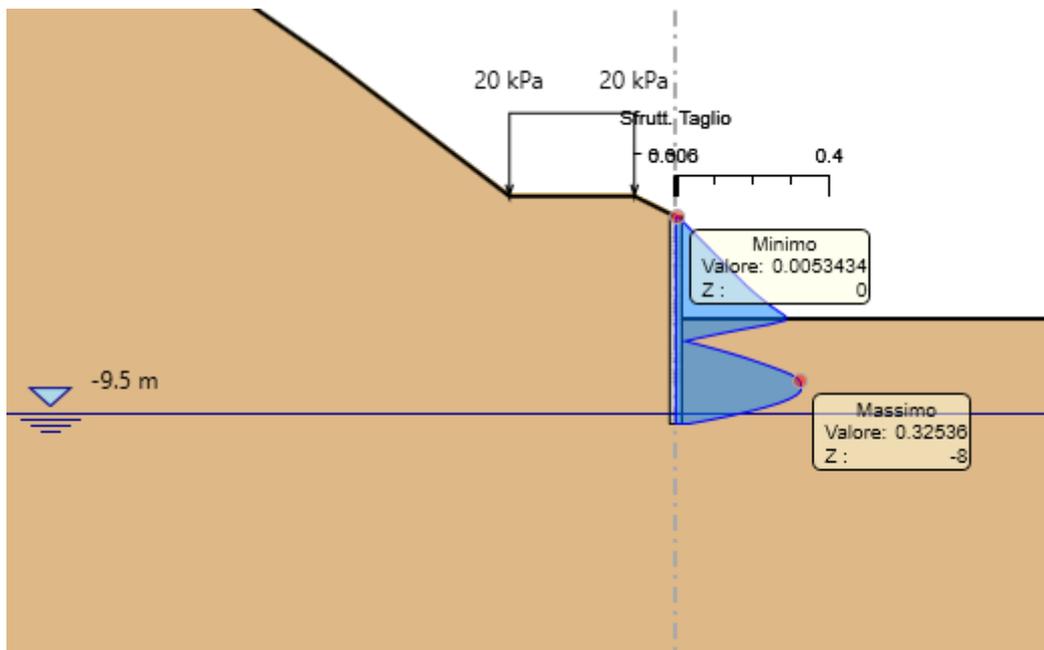


Figura 27: Involuppo coefficiente di sfruttamento a taglio.

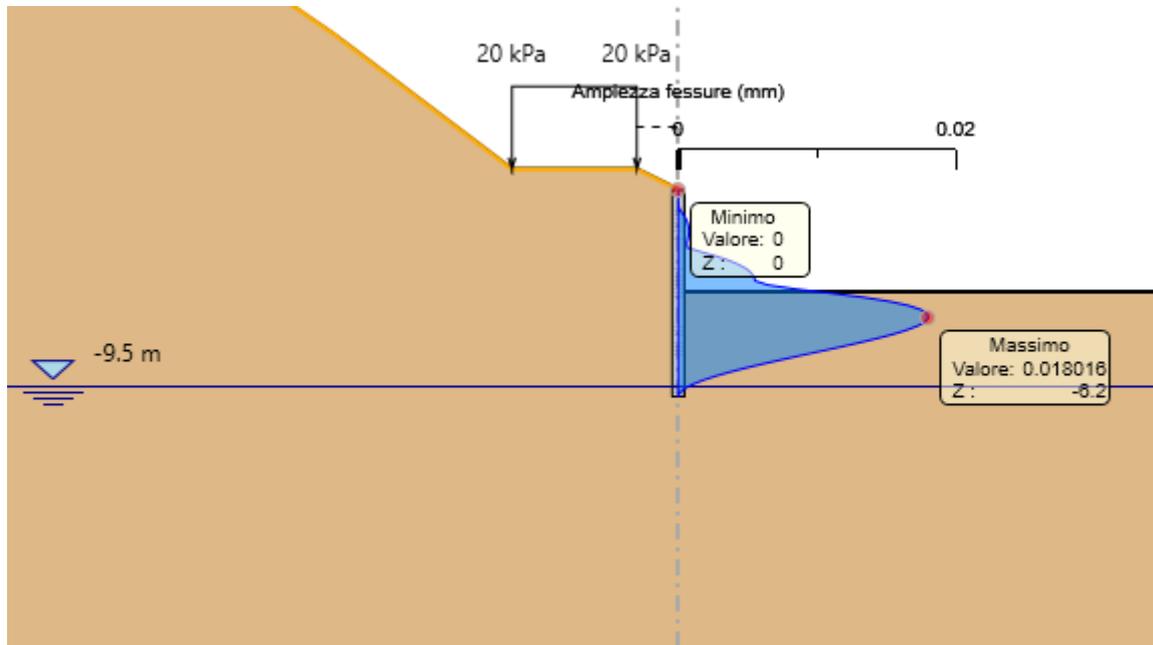


Figura 28: Verifiche a Fessurazione. (valore max 0,02 < 0,20mm)

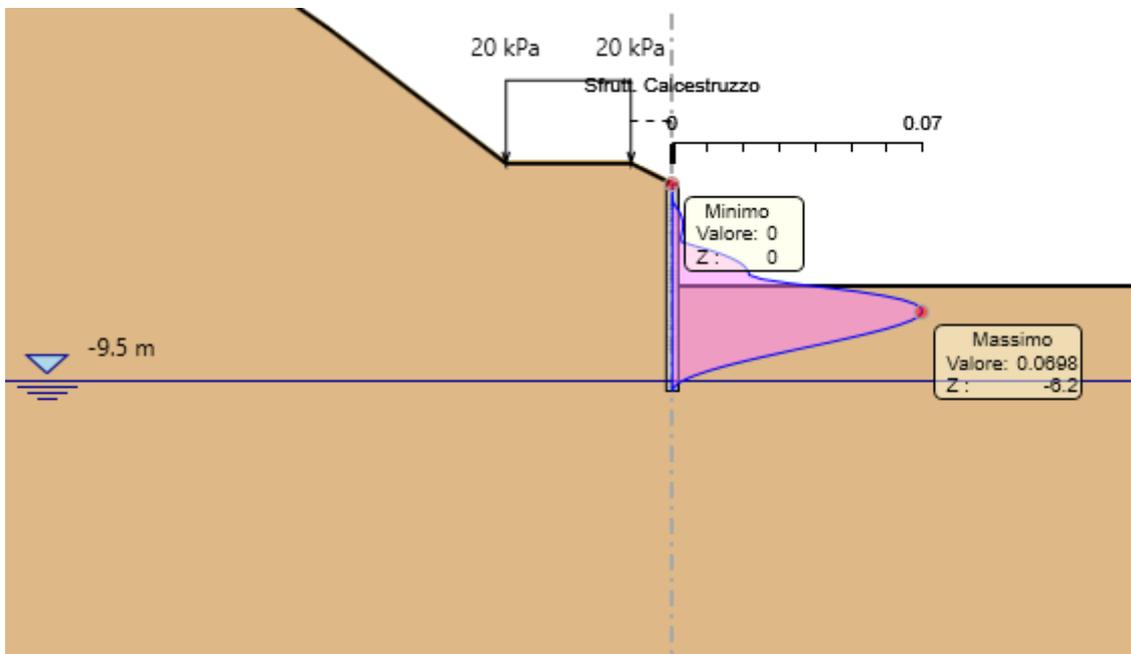


Figura 29: Involuppo coefficiente di sfruttamento tensione nel cls.

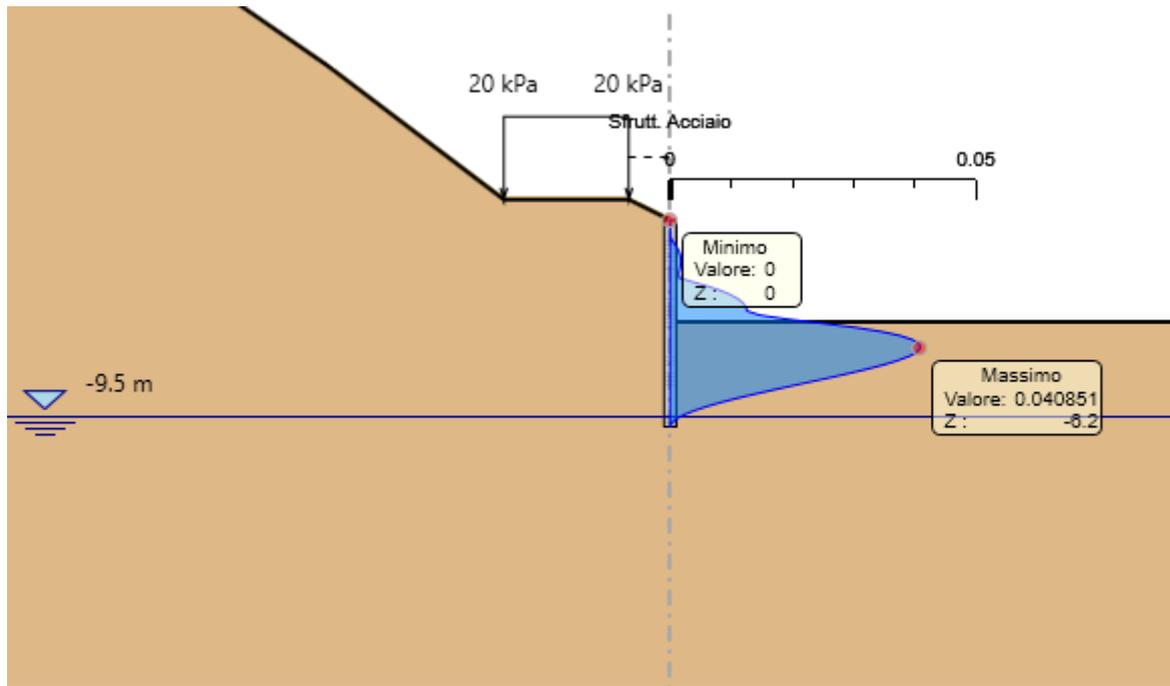


Figura 30: Inviluppo coefficiente di sfruttamento tensione nell'acciaio.

11.6 Verifiche cordolo (combinazione SLU/SLV – STR)

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce delle campate è data dall'interasse dei pali ed il carico, uniformemente distribuito, è determinato ripartendo il taglio sollecitante e dalle azioni del tirante (ancorato al cordolo) a metro lineare alla quota inferiore del cordolo, ottenute nel modello di calcolo dell'opera di sostegno. Per essere più cautelativi lo schema considerato è quello di una trave su più appoggi con luce pari all'interasse dei tiranti. Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull'elemento strutturale saranno le seguenti:

$$M_{ed} = \frac{q_{ed} \cdot l^2}{10} \qquad V_{ed} = \frac{q_{ed} \cdot l}{2}$$

Elemento	Involuppo SLU			SLE frequente			SLU	SLE	Luce
	$M_{Y, Ed}$	N_{ed}	V_{Ed}	$M_{, Ed}$	V_{Ed}	N_{ed}	V_{ed}	V_{ed}	L
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[m]
Cordolo	133.1	0.0	208.0	96.3	150.4	0.0	130	94	3.20

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					FS	
Elemento	b	h	M_{ed}	Armature	A_s	c	d	M_{Rd}		
	[mm]	[mm]	[kNm]		[mm ²]	[mm]	[mm]	[kNm]	[-]	
Cordolo	Lato DX	1000	1000	133.1	φ14/20	769.69	60	940	285.8	2.15
	Lato SX				φ14/20	769.69	60			

Elemento	Armature trasversali				Taglio Trazione		FS
	n_b	Ø	p	A_{sw}	V_{Rsd}	V_{rd}	
			(mm)	(mm ²)	(KN)		
Cordolo	2	10	400	157.08	325.00	325.00	1.56

Verifica delle tensioni	M_{ed}	σ_c	$0,6 f_{ck}$	FS	σ_f	$0,8 f_{yk}$	FS
	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
Comb. Rara	96.3	1.45	19.9	13.74	136.30	360.0	2.64

Verifica delle tensioni	M_{ed}	σ_c	$0,45 f_{ck}$	FS
	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
Comb. Q.Perm.	96.3	1.45	14.9	10.30

Di seguito si riporta la verifica a fessurazione eseguita con il software PresFle+ v.5.15

Mx	<input type="text" value="0"/>
My	<input type="text" value="-963000"/>
N	<input type="text" value="0"/>
Es/Ec	<input type="text" value="15"/>
Molt. diametro	<input type="text" value="7.5"/>
Passo (cm)	<input type="text" value="1"/>
Rid. zona tesa	<input type="text" value="0.5"/>
Beta 1	<input type="text" value="1"/>
Beta 2	<input type="text" value="0.8"/>
K2	<input type="text" value="0.5"/>
K3	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="0.125"/>
fct	<input type="text" value="15"/>
fct,sr	<input type="text" value="26"/>
Copriferro	<input type="text" value="0"/> <input type="checkbox"/>
Interferro	<input type="text" value="0"/> <input type="checkbox"/>

DM 96 EC2

Aggiungi alla relazione

Sezione non fessurata

Sigma c max < fctd

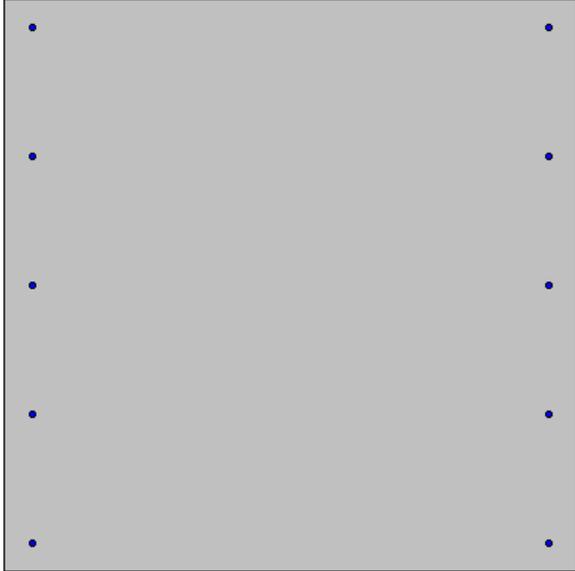
Sollecitazioni di fessurazione

Mx = 0.0 daNcm

My = -2603059.9 daNcm

N = 0.0 daNcm

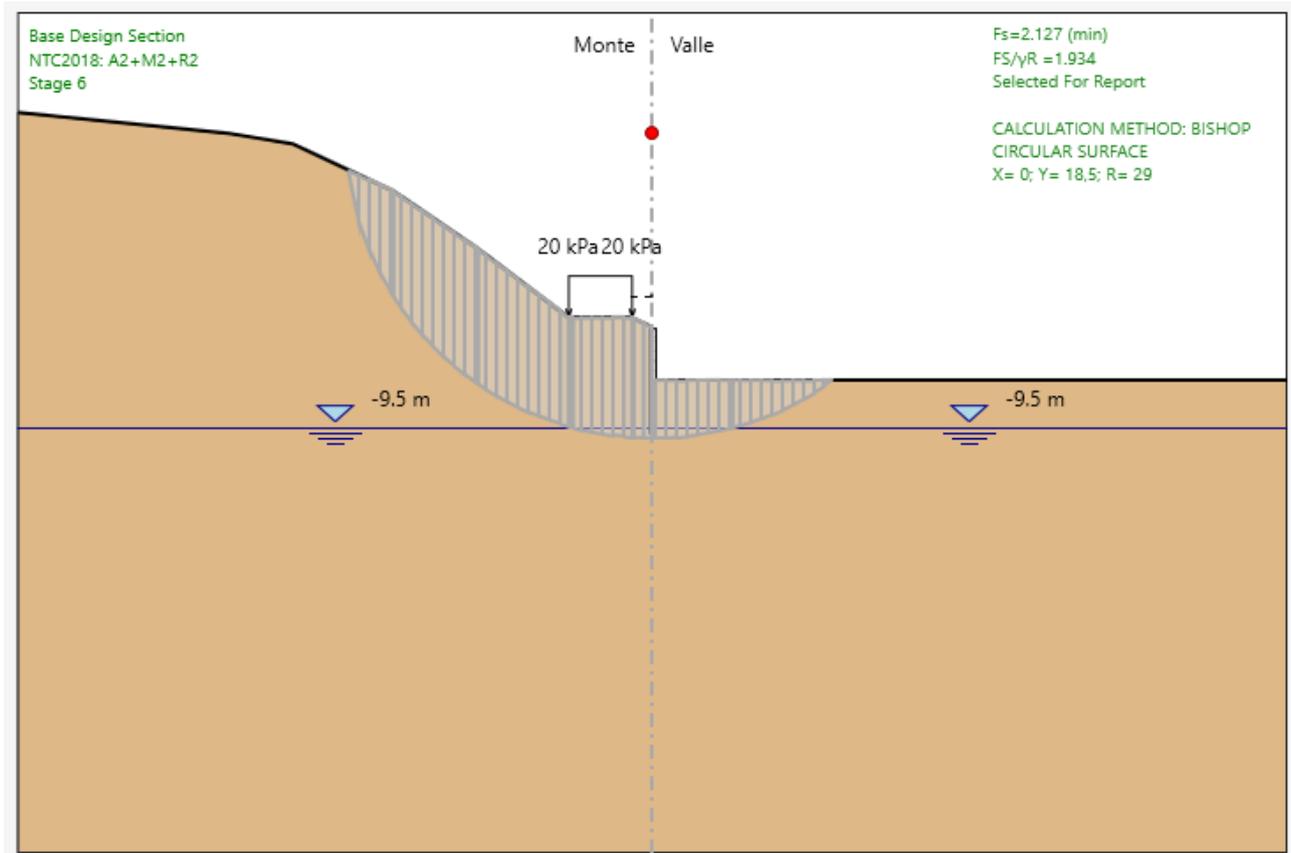
Eps.max acciaio = 0.000036



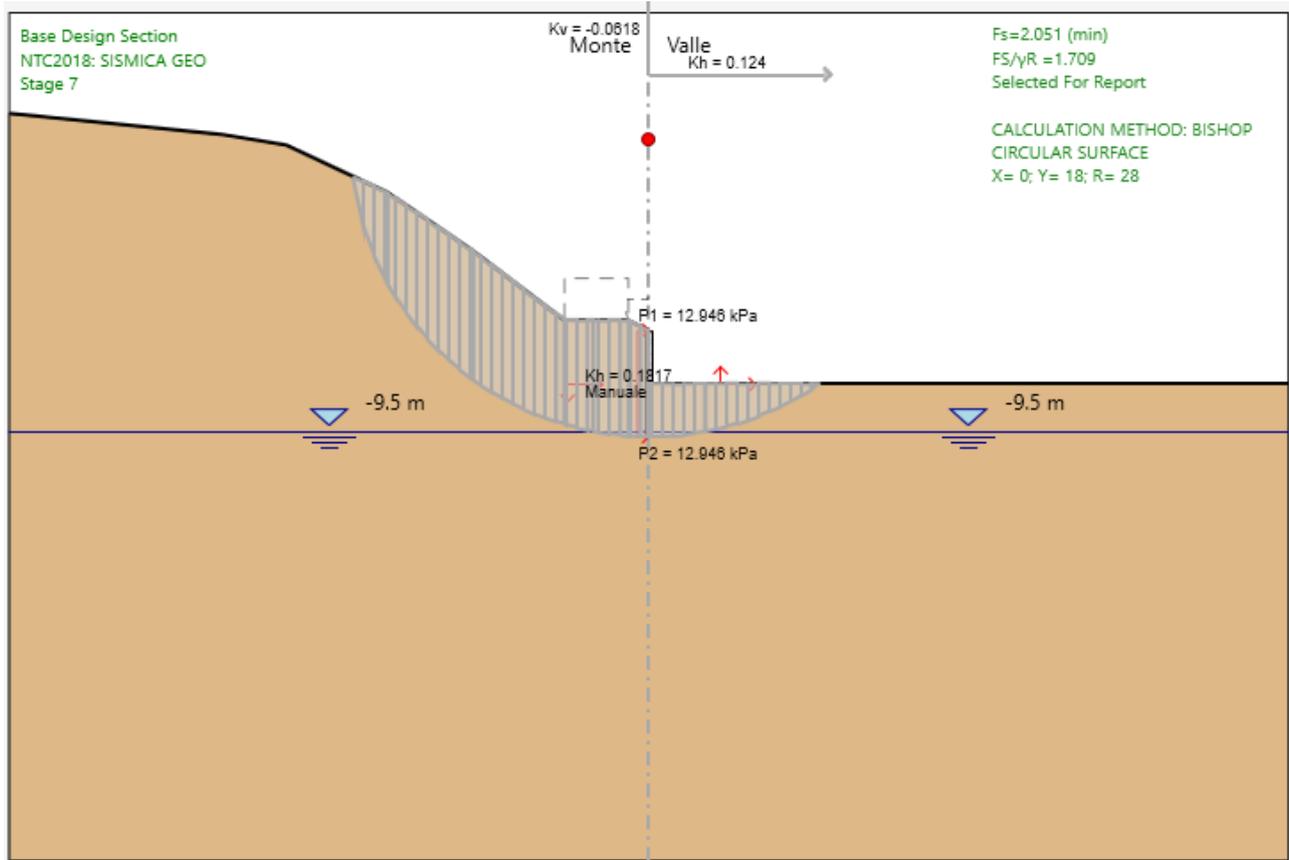
Verifica a fessurazione cordolo - SLE

11.7 Verifiche stabilità globale (combinazione SLU/SLV – GEO)

Di seguito si riportano in forma grafica, i risultati delle Verifiche di Stabilità effettuate con in evidenza le superfici di scivolamento critiche, ed i relativi coefficienti di sicurezza minimi ottenuti. In particolare sono state analizzate le situazioni rappresentative delle condizioni di scavo massimo in fase statica e simica in combinazione GEO:



Superficie di scorrimento in condizioni statiche (A2+M2) – $F_{S_{min}} = 2,13 \geq 1,10$ - OK



Superficie di scorrimento in condizioni sismiche – $FS_{min} = 2,05 \geq 1,20$ - OK

Le verifiche di stabilità globale come si evince dai risultati risultano soddisfatte.

12 TABULATI DI CALCOLO

12.1 Tipologico “A”

Descrizione del Software

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

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 20.5 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c_v	ϕ	c'	Su	Modulo	Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Avexp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa	kPa			kPa		kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	
1	MS	19	19	38				15		Constant		70000	112000										

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 14 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 18

Diametro : 0.018 m

Distanza dal bordo : 0.079 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.01 m

Lunghezza : 14 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.2 m

Sezione : Pali D800

Area equivalente : 0.502654824574367 m

Inerzia equivalente : 0.0201 m⁴/m

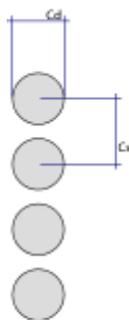
Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1 m

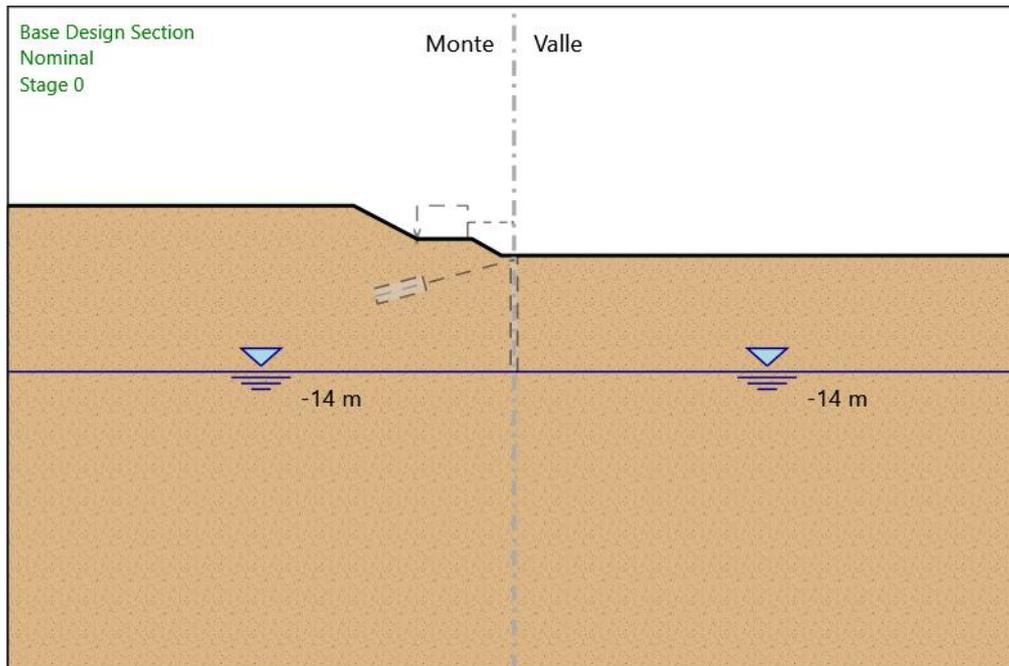
Diametro : 0.8 m

Efficacia : 1



Fasi di Calcolo

Stage 0



Stage 0

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;6)

(-41.5;6)

(-30;6)

(-19;6)

(-11.5;2)

(-5;2)

(-1.5;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

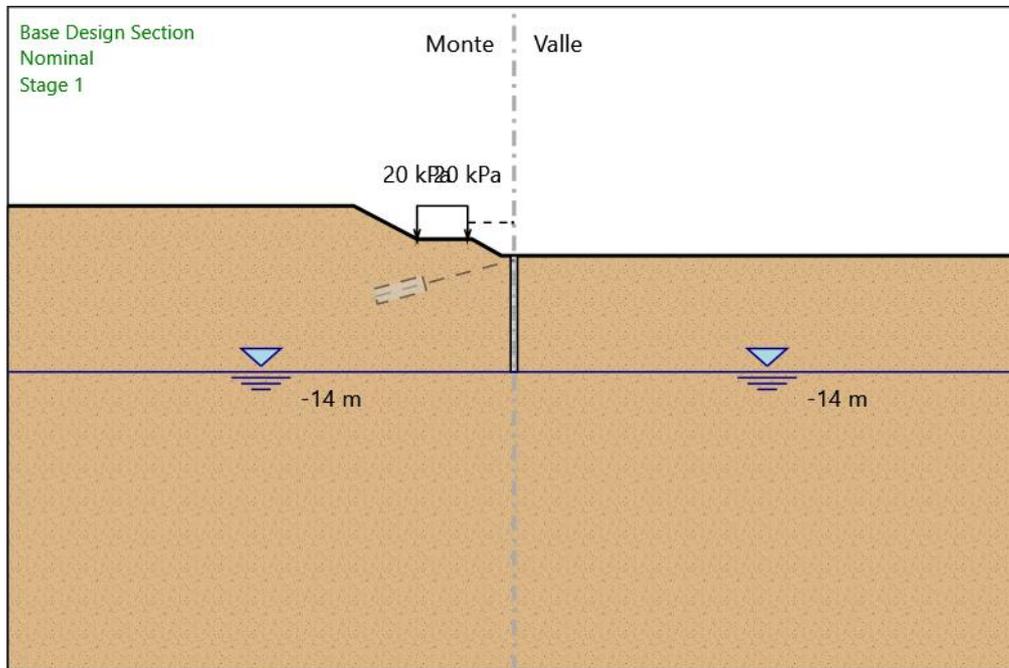
0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -14 m

Falda di destra : -14 m

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;6)

(-41.5;6)

(-30;6)

(-19;6)

(-11.5;2)

(-5;2)

(-1.5;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -14 m

Falda di destra : -14 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.5 m

X finale : -5.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

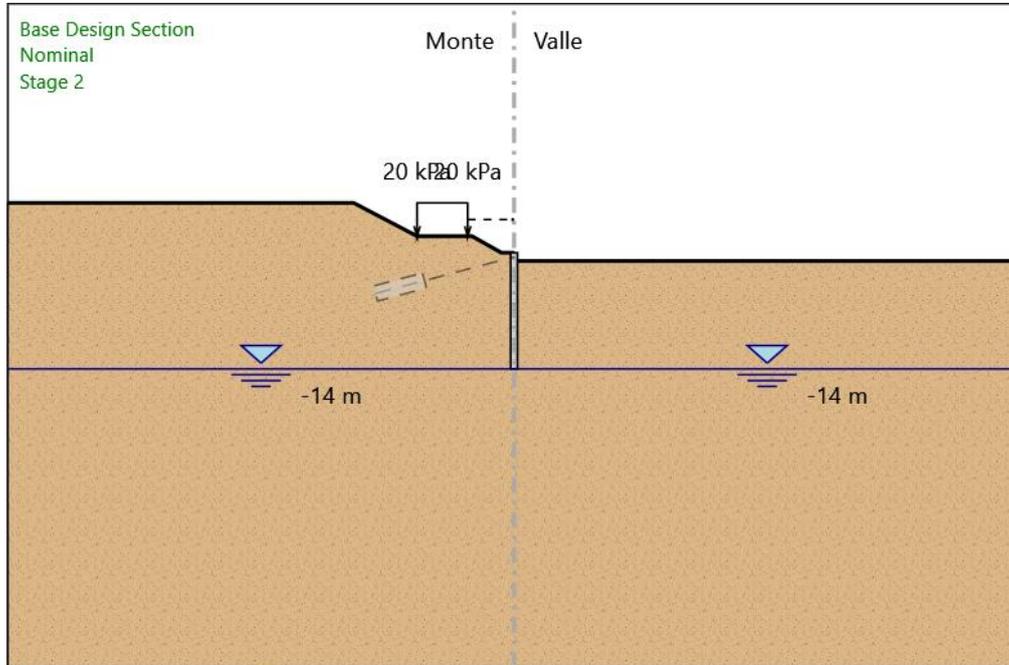
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;6)

(-41.5;6)

(-30;6)

(-19;6)

(-11.5;2)

(-5;2)

(-1.5;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -14 m

Falda di destra : -14 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.5 m

X finale : -5.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

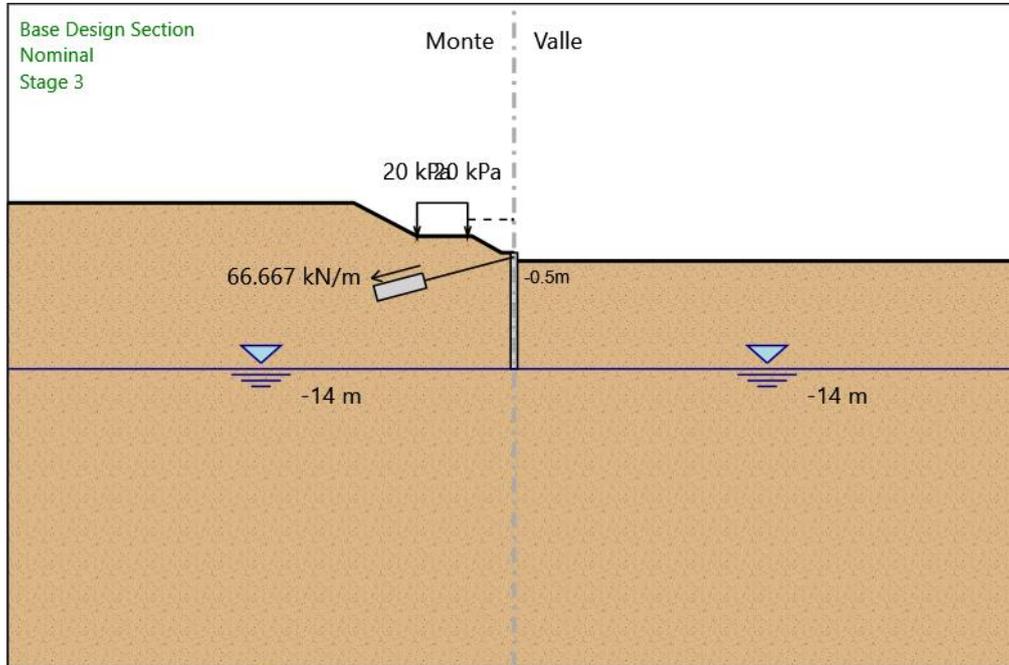
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;6)

(-41.5;6)

(-30;6)

(-19;6)

(-11.5;2)

(-5;2)

(-1.5;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -14 m

Falda di destra : -14 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.5 m

X finale : -5.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

Lunghezza bulbo : 6 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 11 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

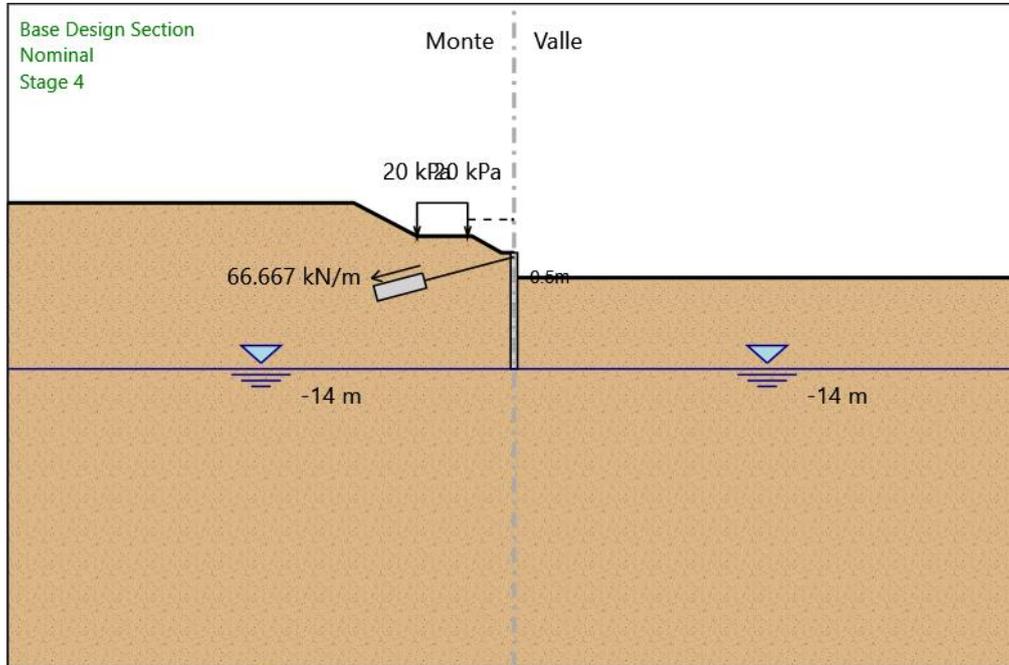
Precarico : 200 kN

Angolo : 15 °

Sezione : 3 strands

Area : 0.000417 m²

Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;6)

(-41.5;6)

(-30;6)

(-19;6)

(-11.5;2)

(-5;2)

(-1.5;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -14 m

Falda di destra : -14 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.5 m

X finale : -5.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

Lunghezza bulbo : 6 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 11 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

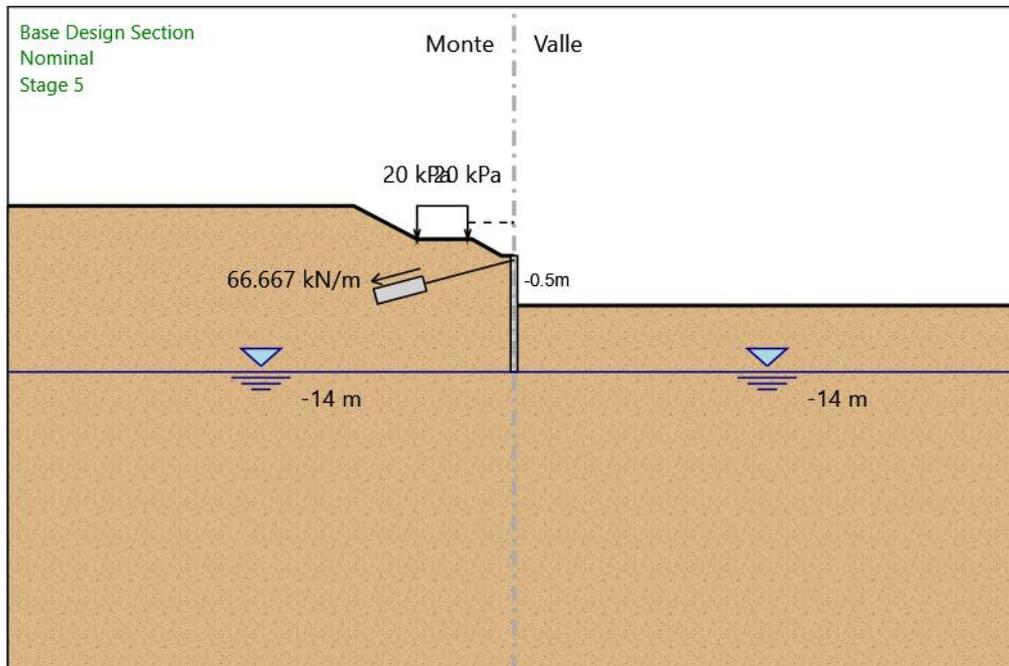
Precarico : 200 kN

Angolo : 15 °

Sezione : 3 strands

Area : 0.000417 m²

Stage 5



Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;6)

(-41.5;6)

(-30;6)

(-19;6)

(-11.5;2)

(-5;2)

(-1.5;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -14 m

Falda di destra : -14 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.5 m

X finale : -5.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

Lunghezza bulbo : 6 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 11 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

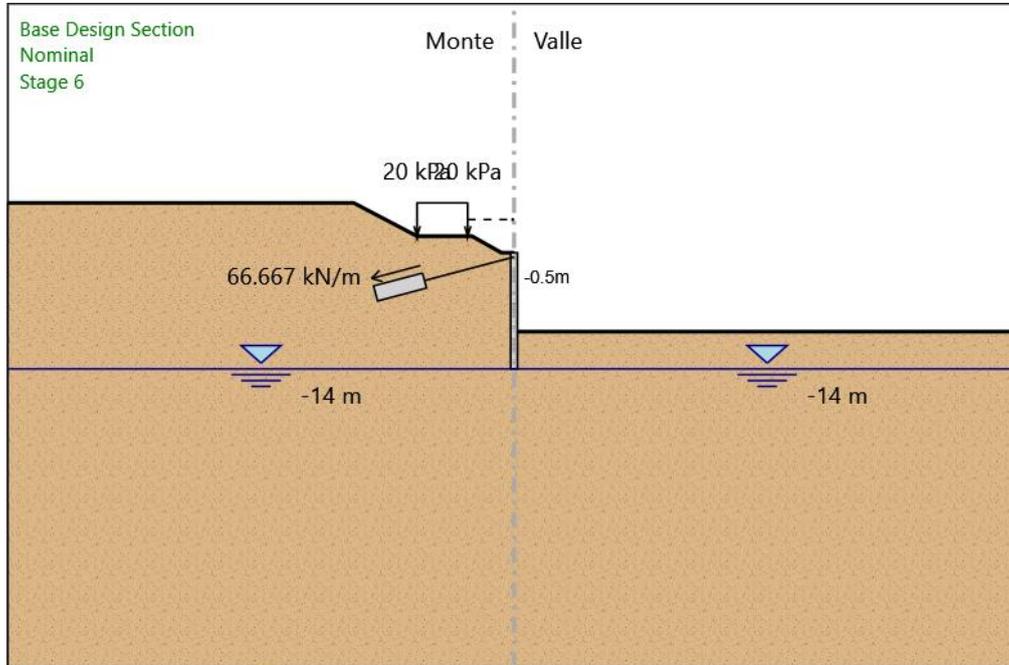
Precarico : 200 kN

Angolo : 15 °

Sezione : 3 strands

Area : 0.000417 m²

Stage 6



Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;6)

(-41.5;6)

(-30;6)

(-19;6)

(-11.5;2)

(-5;2)

(-1.5;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -14 m

Falda di destra : -14 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.5 m

X finale : -5.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

Lunghezza bulbo : 6 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 11 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

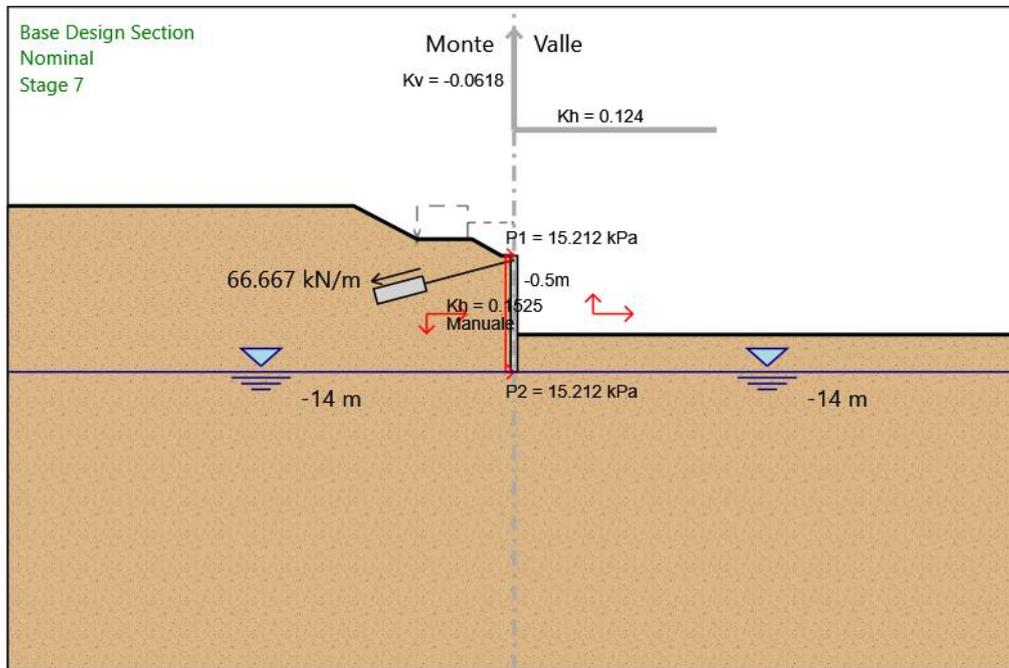
Precarico : 200 kN

Angolo : 15 °

Sezione : 3 strands

Area : 0.000417 m²

Stage 7



Stage 7

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;6)

(-41.5;6)

(-30;6)

(-19;6)

(-11.5;2)

(-5;2)

(-1.5;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -14 m

Falda di destra : -14 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

Lunghezza bulbo : 6 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 11 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

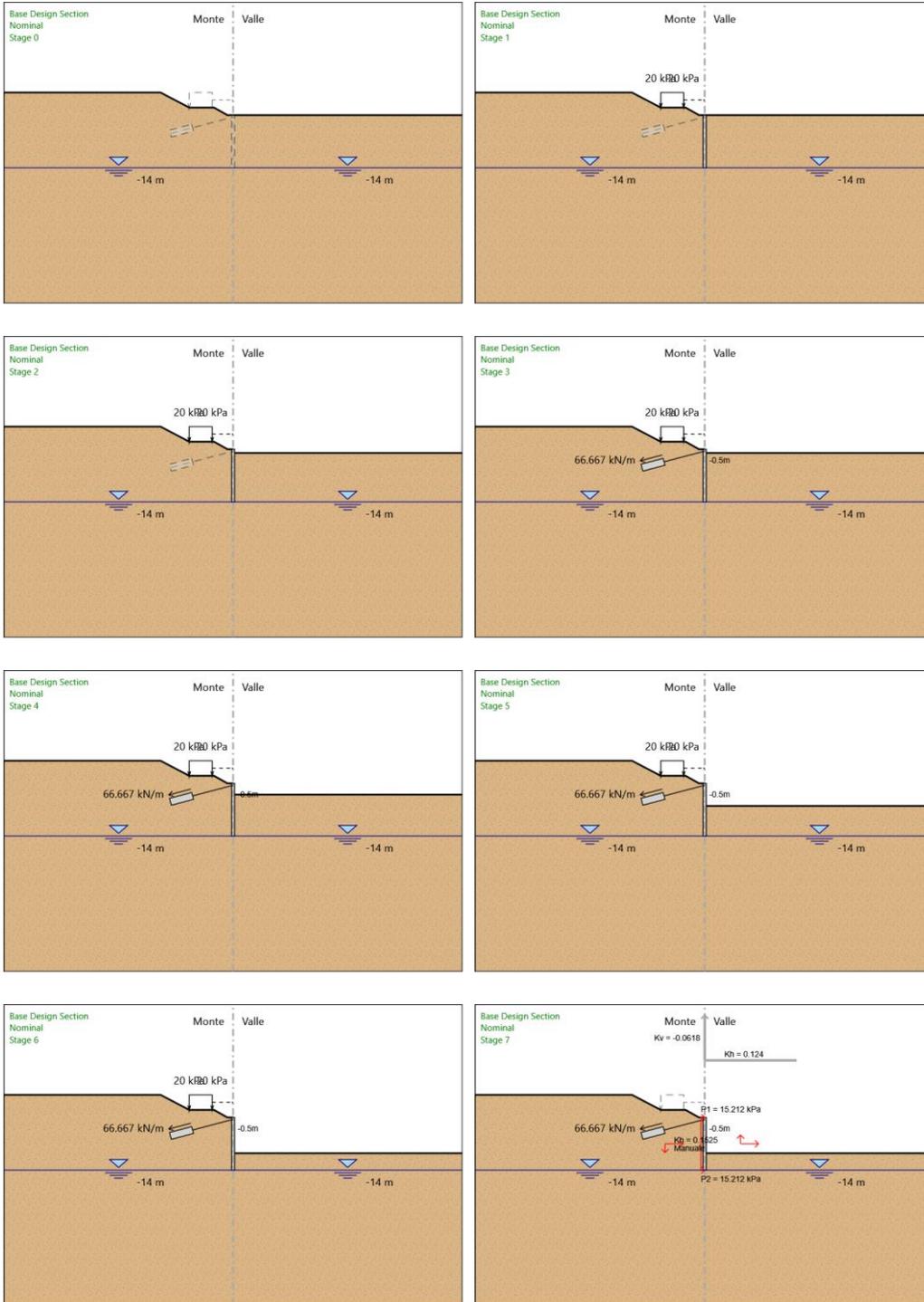
Precarico : 200 kN

Angolo : 15 °

Sezione : 3 strands

Area : 0.000417 m²

Tabella Configurazione Stage (Nominal)



Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load _unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_loa d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load _unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_ Gdstab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_ Gdstab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ Gdstab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_HYD_ Gdstab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequ ente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A1+M1+R3	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	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	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
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

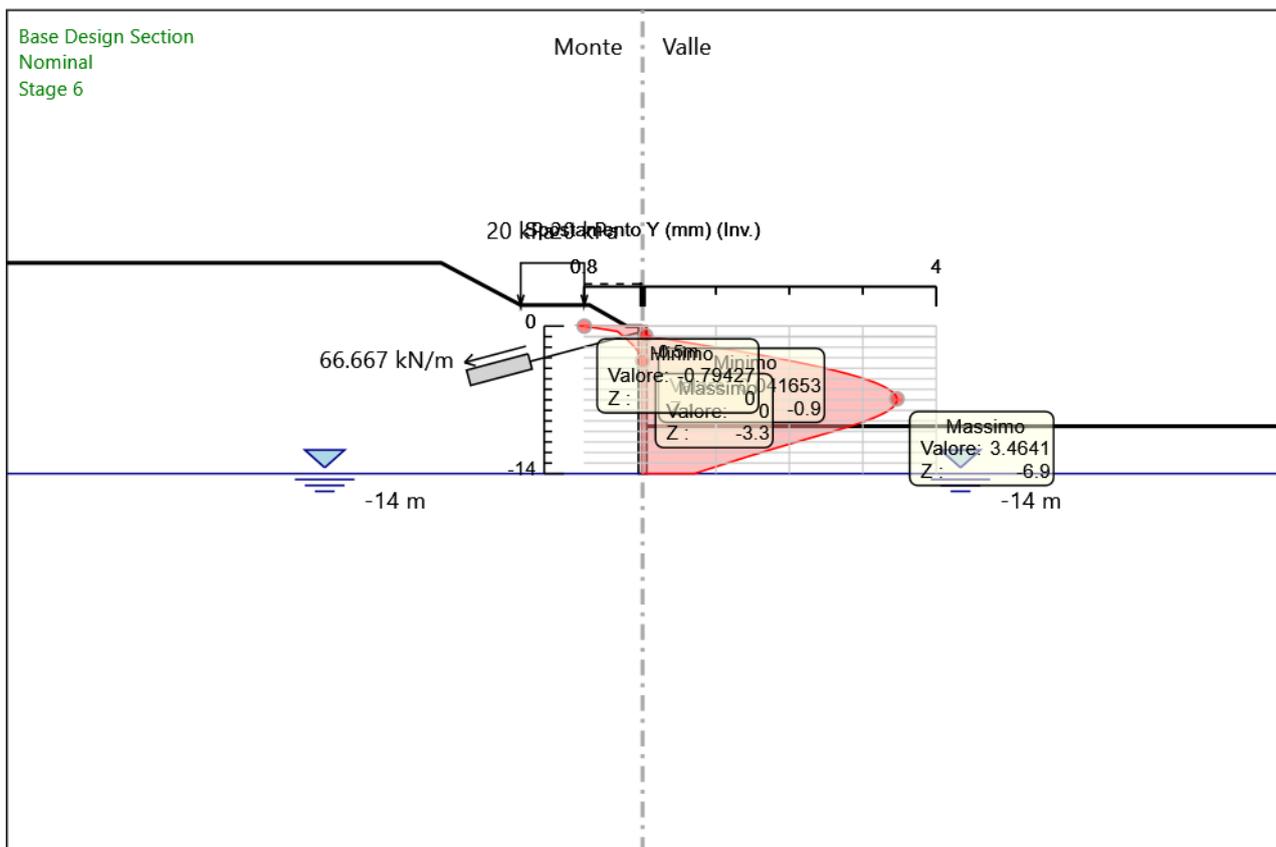
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanententi (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	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 Involuppo

Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1								
NTC2018: A2+M2+R2								
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO								

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Grafico Inviluppi Spostamento



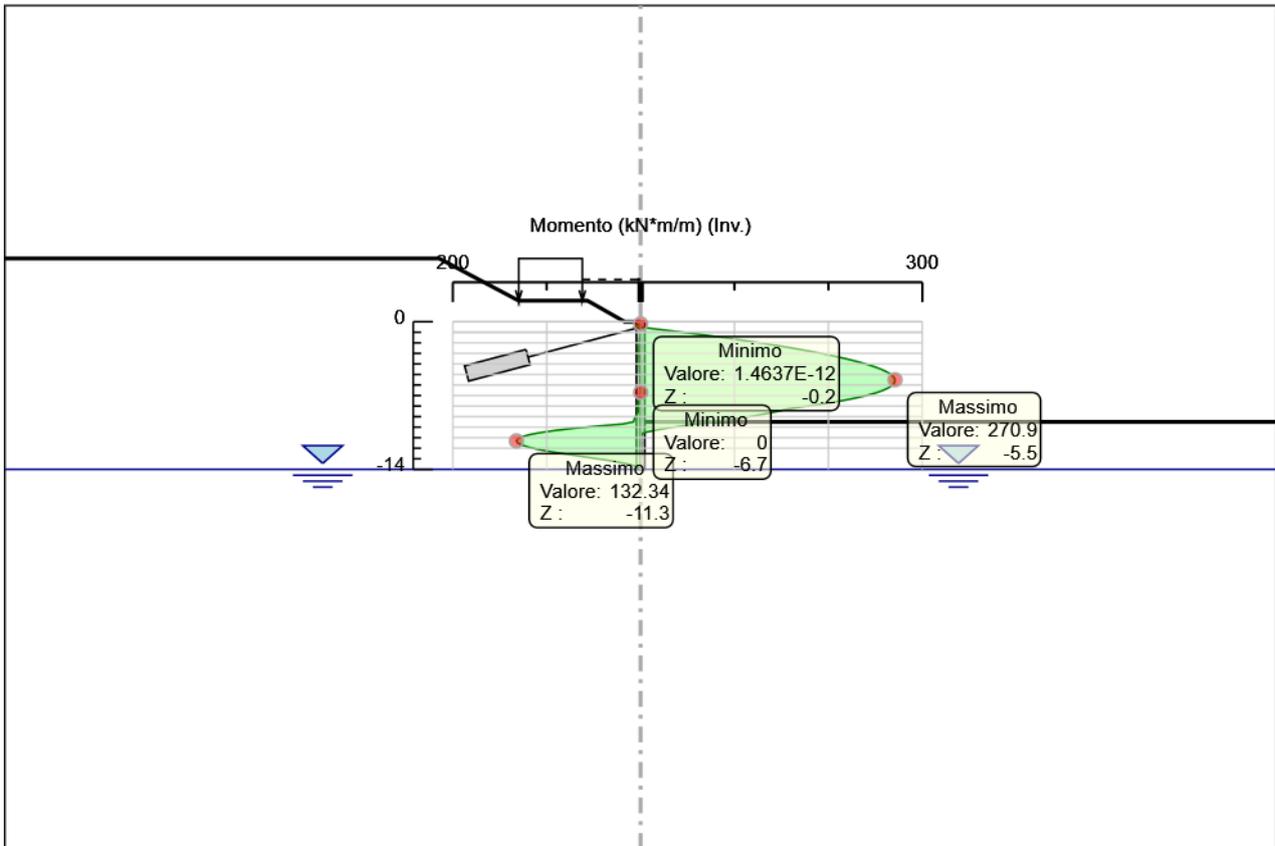
Spostamento

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	1.053	0
-0.4	3.969	0
-0.5	6.035	0
-0.7	0.03	17.355
-0.9	0.083	36.165
-1.1	0.356	54.291
-1.3	0.637	71.731
-1.5	0.892	88.486
-1.7	1.109	104.557
-1.9	1.286	119.942
-2.1	1.424	134.642
-2.3	1.525	148.658
-2.5	1.594	161.988
-2.7	1.633	174.633
-2.9	1.648	186.593
-3.1	1.64	197.868
-3.3	1.615	208.458
-3.5	1.574	218.35
-3.7	1.52	227.508
-3.9	1.454	235.896
-4.1	1.377	243.477
-4.3	1.291	250.214
-4.5	1.195	256.073
-4.7	1.088	261.015
-4.9	0.97	265.006
-5.1	0.845	268.008
-5.3	0.715	269.985
-5.5	0.584	270.901
-5.7	0.454	270.72
-5.9	0.327	269.405
-6.1	0.204	266.92
-6.3	0.087	263.228
-6.5	0.001	258.294
-6.7	0	252.081
-6.9	0	244.552
-7.1	0.72	235.672
-7.3	1.351	225.404
-7.5	1.839	213.711
-7.7	2.2	200.558
-7.9	2.449	185.908
-8.1	2.602	169.724
-8.3	2.674	155.258
-8.5	2.678	145.739
-8.7	3.419	134.898
-8.9	4.892	122.685
-9.1	6.079	109.051
-9.3	7.005	93.948
-9.5	7.697	77.326
-9.7	19.305	59.137
-9.9	46.649	42.637
-10.1	70.586	27.985
-10.3	90.312	15.277
-10.5	106.009	4.576
-10.7	117.866	0.544
-10.9	126.078	0.486
-11.1	130.837	0.428
-11.3	132.338	0.372
-11.5	130.775	0.319
-11.7	126.34	0.268
-11.9	119.223	0.222
-12.1	109.613	0.18

Selected Design Assumptions Z (m)	Involupi: Momento		Muro: WallElement
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)	
-12.3	97.707		0.142
-12.5	83.824		0.109
-12.7	68.735		0.081
-12.9	53.3		0.057
-13.1	38.373		0.037
-13.3	24.804		0.022
-13.5	13.44		0.011
-13.7	5.125		0.004
-13.9	0.597		0
-14	0		0

Grafico Involuppi Momento



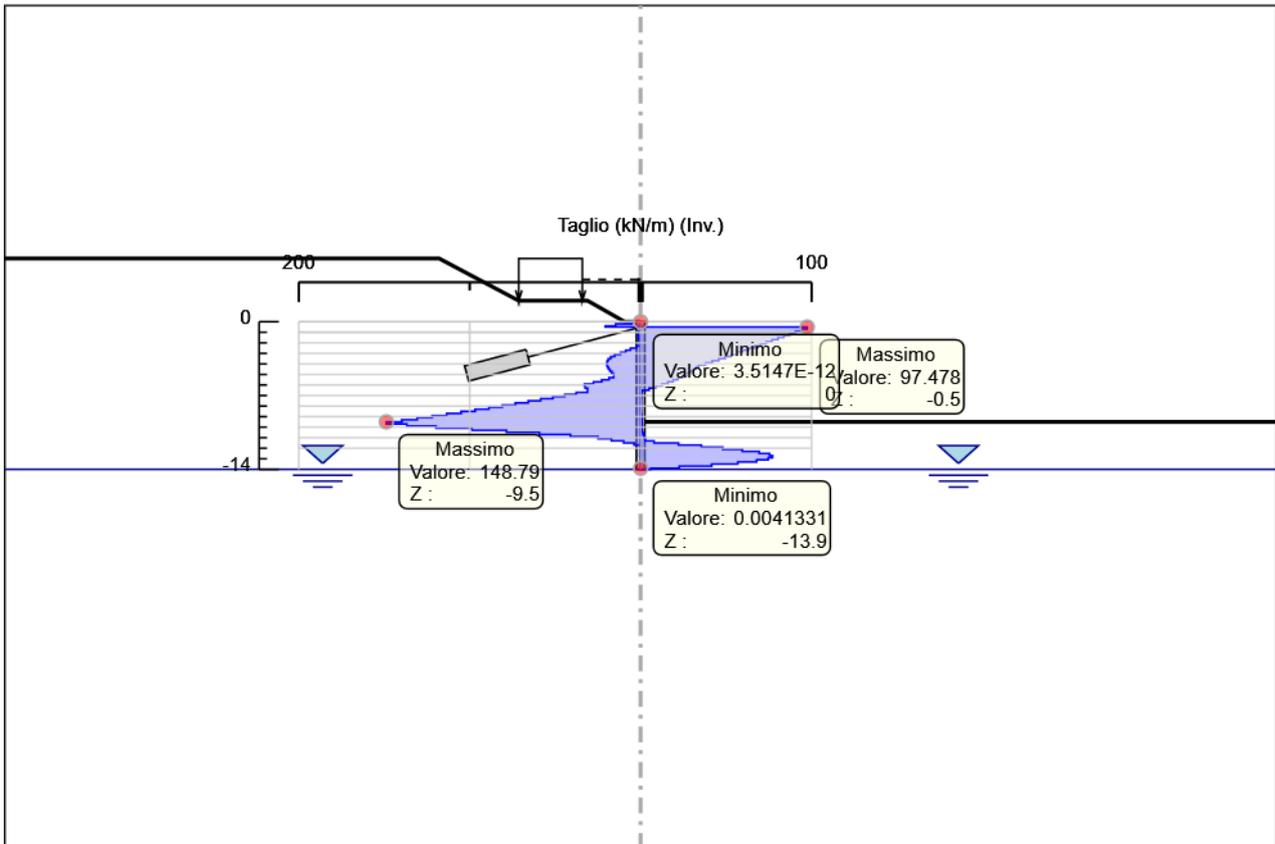
Momento

Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	5.266	0
-0.2	14.58	0
-0.4	20.655	0
-0.5	20.655	97.478
-0.7	0.417	97.478
-0.9	1.363	94.052
-1.1	1.407	90.627
-1.3	1.407	87.202
-1.5	1.272	83.777
-1.7	1.085	80.352
-1.9	0.885	76.926
-2.1	0.689	73.501
-2.3	2.434	70.076
-2.5	5.889	66.651
-2.7	8.694	63.226
-2.9	11.752	59.8
-3.1	15.211	56.375
-3.3	17.476	52.95
-3.5	18.867	49.461
-3.7	19.574	45.79
-3.9	19.738	41.938
-4.1	19.738	37.904
-4.3	19.466	33.958
-4.5	18.851	32.567
-4.7	17.969	30.936
-4.9	16.884	29.063
-5.1	15.684	26.933
-5.3	18.452	24.552
-5.5	22.77	21.92
-5.7	27.59	19.031
-5.9	32.942	15.892
-6.1	32.942	12.503
-6.3	32.404	8.861
-6.5	31.066	4.97
-6.7	37.643	0.831
-6.9	44.401	0.492
-7.1	51.342	0.457
-7.3	58.463	0.426
-7.5	65.767	0.388
-7.7	73.252	0.354
-7.9	80.919	0.321
-8.1	88.767	0.282
-8.3	96.797	0.245
-8.5	105.009	0.318
-8.7	113.402	0.464
-8.9	121.977	0.625
-9.1	130.733	0.73
-9.3	139.672	0.789
-9.5	148.791	0.808
-9.7	148.791	0.812
-9.9	136.719	0.812
-10.1	119.688	0.804
-10.3	98.629	0.849
-10.5	78.484	1.437
-10.7	59.288	1.941
-10.9	41.056	2.362
-11.1	24.916	2.704
-11.3	17	7.814
-11.5	9.951	22.175
-11.7	3.784	35.584
-11.9	0.231	48.052
-12.1	0.21	59.53

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-12.3	0.188	69.413
-12.5	0.166	75.446
-12.7	0.143	77.177
-12.9	0.12	77.177
-13.1	0.098	74.635
-13.3	0.076	67.845
-13.5	0.055	56.821
-13.7	0.036	41.574
-13.9	0.017	22.64
-14	0.004	5.969

Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 0	Left Wall	LEFT	4.04
NTC2018: SISMICA STR	Stage 7	Left Wall	RIGHT	29.4

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: SISMICA STR	Stage 7	Left Wall	LEFT	134.95
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 0	Left Wall	RIGHT	459.28

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1								
NTC2018: A2+M2+R2								
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO								

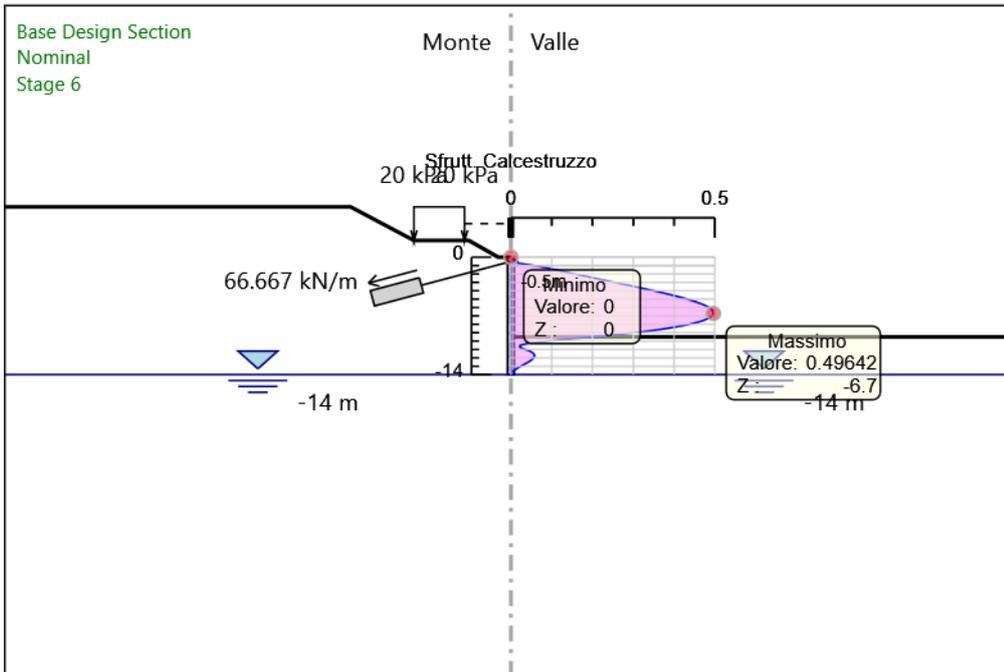
Risultati Caver

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		0.003
-0.4		0.01
-0.5		0.016
-0.7		0.017
-0.9		0.045
-1.1		0.069
-1.3		0.091
-1.5		0.11
-1.7		0.128
-1.9		0.148
-2.1		0.167
-2.3		0.187
-2.5		0.206
-2.7		0.226
-2.9		0.245
-3.1		0.265
-3.3		0.284
-3.5		0.303
-3.7		0.322
-3.9		0.341
-4.1		0.359
-4.3		0.377
-4.5		0.394
-4.7		0.41
-4.9		0.426
-5.1		0.44
-5.3		0.452
-5.5		0.464
-5.7		0.474
-5.9		0.482
-6.1		0.489
-6.3		0.493
-6.5		0.496
-6.7		0.496
-6.9		0.495
-7.1		0.49
-7.3		0.483
-7.5		0.474
-7.7		0.462
-7.9		0.446
-8.1		0.428
-8.3		0.406
-8.5		0.381
-8.7		0.353
-8.9		0.321
-9.1		0.285
-9.3		0.246
-9.5		0.202
-9.7		0.155
-9.9		0.111
-10.1		0.073
-10.3		0.04
-10.5		0.022
-10.7		0.022
-10.9		0.029
-11.1		0.042
-11.3		0.051
-11.5		0.056
-11.7		0.058

Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-11.9	0.057	
-12.1	0.054	
-12.3	0.049	
-12.5	0.042	
-12.7	0.035	
-12.9	0.028	
-13.1	0.02	
-13.3	0.013	
-13.5	0.007	
-13.7	0.003	
-13.9	0	
-14	0	

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



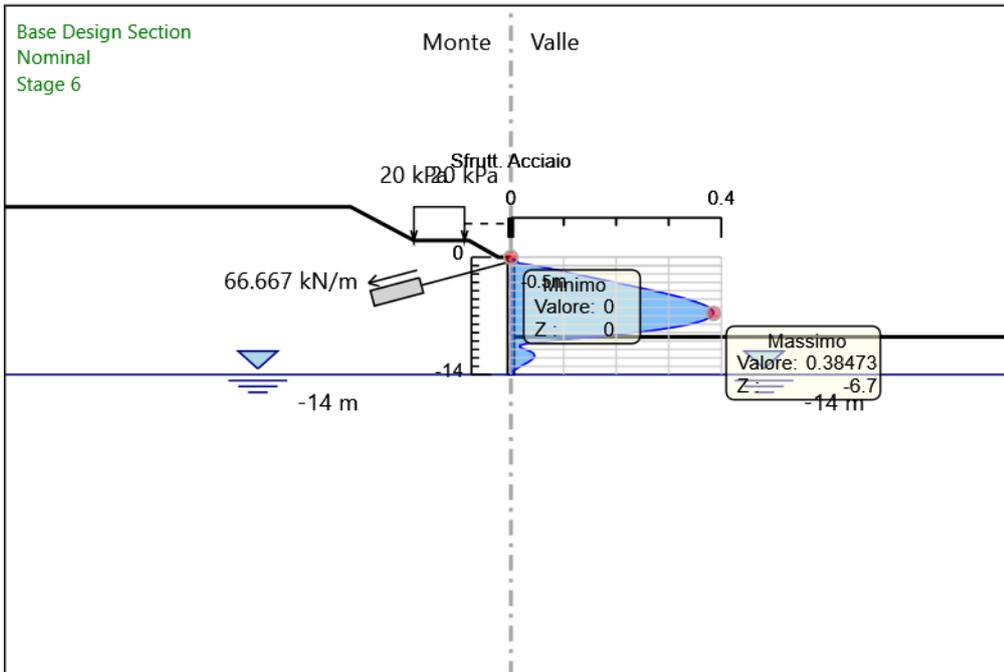
Inviluppi
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver
0		0	
-0.2		0.002	
-0.4		0.008	
-0.5		0.012	
-0.7		0.013	
-0.9		0.035	
-1.1		0.054	
-1.3		0.071	
-1.5		0.085	
-1.7		0.099	
-1.9		0.115	
-2.1		0.13	
-2.3		0.145	
-2.5		0.16	
-2.7		0.175	
-2.9		0.19	
-3.1		0.205	
-3.3		0.22	
-3.5		0.235	
-3.7		0.25	
-3.9		0.264	
-4.1		0.279	
-4.3		0.292	
-4.5		0.305	
-4.7		0.318	
-4.9		0.33	
-5.1		0.341	
-5.3		0.351	
-5.5		0.36	
-5.7		0.367	
-5.9		0.374	
-6.1		0.379	
-6.3		0.382	
-6.5		0.384	
-6.7		0.385	
-6.9		0.383	
-7.1		0.38	
-7.3		0.375	
-7.5		0.367	
-7.7		0.358	
-7.9		0.346	
-8.1		0.332	
-8.3		0.315	
-8.5		0.296	
-8.7		0.274	
-8.9		0.249	
-9.1		0.221	
-9.3		0.191	
-9.5		0.157	
-9.7		0.12	
-9.9		0.086	
-10.1		0.057	
-10.3		0.031	
-10.5		0.017	
-10.7		0.017	
-10.9		0.023	
-11.1		0.033	
-11.3		0.039	
-11.5		0.043	
-11.7		0.045	
-11.9		0.044	
-12.1		0.042	

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-12.3		0.038
-12.5		0.033
-12.7		0.027
-12.9		0.021
-13.1		0.016
-13.3		0.01
-13.5		0.006
-13.7		0.002
-13.9		0
-14		0

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



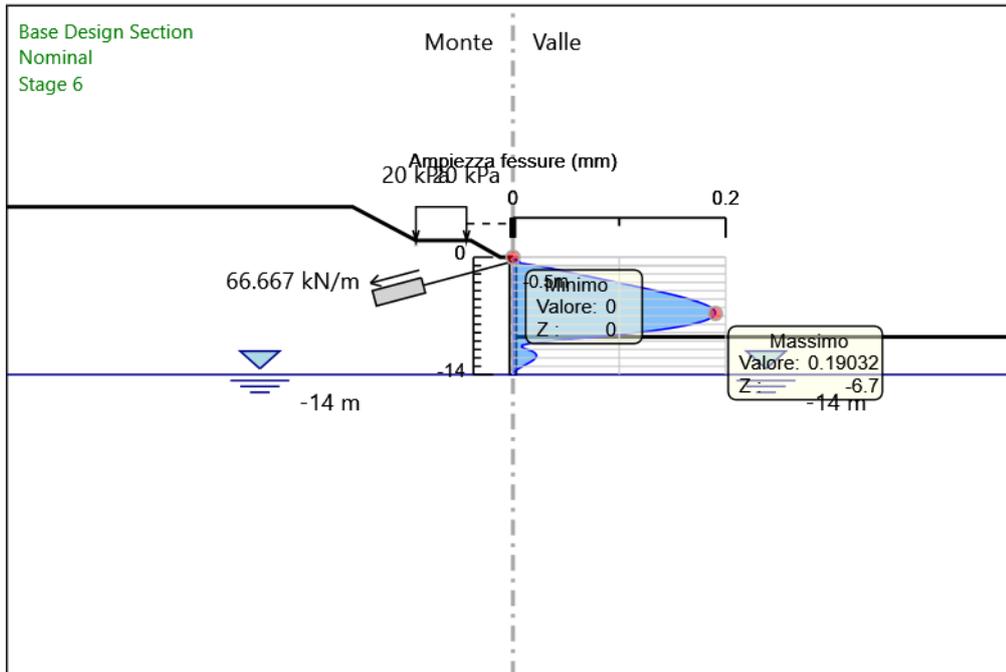
Involuppi
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover

Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
0	0	
-0.2	0.001	
-0.4	0.004	
-0.5	0.006	
-0.7	0.007	
-0.9	0.017	
-1.1	0.027	
-1.3	0.035	
-1.5	0.042	
-1.7	0.049	
-1.9	0.057	
-2.1	0.064	
-2.3	0.072	
-2.5	0.079	
-2.7	0.087	
-2.9	0.094	
-3.1	0.101	
-3.3	0.109	
-3.5	0.116	
-3.7	0.124	
-3.9	0.131	
-4.1	0.138	
-4.3	0.145	
-4.5	0.151	
-4.7	0.157	
-4.9	0.163	
-5.1	0.169	
-5.3	0.173	
-5.5	0.178	
-5.7	0.182	
-5.9	0.185	
-6.1	0.187	
-6.3	0.189	
-6.5	0.19	
-6.7	0.19	
-6.9	0.19	
-7.1	0.188	
-7.3	0.185	
-7.5	0.182	
-7.7	0.177	
-7.9	0.171	
-8.1	0.164	
-8.3	0.156	
-8.5	0.146	
-8.7	0.135	
-8.9	0.123	
-9.1	0.109	
-9.3	0.094	
-9.5	0.078	
-9.7	0.059	
-9.9	0.043	
-10.1	0.028	
-10.3	0.015	
-10.5	0.009	
-10.7	0.008	
-10.9	0.011	
-11.1	0.016	
-11.3	0.019	
-11.5	0.021	
-11.7	0.022	
-11.9	0.022	
-12.1	0.021	

Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-12.3	0.019	
-12.5	0.016	
-12.7	0.014	
-12.9	0.011	
-13.1	0.008	
-13.3	0.005	
-13.5	0.003	
-13.7	0.001	
-13.9	0	
-14	0	

Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver



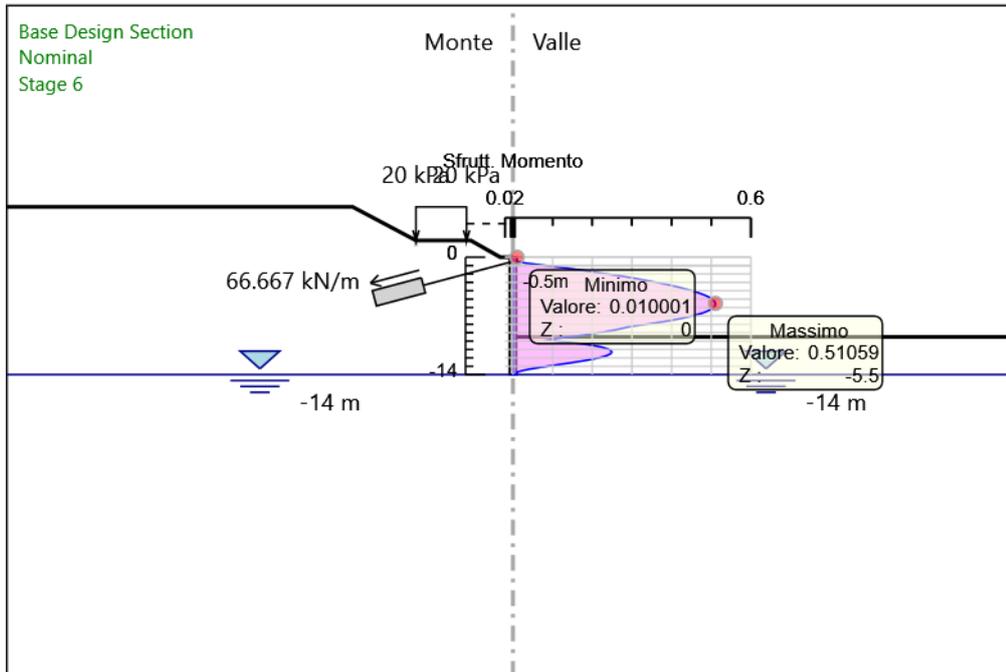
Involuppi
Apertura Fessure - Caver

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - Caver : LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - Caver	LEFT Tasso di Sfruttamento M-N - Caver
0		0.01
-0.2		0.01
-0.4		0.01
-0.5		0.011
-0.7		0.033
-0.9		0.068
-1.1		0.102
-1.3		0.135
-1.5		0.167
-1.7		0.197
-1.9		0.226
-2.1		0.254
-2.3		0.28
-2.5		0.305
-2.7		0.329
-2.9		0.352
-3.1		0.373
-3.3		0.393
-3.5		0.412
-3.7		0.429
-3.9		0.445
-4.1		0.459
-4.3		0.472
-4.5		0.483
-4.7		0.492
-4.9		0.499
-5.1		0.505
-5.3		0.509
-5.5		0.511
-5.7		0.51
-5.9		0.508
-6.1		0.503
-6.3		0.496
-6.5		0.487
-6.7		0.475
-6.9		0.461
-7.1		0.444
-7.3		0.425
-7.5		0.403
-7.7		0.378
-7.9		0.35
-8.1		0.32
-8.3		0.293
-8.5		0.275
-8.7		0.254
-8.9		0.231
-9.1		0.206
-9.3		0.177
-9.5		0.146
-9.7		0.111
-9.9		0.088
-10.1		0.133
-10.3		0.17
-10.5		0.2
-10.7		0.222
-10.9		0.238
-11.1		0.247
-11.3		0.249
-11.5		0.246
-11.7		0.238
-11.9		0.225
-12.1		0.207

Involupi	Tasso di Sfruttamento M-N - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - Caver	
-12.3		0.184
-12.5		0.158
-12.7		0.13
-12.9		0.1
-13.1		0.072
-13.3		0.047
-13.5		0.025
-13.7		0.01
-13.9		0.01
-14		0.01

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover



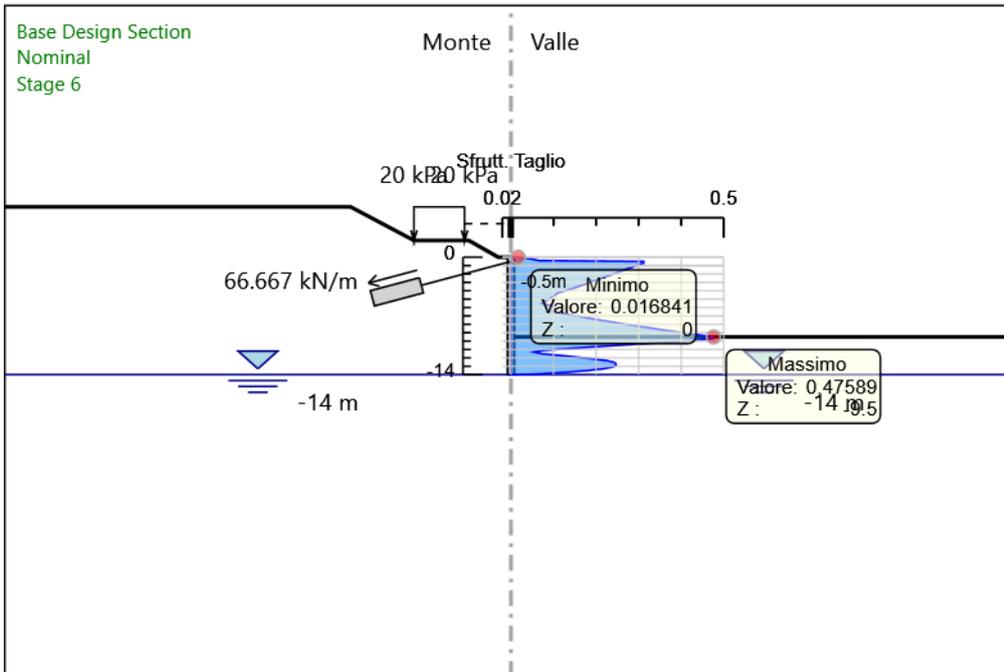
Involuppi
Tasso di Sfruttamento M-N - Cover

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Z (m)	LEFT Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
0	0.017
-0.2	0.047
-0.4	0.066
-0.5	0.312
-0.7	0.312
-0.9	0.301
-1.1	0.29
-1.3	0.279
-1.5	0.268
-1.7	0.257
-1.9	0.246
-2.1	0.235
-2.3	0.224
-2.5	0.213
-2.7	0.202
-2.9	0.191
-3.1	0.18
-3.3	0.169
-3.5	0.158
-3.7	0.146
-3.9	0.134
-4.1	0.121
-4.3	0.109
-4.5	0.104
-4.7	0.099
-4.9	0.093
-5.1	0.086
-5.3	0.079
-5.5	0.073
-5.7	0.088
-5.9	0.105
-6.1	0.105
-6.3	0.104
-6.5	0.099
-6.7	0.12
-6.9	0.142
-7.1	0.164
-7.3	0.187
-7.5	0.21
-7.7	0.234
-7.9	0.259
-8.1	0.284
-8.3	0.31
-8.5	0.336
-8.7	0.363
-8.9	0.39
-9.1	0.418
-9.3	0.447
-9.5	0.476
-9.7	0.476
-9.9	0.437
-10.1	0.383
-10.3	0.315
-10.5	0.251
-10.7	0.19
-10.9	0.131
-11.1	0.08
-11.3	0.054
-11.5	0.071
-11.7	0.114
-11.9	0.154
-12.1	0.19

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-12.3		0.222
-12.5		0.241
-12.7		0.247
-12.9		0.247
-13.1		0.239
-13.3		0.217
-13.5		0.182
-13.7		0.133
-13.9		0.072
-14		0.019

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)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti				NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza Gerarchia delle Resistenze	
Tieback	Stage 3	200.01	1161.133	605.557	0.172	0.33	NO	
Tieback	Stage 4	200.27	1161.133	605.557	0.172	0.331	NO	
Tieback	Stage 5	200.399	1161.133	605.557	0.173	0.331	NO	
Tieback	Stage 6	200.013	1161.133	605.557	0.172	0.33	NO	
Tieback	Stage 7	200.018	1161.133	605.557	0.172	0.33	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
Tieback	Stage 3	260.013	645.074	605.557	0.403	0.429		NO
Tieback	Stage 4	260.351	645.074	605.557	0.404	0.43		NO
Tieback	Stage 5	260.521	645.074	605.557	0.404	0.43		NO
Tieback	Stage 6	260.046	645.074	605.557	0.403	0.429		NO
Tieback	Stage 7	260.054	645.074	605.557	0.403	0.429		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
Tieback	Stage 3	260.013	537.561	605.557	0.484	0.429		
Tieback	Stage 4	260.351	537.561	605.557	0.484	0.43		
Tieback	Stage 5	260.521	537.561	605.557	0.485	0.43		
Tieback	Stage 6	260.046	537.561	605.557	0.484	0.429		
Tieback	Stage 7	260.054	537.561	605.557	0.484	0.429		

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
Tieback	Stage 3	200.01	537.561	605.557	0.372	0.33		
Tieback	Stage 4	200.285	537.561	605.557	0.373	0.331		
Tieback	Stage 5	200.672	537.561	605.557	0.373	0.331		
Tieback	Stage 6	206.4	537.561	605.557	0.384	0.341		
Tieback	Stage 7	206.406	537.561	605.557	0.384	0.341		

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
Tieback	Stage 3	200.01	537.561	605.557	0.372	0.33		
Tieback	Stage 4	200.285	537.561	605.557	0.373	0.331		
Tieback	Stage 5	200.672	537.561	605.557	0.373	0.331		
Tieback	Stage 6	206.4	537.561	605.557	0.384	0.341		
Tieback	Stage 7	206.406	537.561	605.557	0.384	0.341		

Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption:		Tipo Risultato:			NTC2018			
NTC2018: SISMICA STR		Verifiche Tiranti			(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	200.01	537.561	605.557	0.372	0.33		
Tieback	Stage 4	200.27	537.561	605.557	0.373	0.331		
Tieback	Stage 5	200.399	537.561	605.557	0.373	0.331		
Tieback	Stage 6	200.013	537.561	605.557	0.372	0.33		
Tieback	Stage 7	334.663	537.561	605.557	0.623	0.553		

Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

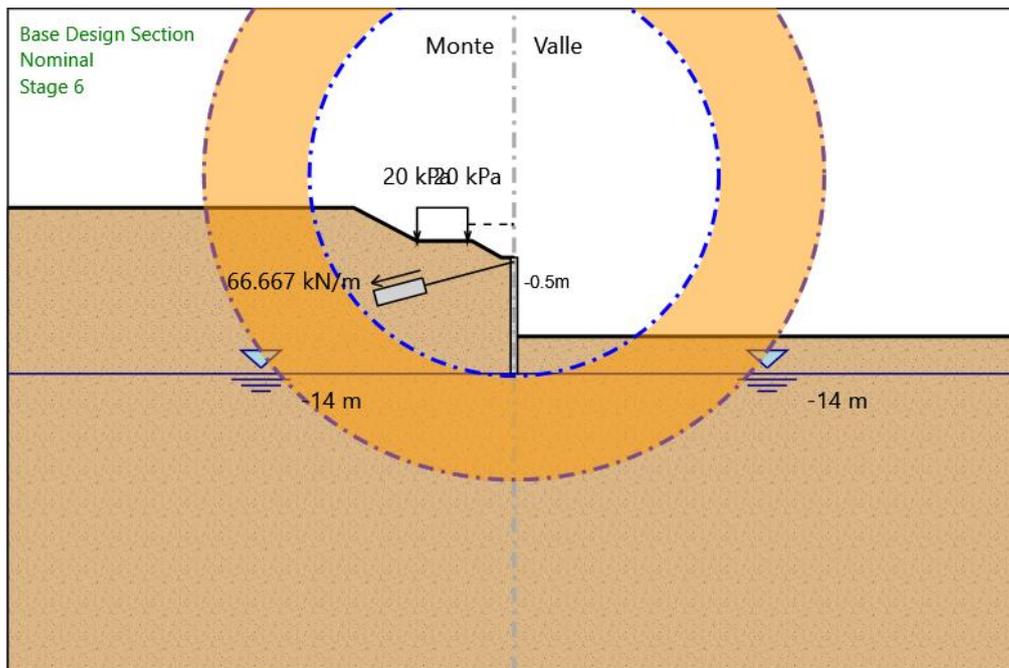
Design Assumption:		Tipo Risultato:			NTC2018			
NTC2018: SISMICA GEO		Verifiche Tiranti			(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	200.01	537.561	605.557	0.372	0.33		
Tieback	Stage 4	200.27	537.561	605.557	0.373	0.331		
Tieback	Stage 5	200.399	537.561	605.557	0.373	0.331		
Tieback	Stage 6	200.013	537.561	605.557	0.372	0.33		
Tieback	Stage 7	334.663	537.561	605.557	0.623	0.553		

Involuppo 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
Tieback	Stage 7	334.663	537.561	605.557	0.623	0.553			NTC2018: SISMICA STR

Fasi di Calcolo

Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018:



A2+M2+R2 - Stage: Stage 6

Metodo di stabilità del pendio: BISHOP

Definizione Superficie Critica: Centro e Raggio

Passo Conci: 1

Xc: 0

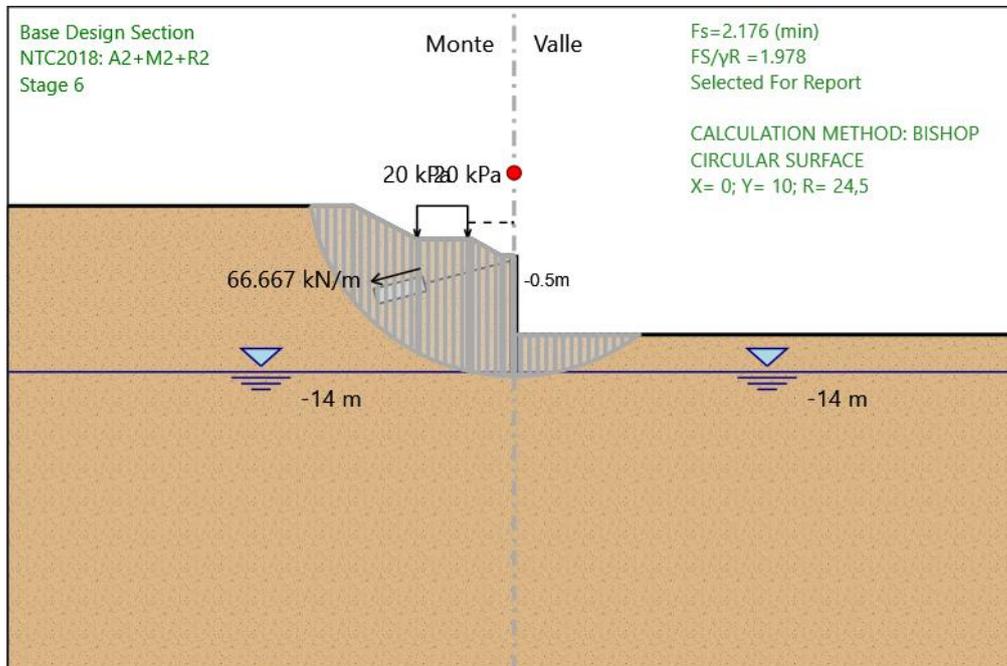
Zc: 10

Raggio Minimo: 24,5

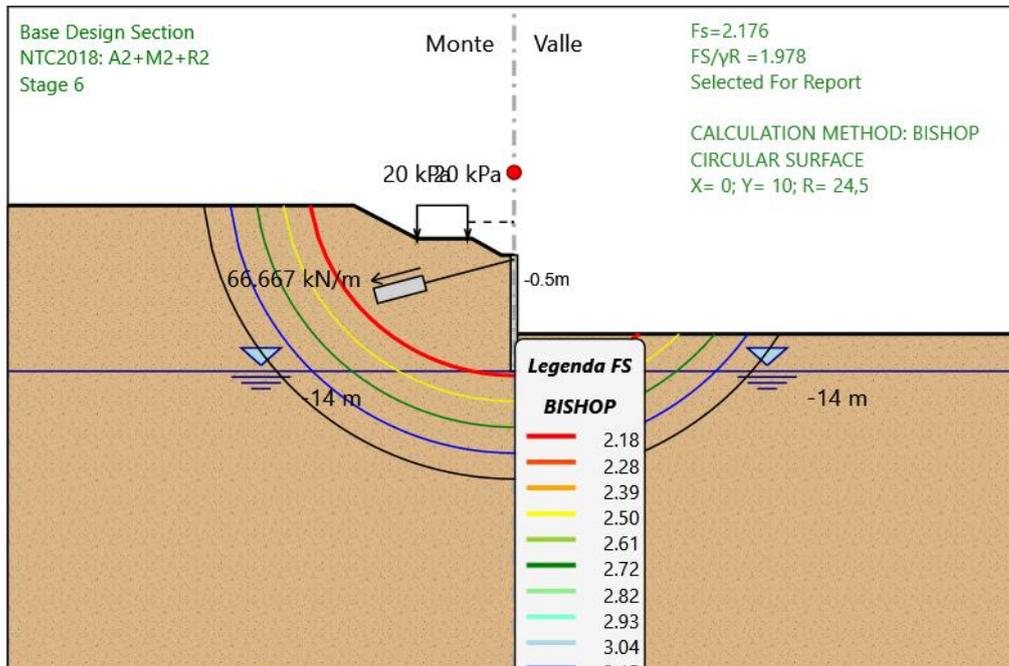
Raggio Massimo: 37

Numero Raggi: 5

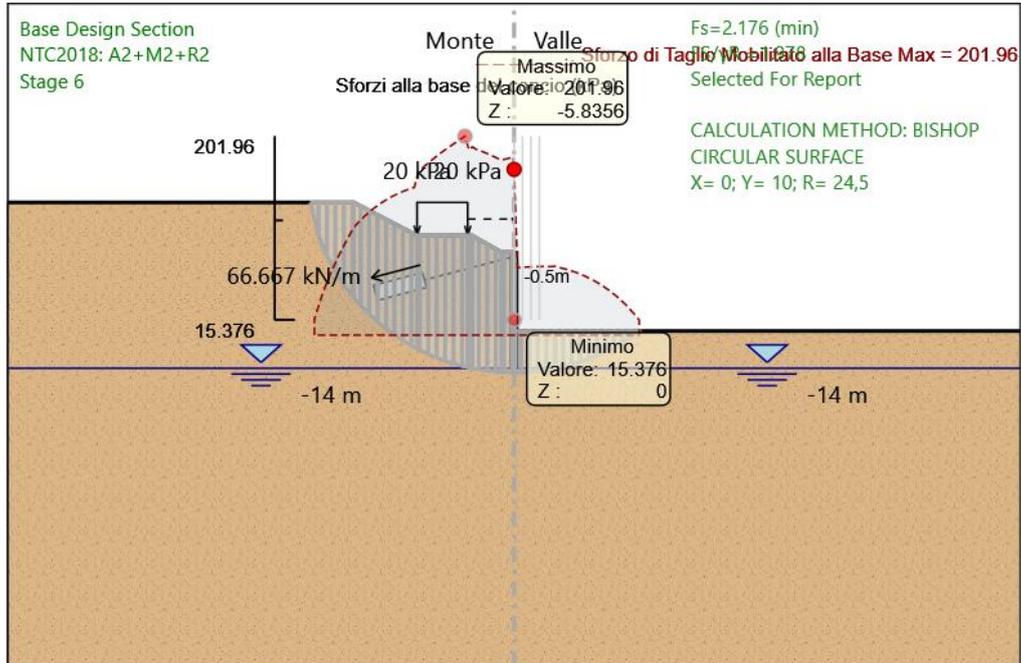
Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 6



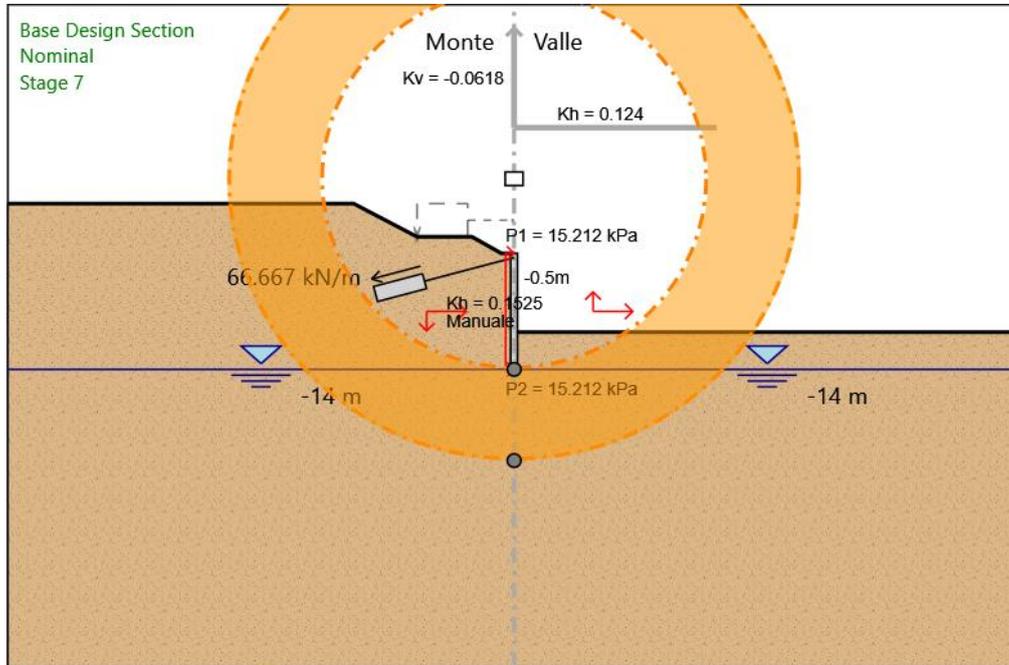
**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018:
A2+M2+R2 - Stage: Stage 6**



**Grafico Sforzo di Taglio Mobilitato alla Base - Design Assumption: NTC2018:
A2+M2+R2 - Stage: Stage 6**



Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018:



SISMICA GEO - Stage: Stage 7

Metodo di stabilità del pendio: BISHOP

Definizione Superficie Critica: Centro e Raggio

Passo Conci: 1

Xc: 0

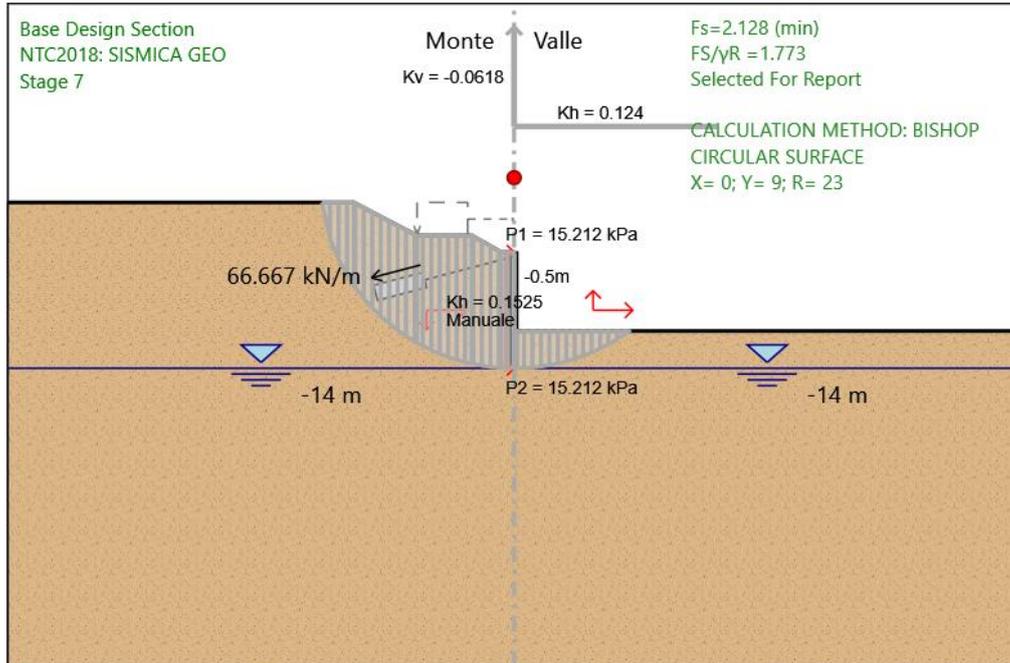
Zc: 9

Raggio Minimo: 23

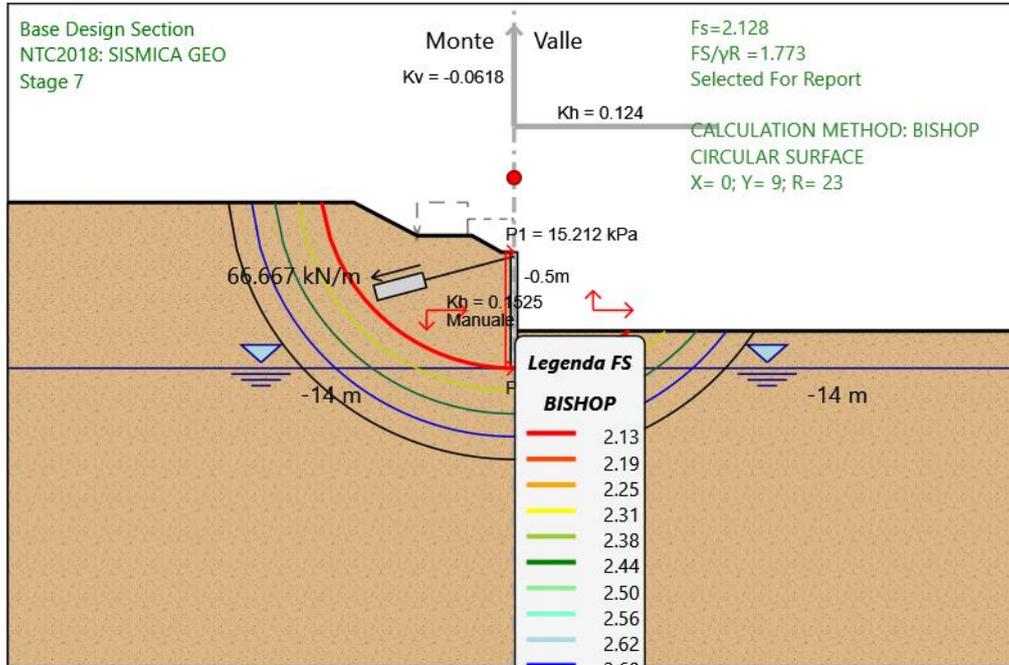
Raggio Massimo: 34

Numero Raggi: 5

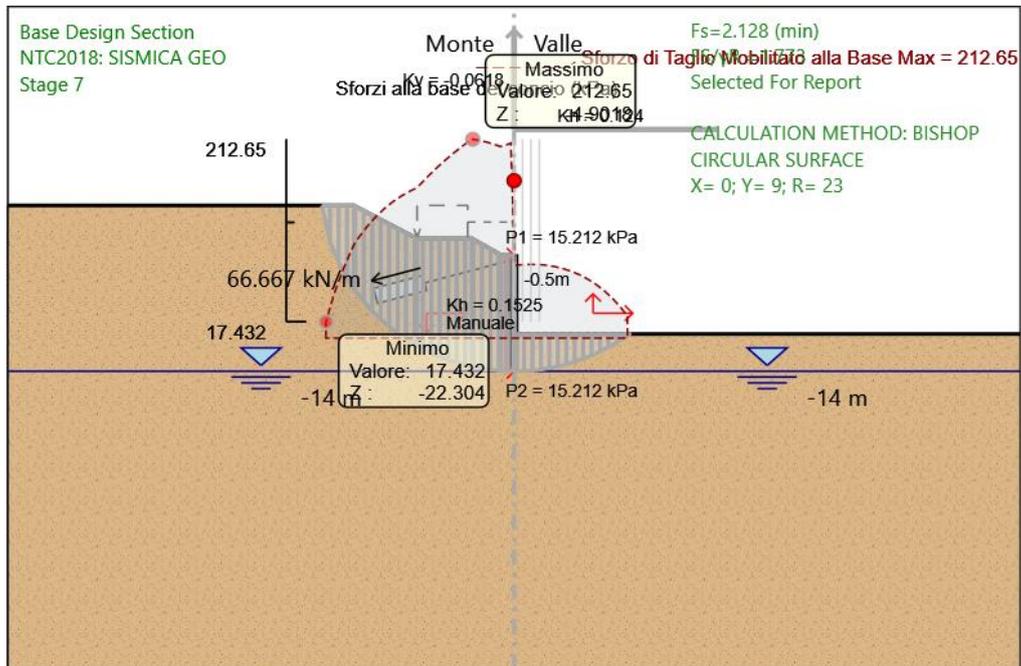
**Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage:
 Stage 7**



**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018:
SISMICA GEO - Stage: Stage 7**



**Grafico Sforzo di Taglio Mobilitato alla Base - Design Assumption: NTC2018:
SISMICA GEO - Stage: Stage 7**



12.2 Tipologico “B”

Descrizione del Software

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

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 20.5 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c_v	ϕ	c'	Su	Modulo	Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Avexp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa	kPa			kPa		kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	
1	MS	19	19	38				15		Constant		70000	112000										

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 14 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 18

Diametro : 0.022 m

Distanza dal bordo : 0.081 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.01 m

Lunghezza : 14 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.2 m

Sezione : Pali D800

Area equivalente : 0.502654824574367 m

Inerzia equivalente : 0.0201 m⁴/m

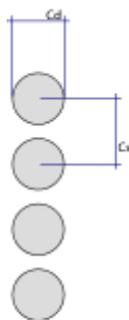
Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1 m

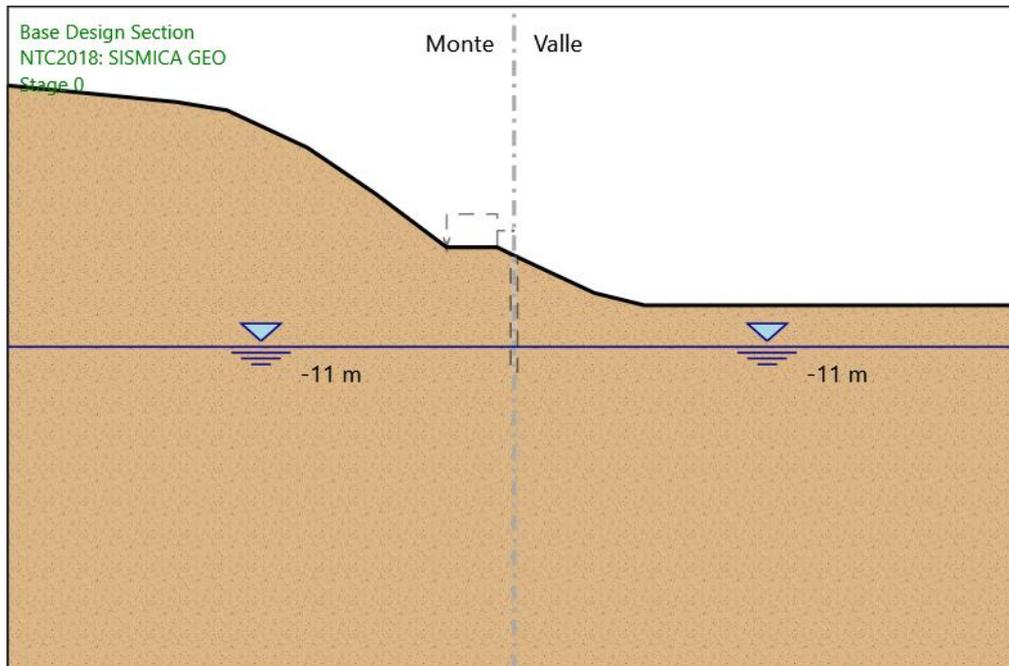
Diametro : 0.8 m

Efficacia : 1



Fasi di Calcolo

Stage 0



Stage 0

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(9.5;-4.5)

(15.5;-6)

(30.5;-6)

(42;-6)

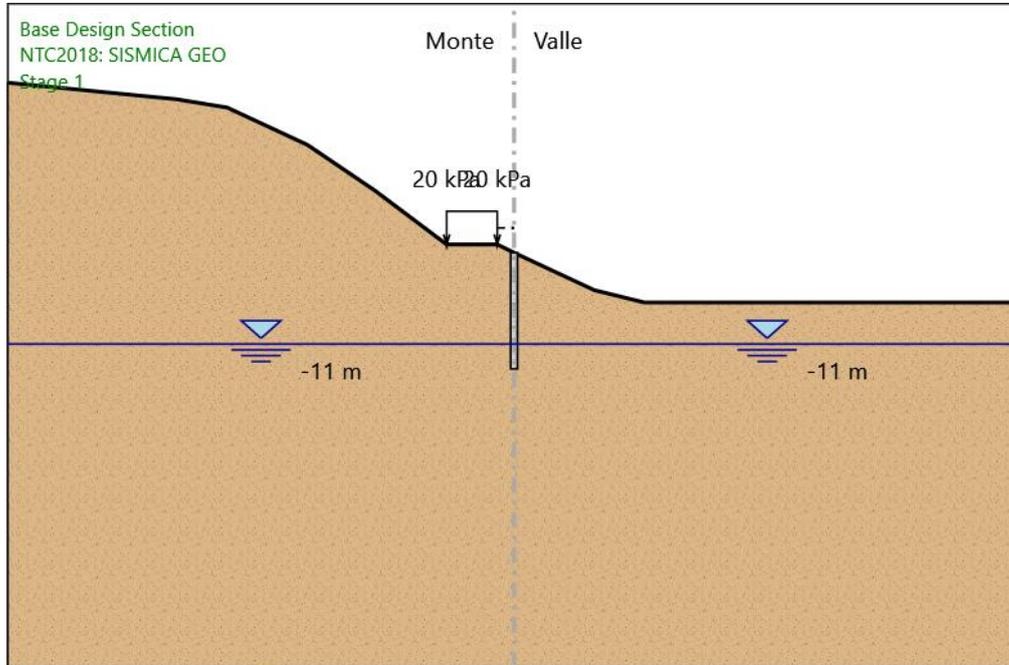
(60;-6)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -11 m

Falda di destra : -11 m

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(9.5;-4.5)

(15.5;-6)

(30.5;-6)

(42;-6)

(60;-6)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -11 m

Falda di destra : -11 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

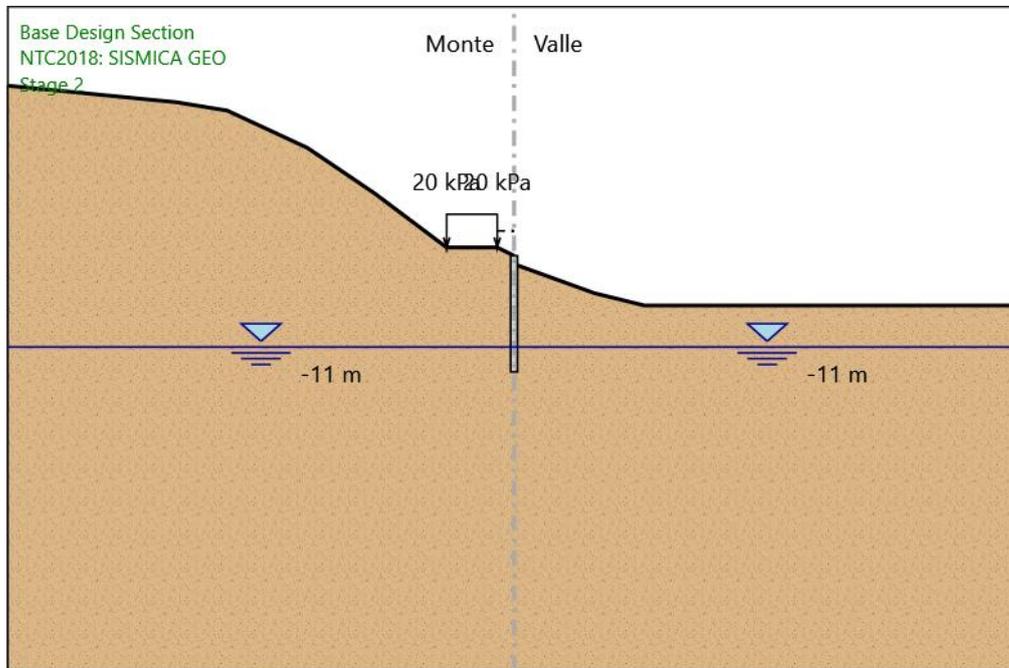
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-1)

(9.5;-4.5)

(15.5;-6)

(30.5;-6)

(42;-6)

(60;-6)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -11 m

Falda di destra : -11 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

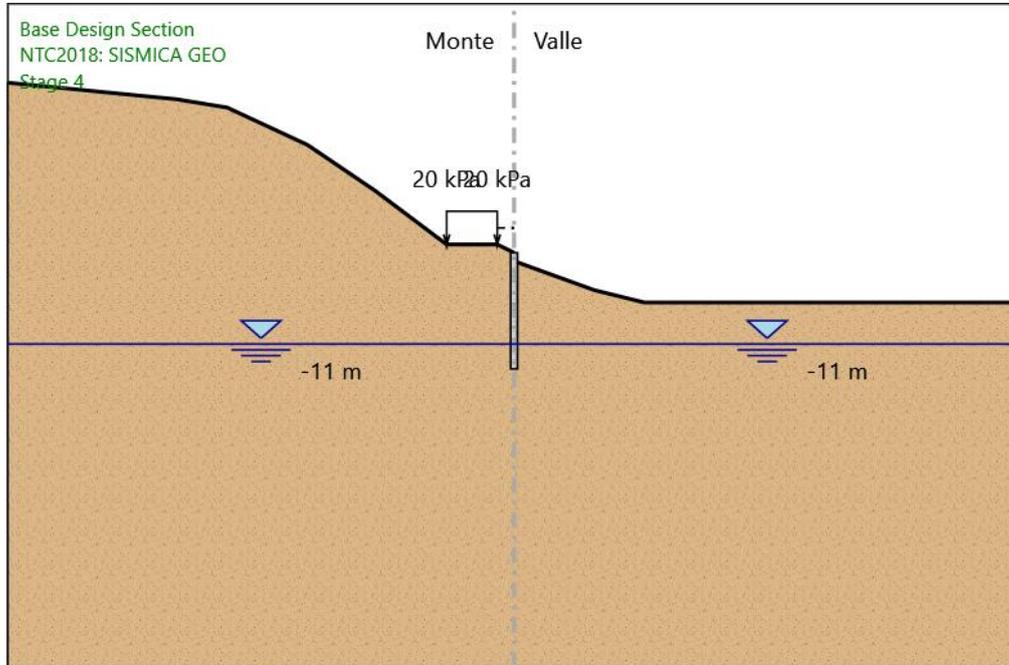
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-1)

(9.5;-4.5)

(15.5;-6)

(30.5;-6)

(42;-6)

(60;-6)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -11 m

Falda di destra : -11 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

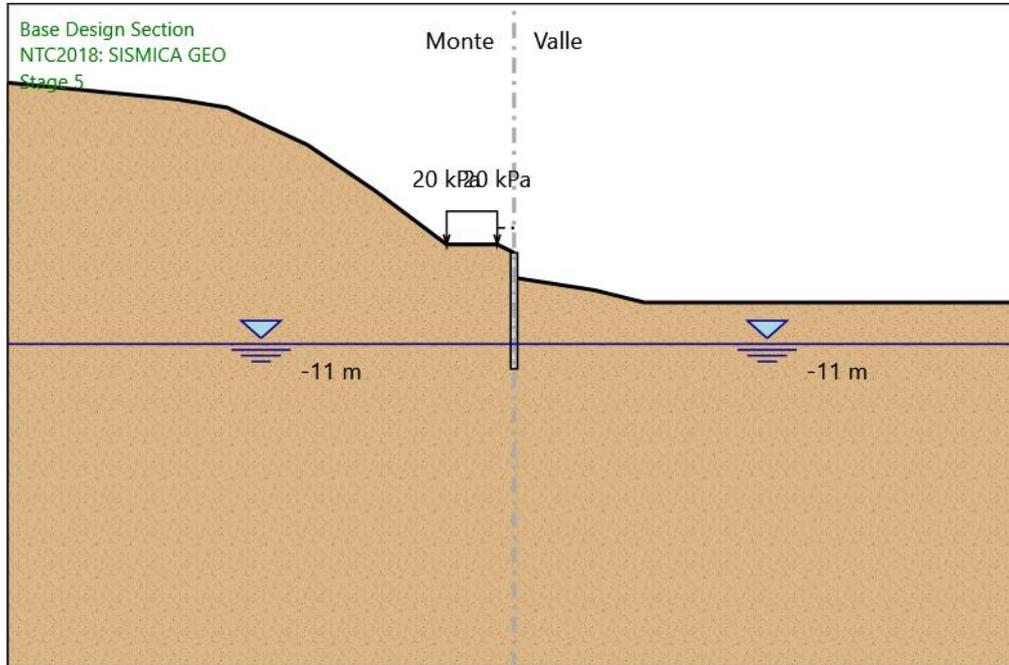
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Stage 5



Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-3)

(9.5;-4.5)

(15.5;-6)

(30.5;-6)

(42;-6)

(60;-6)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -11 m

Falda di destra : -11 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

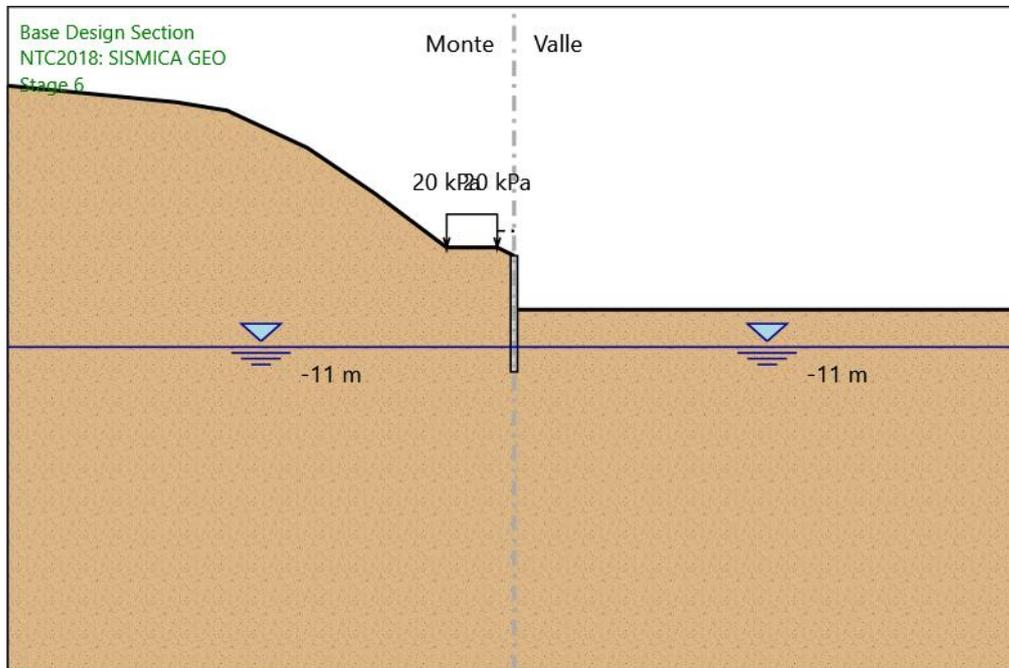
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Stage 6



Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -11 m

Falda di destra : -11 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

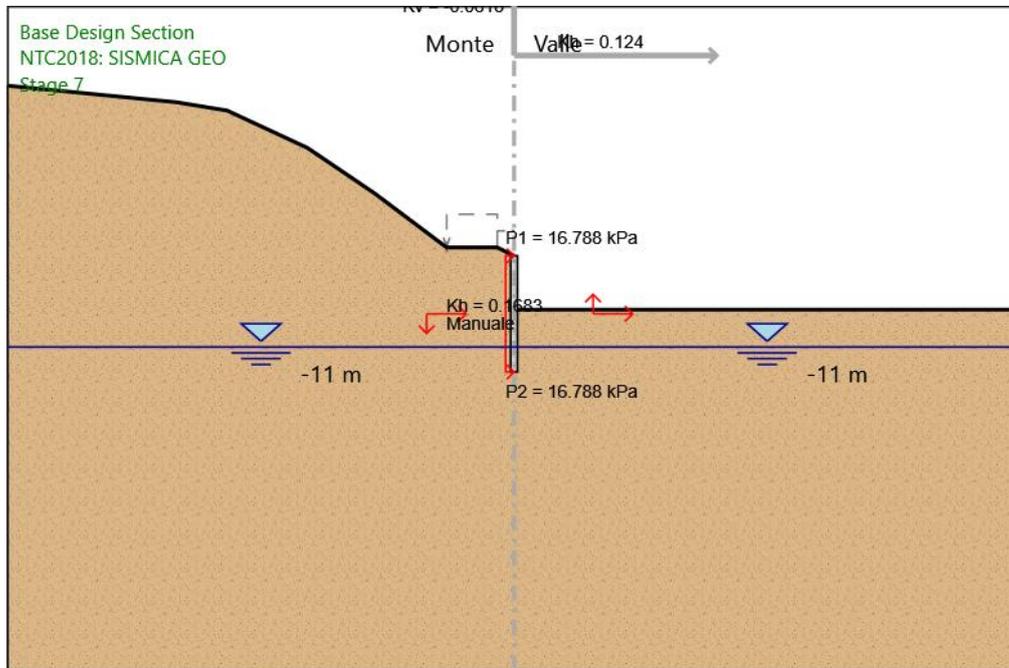
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Stage 7



Stage 7

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -11 m

Falda di destra : -11 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

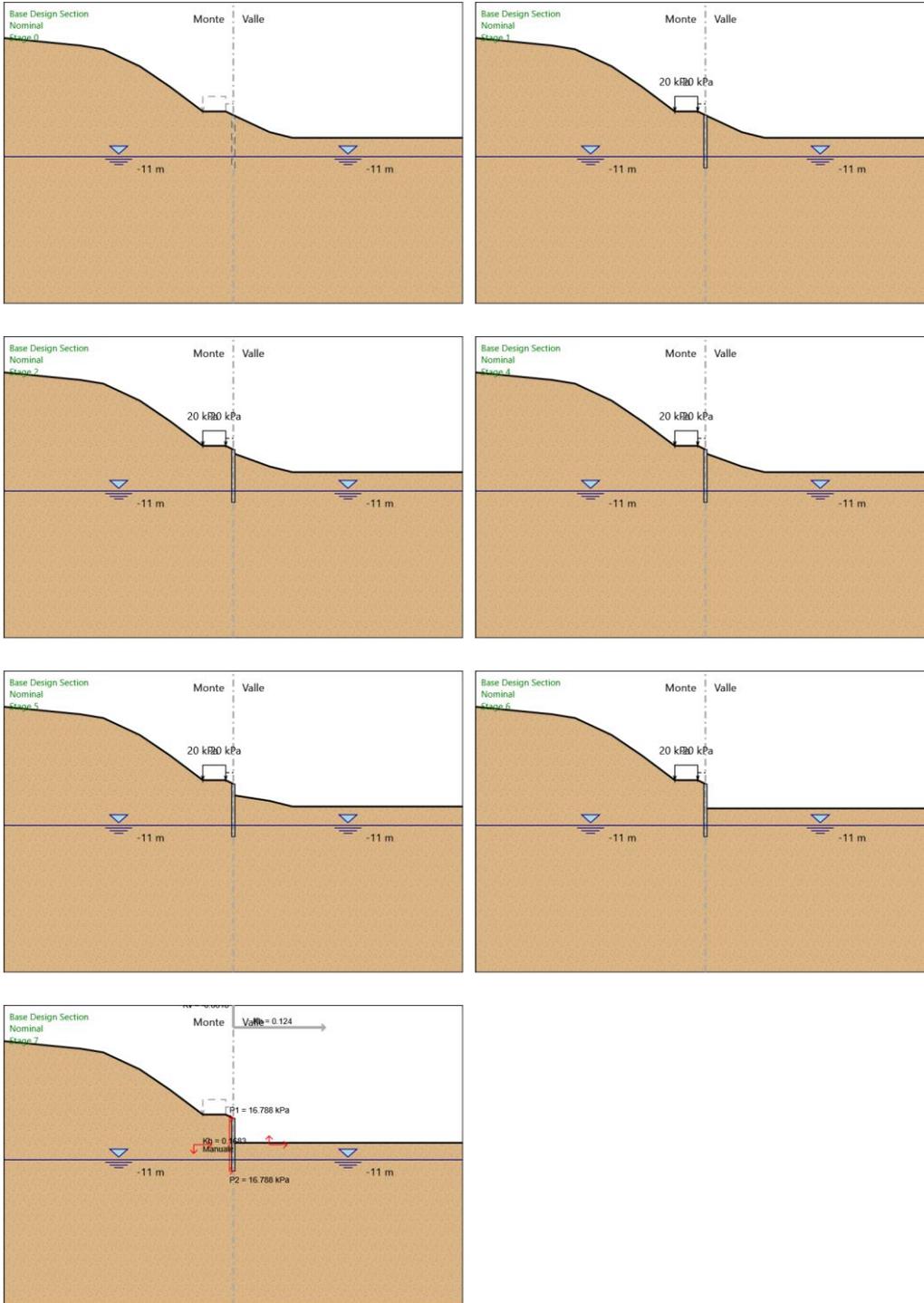
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Pali D800

Tabella Configurazione Stage (Nominal)



Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load _unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_loa d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load _unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_ GStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_ GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ GStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_HYD_ GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequ ente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A1+M1+R3	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	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	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
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

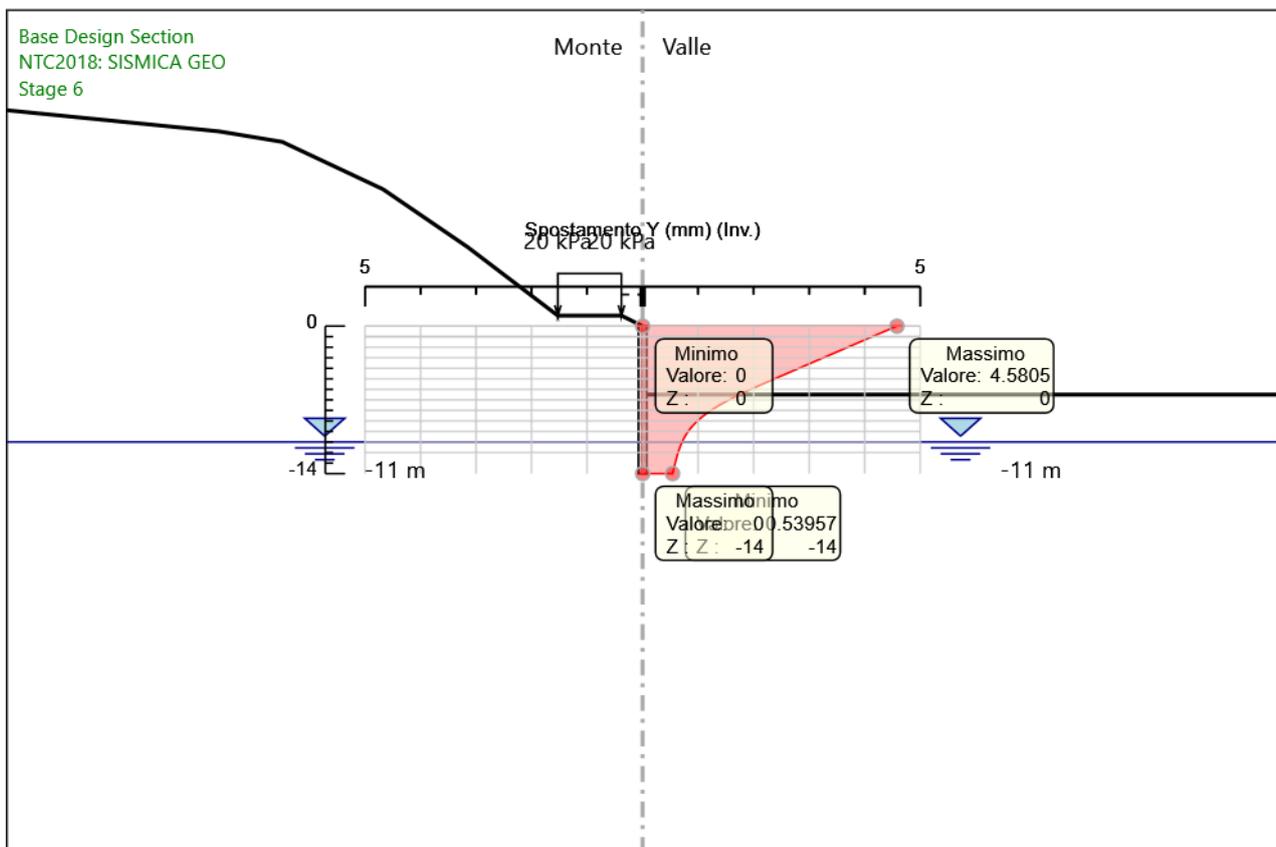
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
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 Involuppo

Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
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							
NTC2018: A2+M2+R2							
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO							

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Grafico Inviluppi Spostamento



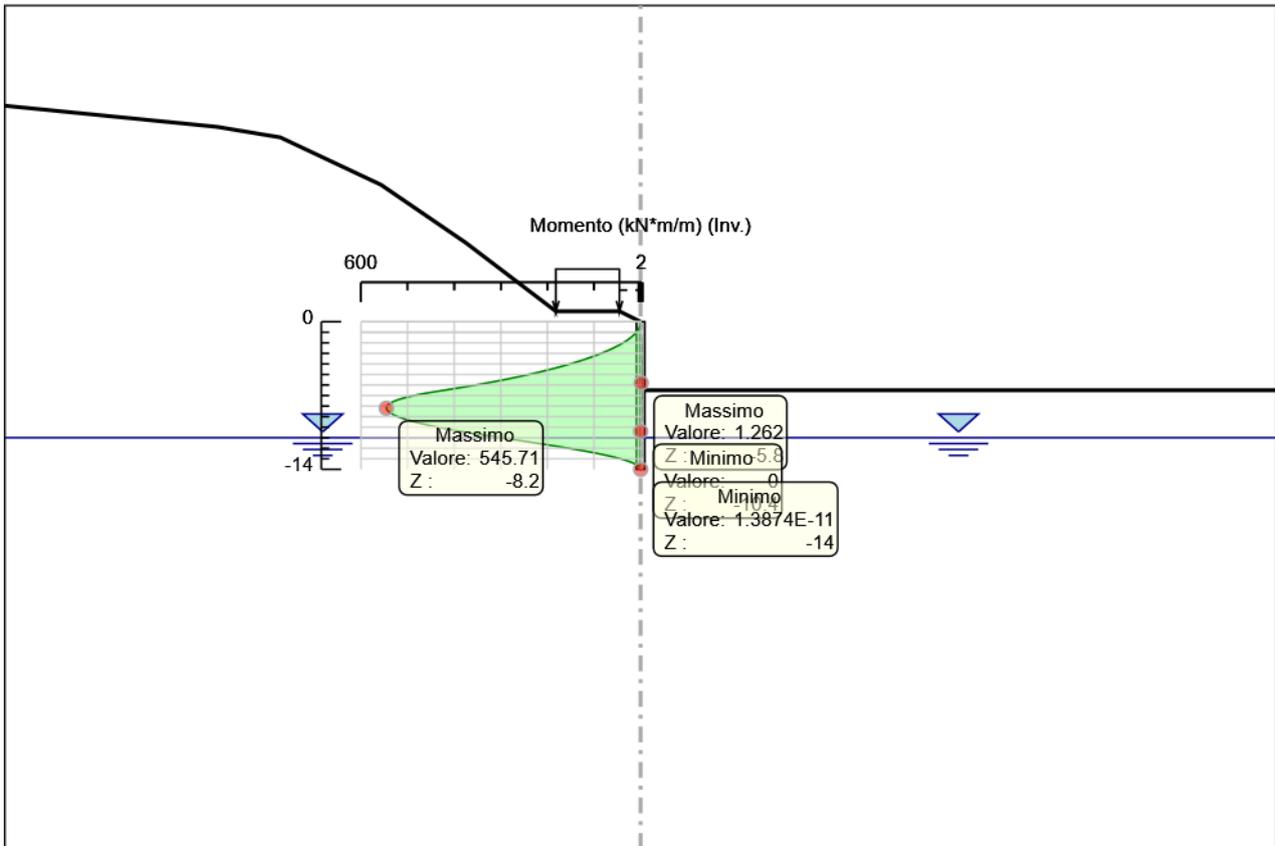
Spostamento

Tabella Involuppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.378	0
-0.4	1.512	0
-0.6	3.403	0.004
-0.8	6.05	0.017
-1	9.452	0.038
-1.2	13.612	0.07
-1.4	18.527	0.115
-1.6	24.198	0.174
-1.8	30.626	0.25
-2	37.81	0.336
-2.2	45.75	0.429
-2.4	54.446	0.524
-2.6	63.899	0.616
-2.8	74.108	0.703
-3	85.072	0.786
-3.2	96.794	0.86
-3.4	109.271	0.928
-3.6	122.519	0.985
-3.8	136.573	1.035
-4	151.467	1.078
-4.2	167.236	1.116
-4.4	183.913	1.149
-4.6	201.534	1.176
-4.8	220.133	1.2
-5	239.745	1.22
-5.2	260.404	1.236
-5.4	282.144	1.249
-5.6	305	1.258
-5.8	329.007	1.262
-6	354.199	1.262
-6.2	380.611	1.255
-6.4	408.276	1.24
-6.6	437.231	1.216
-6.8	463.783	1.181
-7	486.962	1.131
-7.2	506.003	1.066
-7.4	521.096	0.989
-7.6	532.43	0.904
-7.8	540.193	0.815
-8	544.563	0.733
-8.2	545.711	0.651
-8.4	543.801	0.568
-8.6	538.987	0.487
-8.8	531.413	0.409
-9	521.216	0.335
-9.2	508.521	0.266
-9.4	493.446	0.203
-9.6	476.096	0.146
-9.8	456.57	0.094
-10	434.958	0.05
-10.2	411.34	0.011
-10.4	385.811	0
-10.6	358.495	0
-10.8	329.839	0
-11	300.317	0
-11.2	270.369	0
-11.4	240.414	0
-11.6	210.84	0
-11.8	182.014	0
-12	154.282	0
-12.2	127.971	0

Selected Design Assumptions	Involupi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-12.4	103.392	0
-12.6	80.847	0
-12.8	60.624	0
-13	42.955	0
-13.2	28.046	0
-13.4	16.097	0
-13.6	7.308	0
-13.8	1.876	0
-14	0	0

Grafico Involuppi Momento



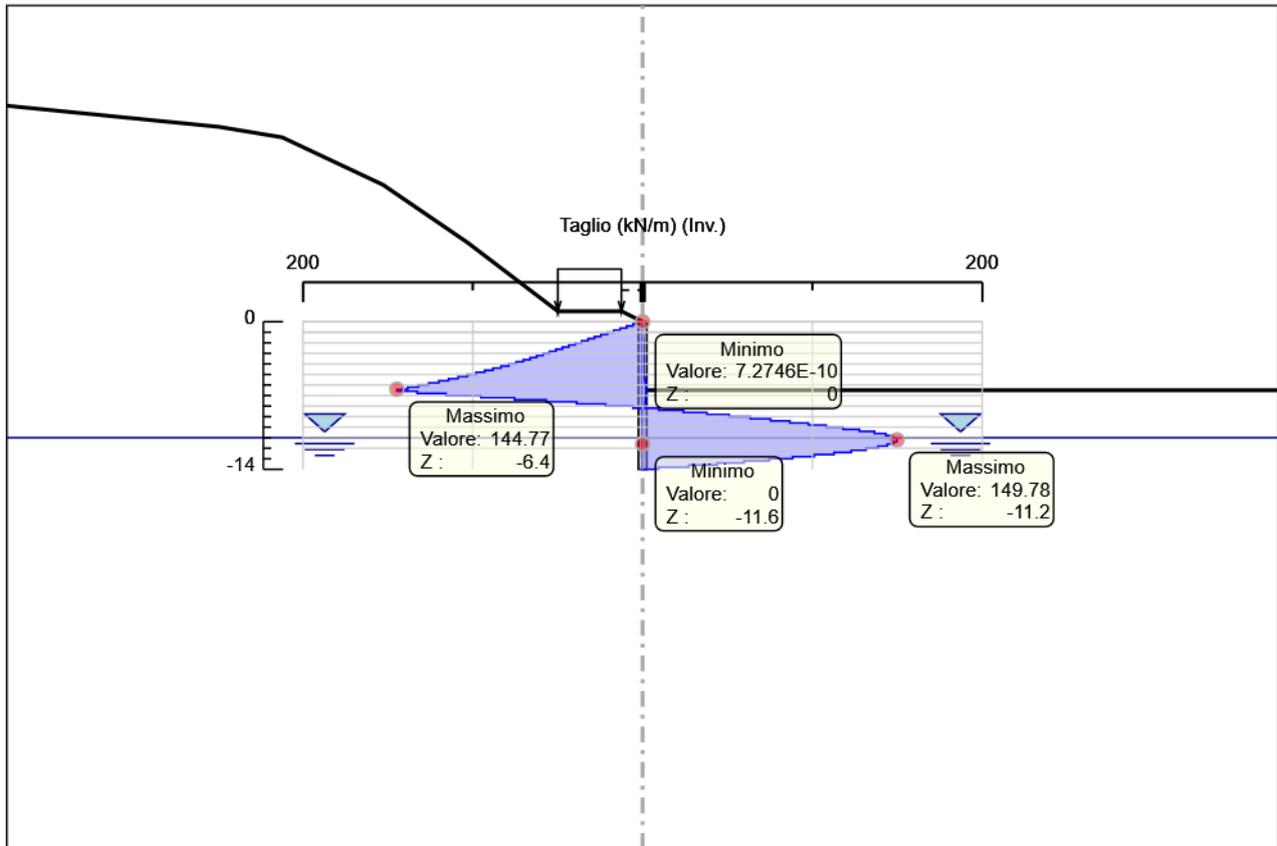
Momento

Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	1.89	0
-0.2	5.672	0.002
-0.4	9.452	0.026
-0.6	13.234	0.061
-0.8	17.014	0.106
-1	20.796	0.16
-1.2	24.576	0.223
-1.4	28.358	0.296
-1.6	32.138	0.381
-1.8	35.92	0.431
-2	39.7	0.461
-2.2	43.482	0.477
-2.4	47.262	0.477
-2.6	51.044	0.462
-2.8	54.824	0.558
-3	58.606	0.613
-3.2	62.387	0.653
-3.4	66.242	0.661
-3.6	70.269	0.661
-3.8	74.47	0.661
-4	78.842	0.656
-4.2	83.388	0.647
-4.4	88.105	0.619
-4.6	92.996	0.59
-4.8	98.058	0.563
-5	103.294	0.759
-5.2	108.702	1.145
-5.4	114.282	1.451
-5.6	120.035	1.696
-5.8	125.96	1.882
-6	132.058	2.001
-6.2	138.329	2.071
-6.4	144.772	2.093
-6.6	144.772	2.093
-6.8	132.76	2.06
-7	115.898	1.987
-7.2	95.203	1.878
-7.4	75.464	1.767
-7.6	56.674	1.655
-7.8	38.813	1.545
-8	21.848	1.436
-8.2	5.741	9.551
-8.4	0.445	24.071
-8.6	0.428	37.867
-8.8	0.404	50.986
-9	0.376	63.474
-9.2	0.346	75.379
-9.4	0.317	86.749
-9.6	0.287	97.627
-9.8	0.255	108.06
-10	0.223	118.089
-10.2	0.192	127.654
-10.4	0.16	136.577
-10.6	0.13	143.28
-10.8	0.102	147.613
-11	0.074	149.736
-11.2	0.049	149.777
-11.4	0.026	149.777
-11.6	0.006	147.868
-11.8	0	144.129
-12	0	138.662
-12.2	0	131.558

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-12.4	0	122.892
-12.6	0	112.728
-12.8	0	101.116
-13	0	88.342
-13.2	0	74.546
-13.4	0	59.744
-13.6	0	43.946
-13.8	0	27.158
-14	0	9.382

Grafico Involuppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 0	Left Wall	LEFT	3.32
NTC2018: SISMICA STR	Stage 7	Left Wall	RIGHT	18.98

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: SISMICA STR	Stage 7	Left Wall	LEFT	192.31
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 0	Left Wall	RIGHT	637.37

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
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							
NTC2018: A2+M2+R2							
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO							

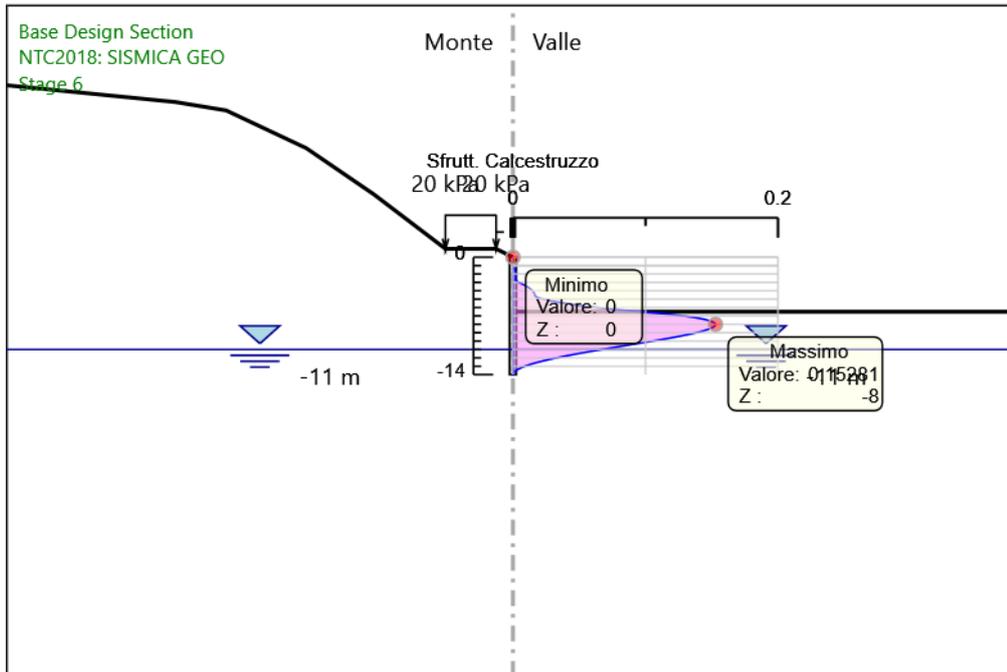
Risultati Caver

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
0		0
-0.2		0
-0.4		0
-0.6		0
-0.8		0
-1		0
-1.2		0.001
-1.4		0.001
-1.6		0.002
-1.8		0.002
-2		0.002
-2.2		0.002
-2.4		0.002
-2.6		0.002
-2.8		0.002
-3		0.004
-3.2		0.007
-3.4		0.01
-3.6		0.012
-3.8		0.013
-4		0.015
-4.2		0.016
-4.4		0.016
-4.6		0.017
-4.8		0.018
-5		0.023
-5.2		0.029
-5.4		0.036
-5.6		0.044
-5.8		0.053
-6		0.063
-6.2		0.076
-6.4		0.089
-6.6		0.105
-6.8		0.118
-7		0.129
-7.2		0.138
-7.4		0.145
-7.6		0.149
-7.8		0.152
-8		0.153
-8.2		0.152
-8.4		0.15
-8.6		0.147
-8.8		0.143
-9		0.138
-9.2		0.133
-9.4		0.126
-9.6		0.12
-9.8		0.113
-10		0.105
-10.2		0.098
-10.4		0.09
-10.6		0.082
-10.8		0.075
-11		0.067
-11.2		0.06
-11.4		0.052
-11.6		0.045
-11.8		0.039

Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-12	0.033	
-12.2	0.027	
-12.4	0.022	
-12.6	0.017	
-12.8	0.013	
-13	0.009	
-13.2	0.006	
-13.4	0.003	
-13.6	0.001	
-13.8	0	
-14	0	

Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



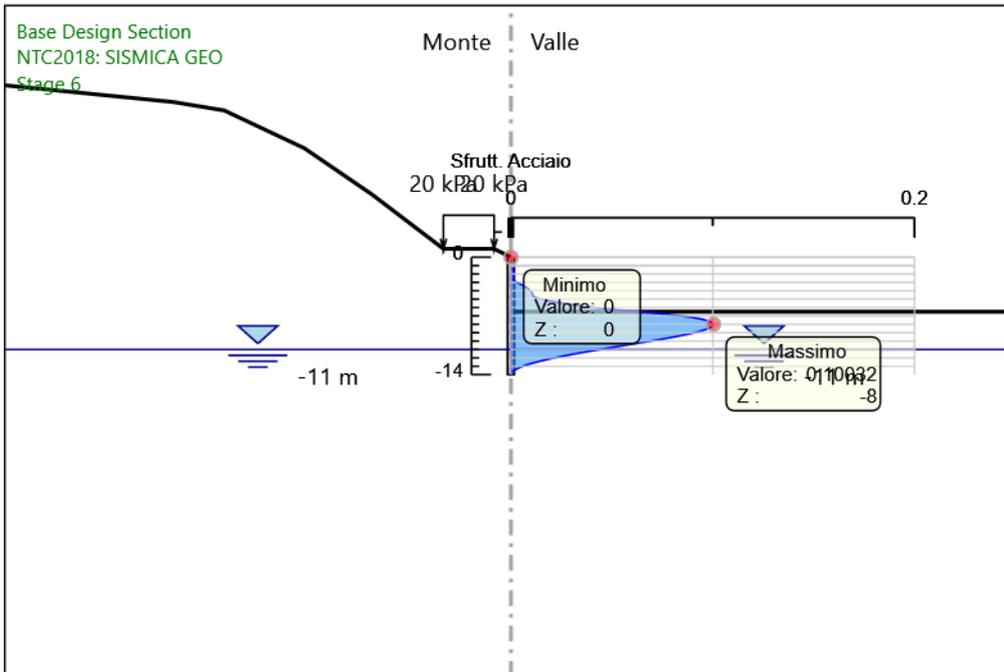
Involuppi
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
0		0
-0.2		0
-0.4		0
-0.6		0
-0.8		0
-1		0
-1.2		0.001
-1.4		0.001
-1.6		0.001
-1.8		0.001
-2		0.001
-2.2		0.001
-2.4		0.001
-2.6		0.001
-2.8		0.001
-3		0.003
-3.2		0.005
-3.4		0.006
-3.6		0.008
-3.8		0.009
-4		0.01
-4.2		0.01
-4.4		0.011
-4.6		0.011
-4.8		0.012
-5		0.015
-5.2		0.019
-5.4		0.023
-5.6		0.029
-5.8		0.035
-6		0.042
-6.2		0.05
-6.4		0.059
-6.6		0.069
-6.8		0.077
-7		0.085
-7.2		0.091
-7.4		0.095
-7.6		0.098
-7.8		0.1
-8		0.1
-8.2		0.1
-8.4		0.099
-8.6		0.097
-8.8		0.094
-9		0.091
-9.2		0.087
-9.4		0.083
-9.6		0.079
-9.8		0.074
-10		0.069
-10.2		0.064
-10.4		0.059
-10.6		0.054
-10.8		0.049
-11		0.044
-11.2		0.039
-11.4		0.034
-11.6		0.03
-11.8		0.026
-12		0.021
-12.2		0.018

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-12.4		0.014
-12.6		0.011
-12.8		0.008
-13		0.006
-13.2		0.004
-13.4		0.002
-13.6		0.001
-13.8		0
-14		0

Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver



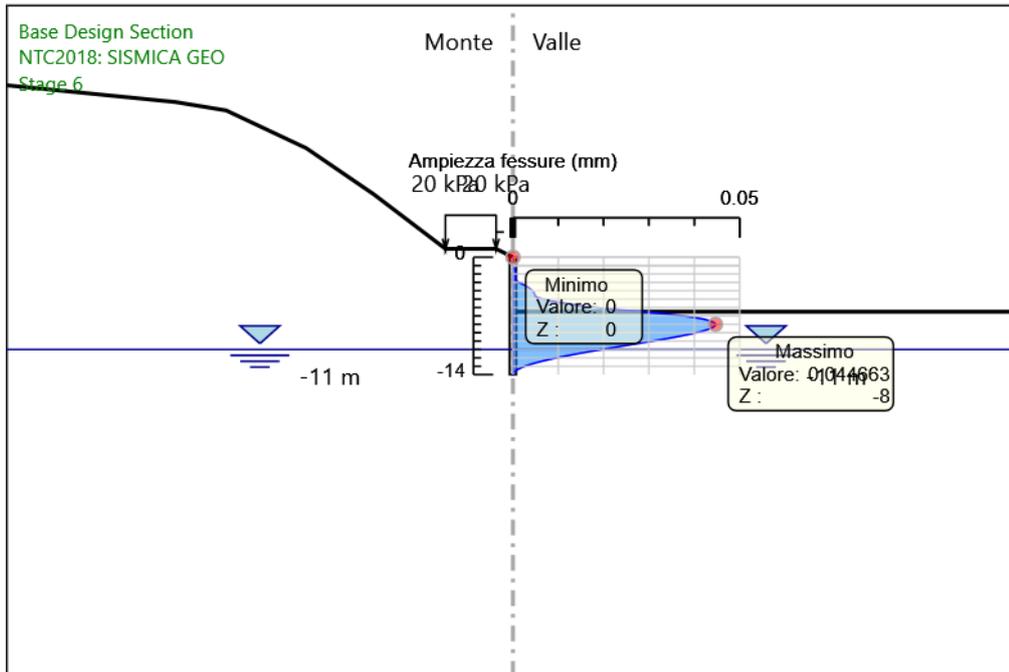
Involuppi
Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
0	0	
-0.2	0	
-0.4	0	
-0.6	0	
-0.8	0	
-1	0	
-1.2	0	
-1.4	0	
-1.6	0.001	
-1.8	0.001	
-2	0.001	
-2.2	0.001	
-2.4	0.001	
-2.6	0.001	
-2.8	0.001	
-3	0.001	
-3.2	0.002	
-3.4	0.003	
-3.6	0.003	
-3.8	0.004	
-4	0.004	
-4.2	0.005	
-4.4	0.005	
-4.6	0.005	
-4.8	0.005	
-5	0.007	
-5.2	0.008	
-5.4	0.01	
-5.6	0.013	
-5.8	0.015	
-6	0.019	
-6.2	0.022	
-6.4	0.026	
-6.6	0.031	
-6.8	0.035	
-7	0.038	
-7.2	0.04	
-7.4	0.042	
-7.6	0.044	
-7.8	0.044	
-8	0.045	
-8.2	0.045	
-8.4	0.044	
-8.6	0.043	
-8.8	0.042	
-9	0.04	
-9.2	0.039	
-9.4	0.037	
-9.6	0.035	
-9.8	0.033	
-10	0.031	
-10.2	0.029	
-10.4	0.026	
-10.6	0.024	
-10.8	0.022	
-11	0.02	
-11.2	0.017	
-11.4	0.015	
-11.6	0.013	
-11.8	0.011	
-12	0.01	
-12.2	0.008	

Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-12.4	0.006	
-12.6	0.005	
-12.8	0.004	
-13	0.003	
-13.2	0.002	
-13.4	0.001	
-13.6	0	
-13.8	0	
-14	0	

Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver



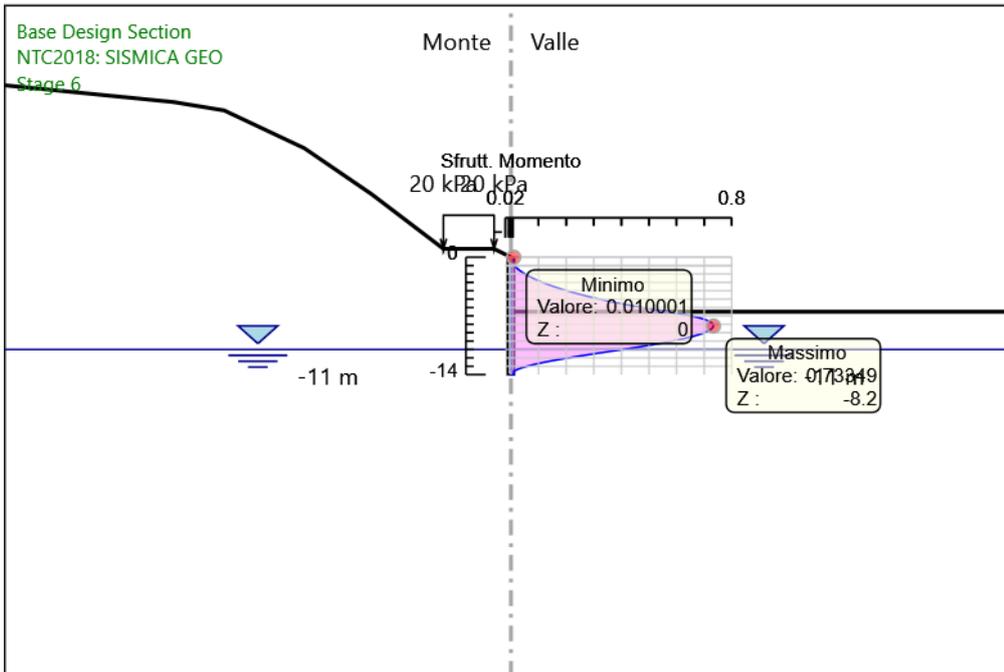
Involuppi
 Apertura Fessure - Caver

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - Caver : LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - Caver	LEFT
0		0.01
-0.2		0.01
-0.4		0.01
-0.6		0.01
-0.8		0.01
-1		0.013
-1.2		0.018
-1.4		0.025
-1.6		0.033
-1.8		0.041
-2		0.051
-2.2		0.061
-2.4		0.073
-2.6		0.086
-2.8		0.1
-3		0.114
-3.2		0.13
-3.4		0.147
-3.6		0.165
-3.8		0.184
-4		0.204
-4.2		0.225
-4.4		0.247
-4.6		0.271
-4.8		0.296
-5		0.322
-5.2		0.35
-5.4		0.379
-5.6		0.41
-5.8		0.442
-6		0.476
-6.2		0.512
-6.4		0.549
-6.6		0.588
-6.8		0.623
-7		0.655
-7.2		0.68
-7.4		0.7
-7.6		0.716
-7.8		0.726
-8		0.732
-8.2		0.733
-8.4		0.731
-8.6		0.724
-8.8		0.714
-9		0.701
-9.2		0.684
-9.4		0.663
-9.6		0.64
-9.8		0.614
-10		0.585
-10.2		0.553
-10.4		0.519
-10.6		0.482
-10.8		0.443
-11		0.404
-11.2		0.363
-11.4		0.323
-11.6		0.283
-11.8		0.245
-12		0.207
-12.2		0.172

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento M-N - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - Caver	
-12.4		0.139
-12.6		0.109
-12.8		0.081
-13		0.058
-13.2		0.038
-13.4		0.022
-13.6		0.01
-13.8		0.01
-14		0.01

Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover



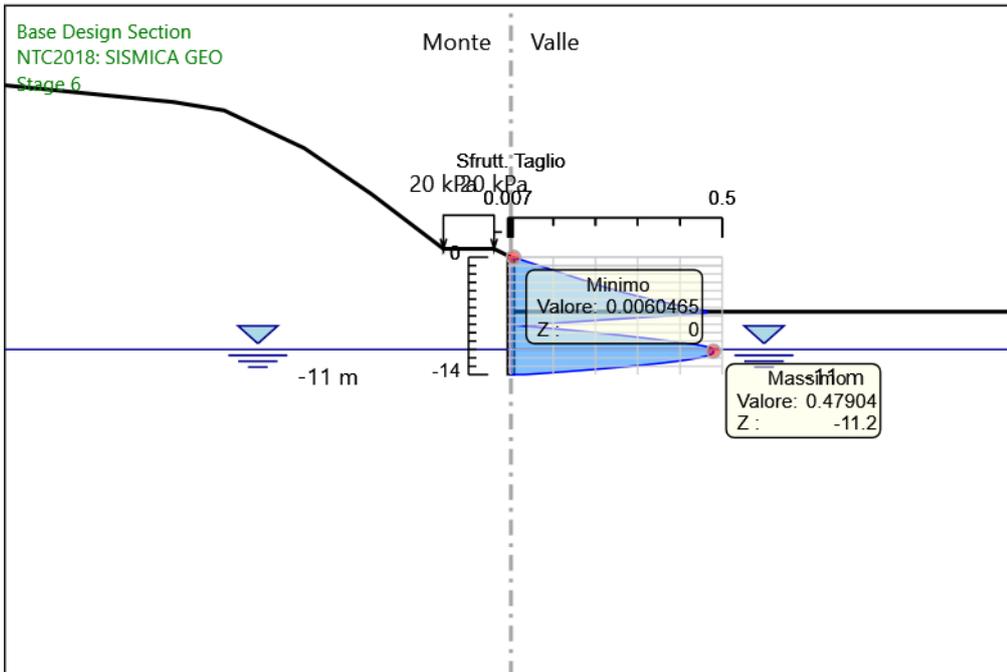
Involuppi
Tasso di Sfruttamento M-N - Cover

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Z (m)	LEFT Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
0	0.006
-0.2	0.018
-0.4	0.03
-0.6	0.042
-0.8	0.054
-1	0.067
-1.2	0.079
-1.4	0.091
-1.6	0.103
-1.8	0.115
-2	0.127
-2.2	0.139
-2.4	0.151
-2.6	0.163
-2.8	0.175
-3	0.187
-3.2	0.2
-3.4	0.212
-3.6	0.225
-3.8	0.238
-4	0.252
-4.2	0.267
-4.4	0.282
-4.6	0.297
-4.8	0.314
-5	0.33
-5.2	0.348
-5.4	0.366
-5.6	0.384
-5.8	0.403
-6	0.422
-6.2	0.442
-6.4	0.463
-6.6	0.463
-6.8	0.425
-7	0.371
-7.2	0.304
-7.4	0.241
-7.6	0.181
-7.8	0.124
-8	0.07
-8.2	0.031
-8.4	0.077
-8.6	0.121
-8.8	0.163
-9	0.203
-9.2	0.241
-9.4	0.277
-9.6	0.312
-9.8	0.346
-10	0.378
-10.2	0.408
-10.4	0.437
-10.6	0.458
-10.8	0.472
-11	0.479
-11.2	0.479
-11.4	0.479
-11.6	0.473
-11.8	0.461
-12	0.443
-12.2	0.421

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-12.4		0.393
-12.6		0.361
-12.8		0.323
-13		0.283
-13.2		0.238
-13.4		0.191
-13.6		0.141
-13.8		0.087
-14		0.03

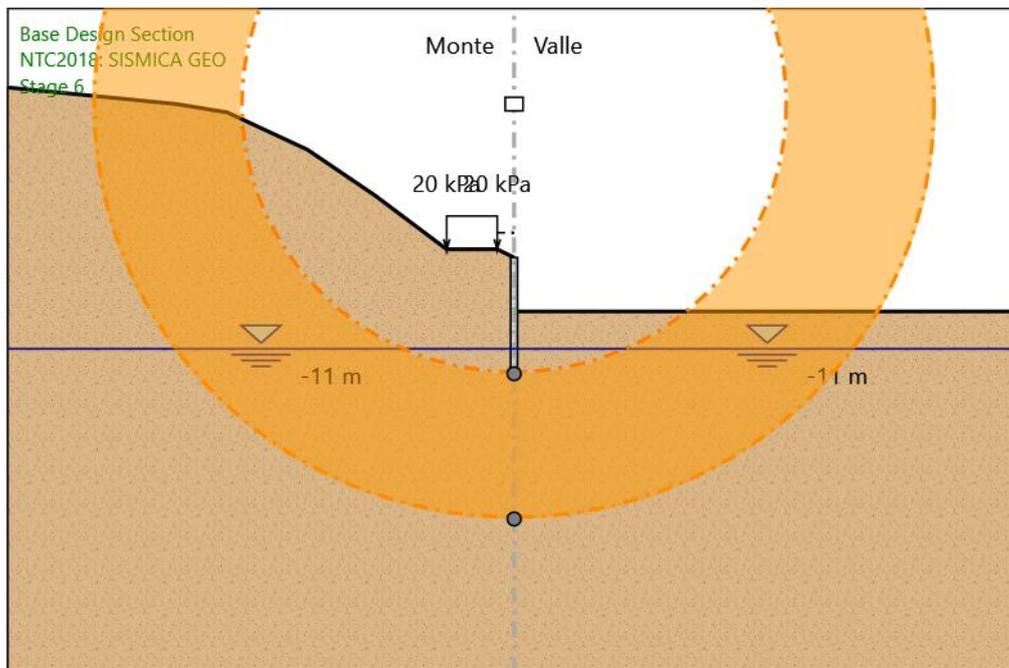
Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

Fasi di Calcolo

Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018:



A2+M2+R2 - Stage: Stage 6

Metodo di stabilità del pendio: BISHOP

Definizione Superficie Critica: Centro e Raggio

Passo Conci: 1

Xc: 0

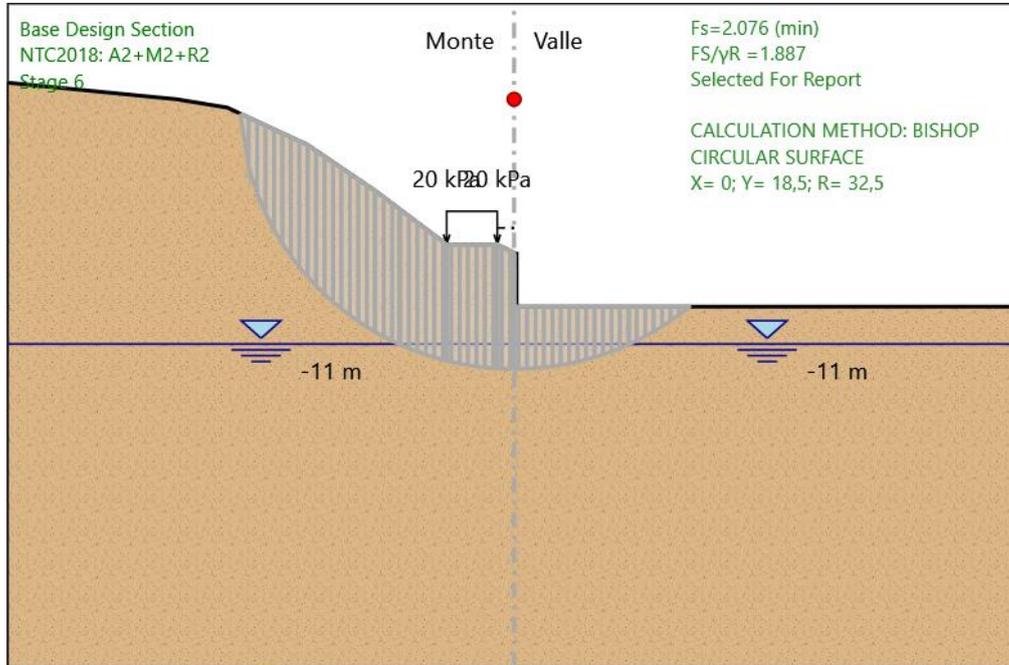
Zc: 18,5

Raggio Minimo: 32,5

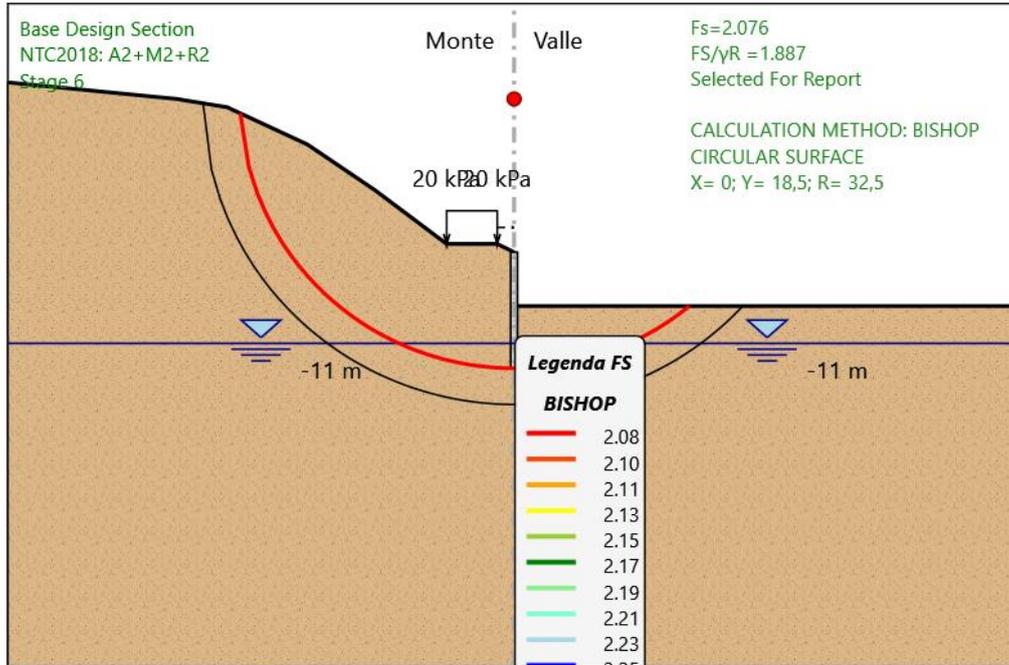
Raggio Massimo: 50

Numero Raggi: 5

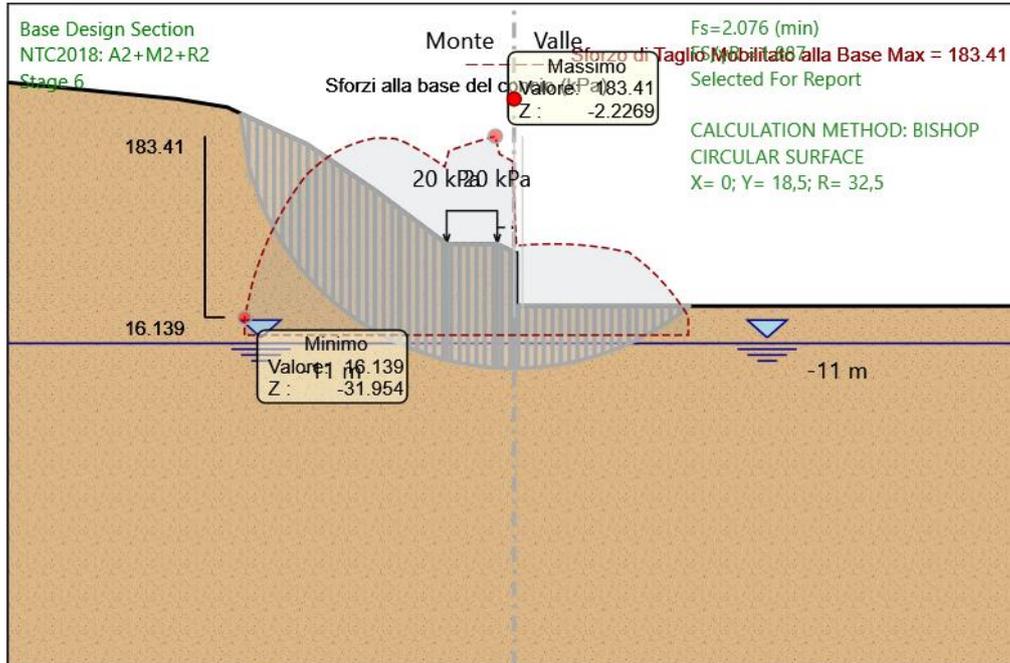
Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 6



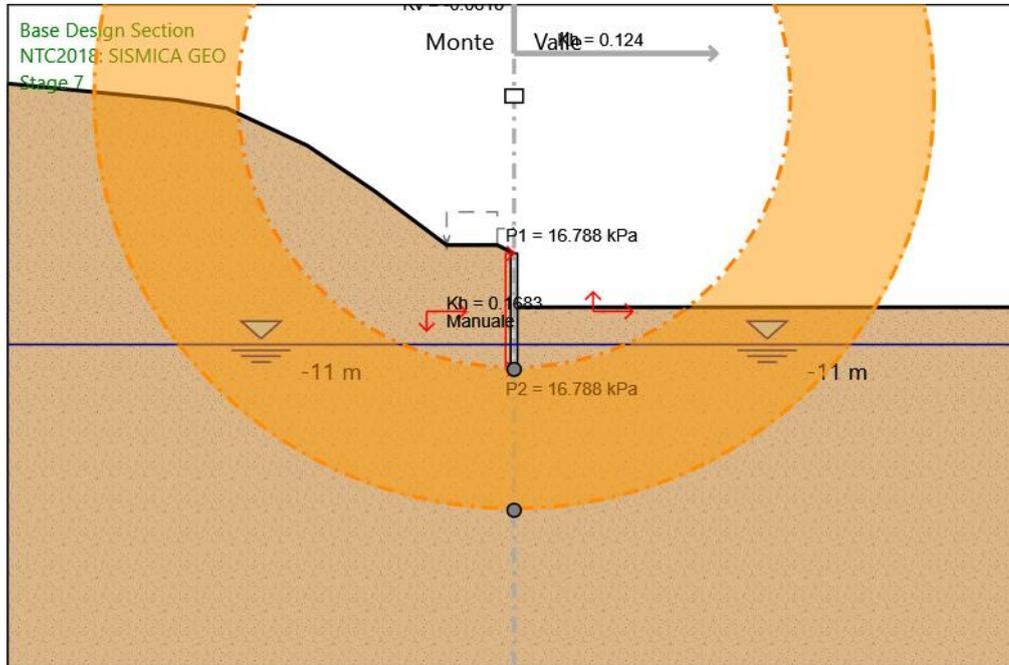
**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018:
 A2+M2+R2 - Stage: Stage 6**



**Grafico Sforzo di Taglio Mobilitato alla Base - Design Assumption: NTC2018:
A2+M2+R2 - Stage: Stage 6**



Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018:



SISMICA GEO - Stage: Stage 7

Metodo di stabilità del pendio: BISHOP

Definizione Superficie Critica: Centro e Raggio

Passo Conci: 1

Xc: 0

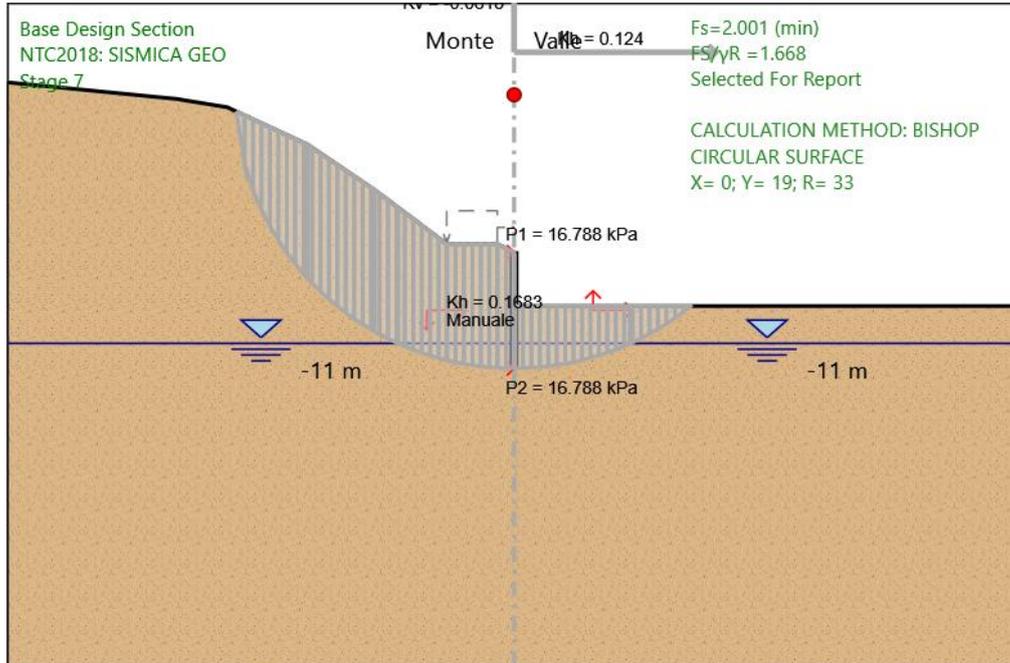
Zc: 19

Raggio Minimo: 33

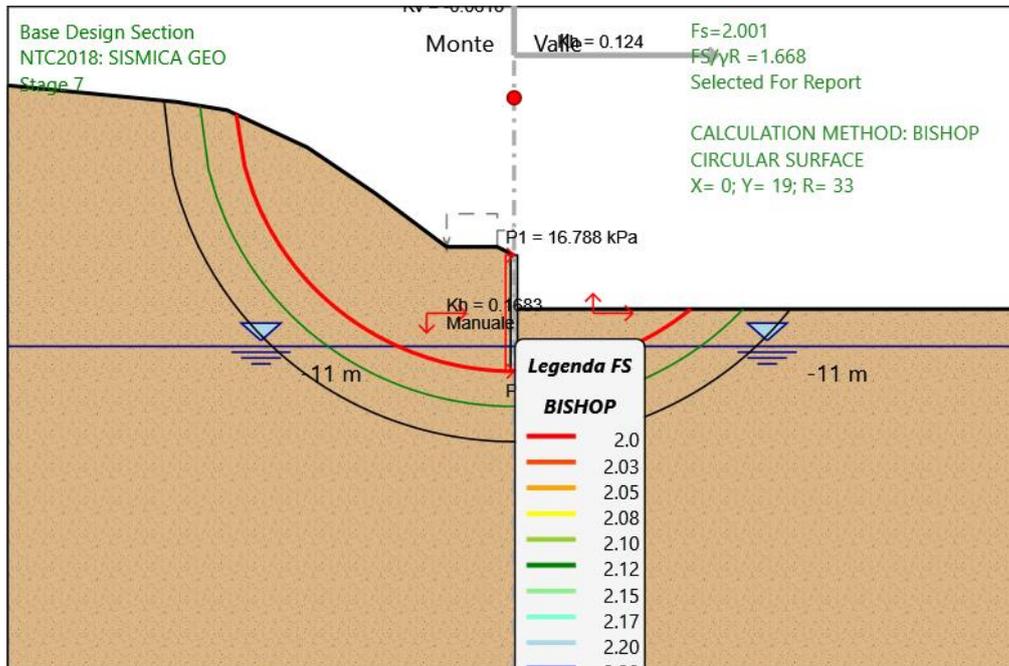
Raggio Massimo: 50

Numero Raggi: 5

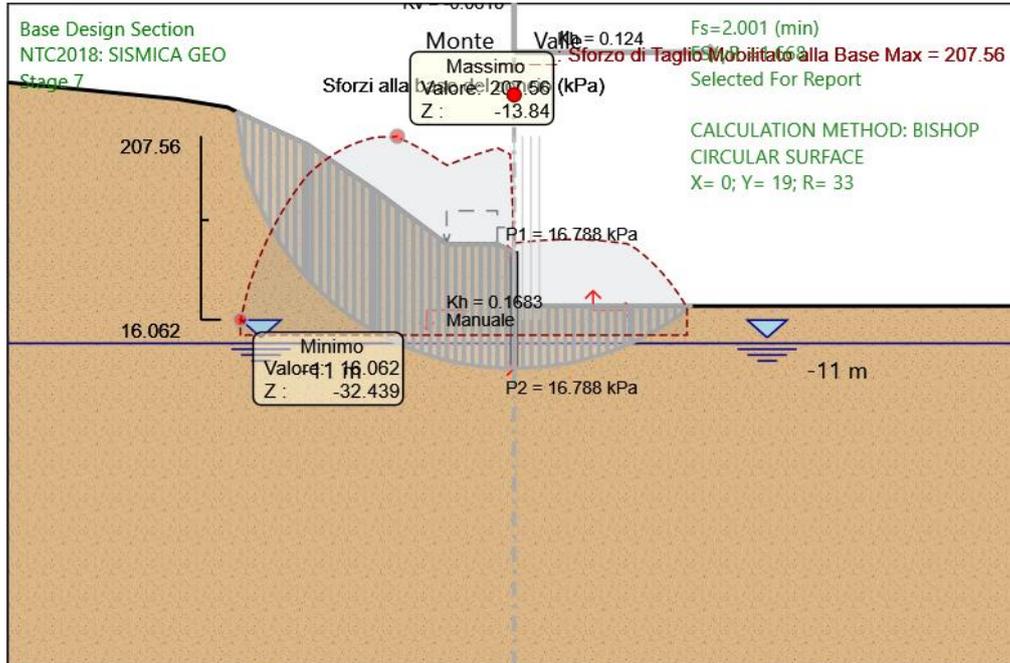
**Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage:
 Stage 7**



**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018:
SISMICA GEO - Stage: Stage 7**



**Grafico Sforzo di Taglio Mobilitato alla Base - Design Assumption: NTC2018:
SISMICA GEO - Stage: Stage 7**



12.3 Tipologico “C”

Descrizione del Software

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

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 20.5 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c_v	ϕ	c'	Su	Modulo	Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Avexp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa	kPa			kPa		kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	
1	MS	19	19	38				15		Constant		70000	112000										

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 10 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 18

Diametro : 0.018 m

Distanza dal bordo : 0.079 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.01 m

Lunghezza : 10 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.2 m

Sezione : Pali D600

Area equivalente : 0.353429173528852 m

Inerzia equivalente : 0.008 m⁴/m

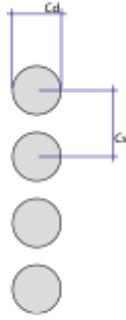
Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.8 m

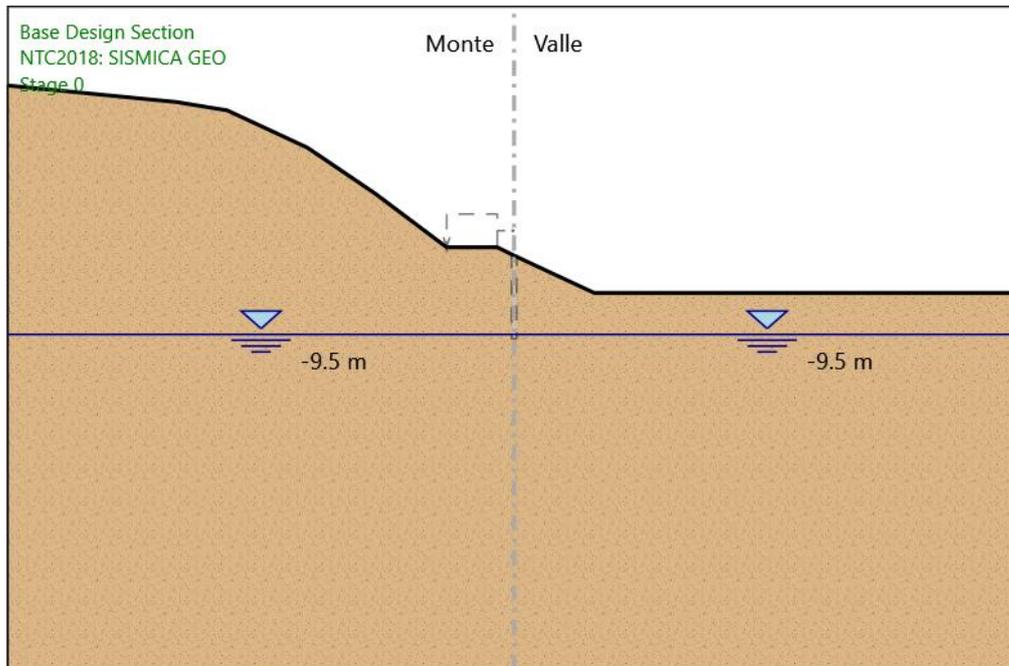
Diametro : 0.6 m

Efficacia : 1



Fasi di Calcolo

Stage 0



Stage 0

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(9.5;-4.5)

(15.5;-4.5)

(30.5;-4.5)

(42;-4.5)

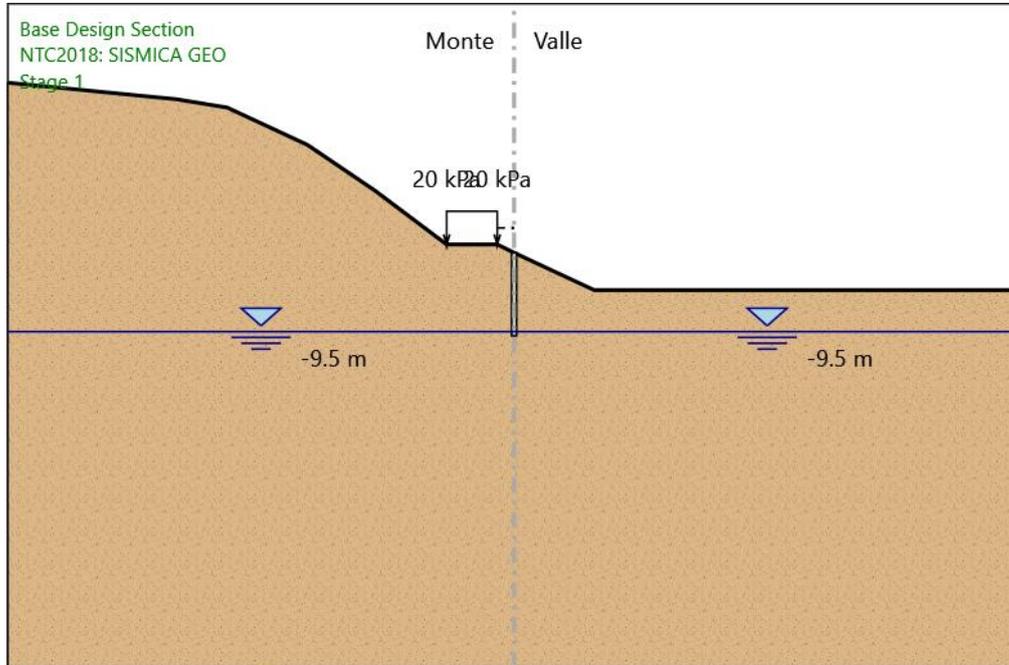
(60;-4.5)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(9.5;-4.5)

(15.5;-4.5)

(30.5;-4.5)

(42;-4.5)

(60;-4.5)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

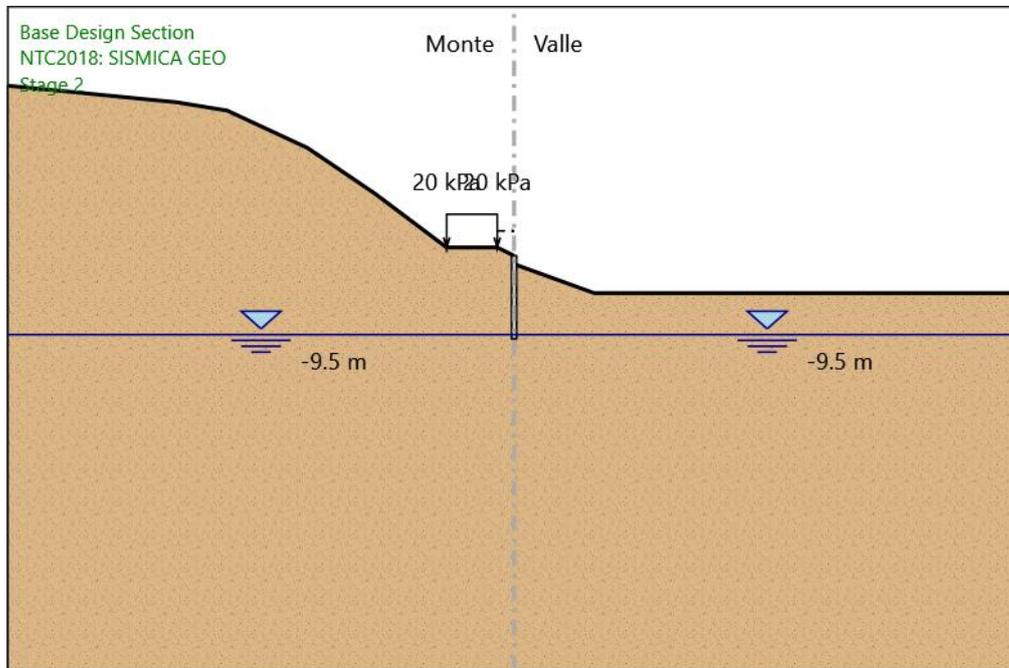
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Pali D600

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-1)

(9.5;-4.5)

(15.5;-4.5)

(30.5;-4.5)

(42;-4.5)

(60;-4.5)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

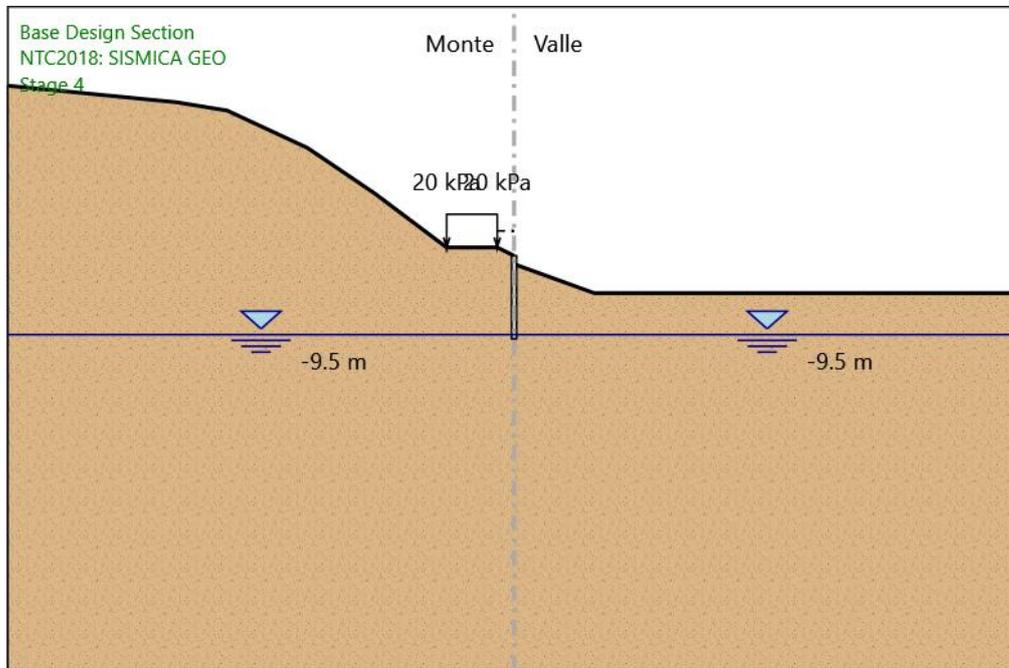
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Pali D600

Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-1)

(9.5;-4.5)

(15.5;-4.5)

(30.5;-4.5)

(42;-4.5)

(60;-4.5)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

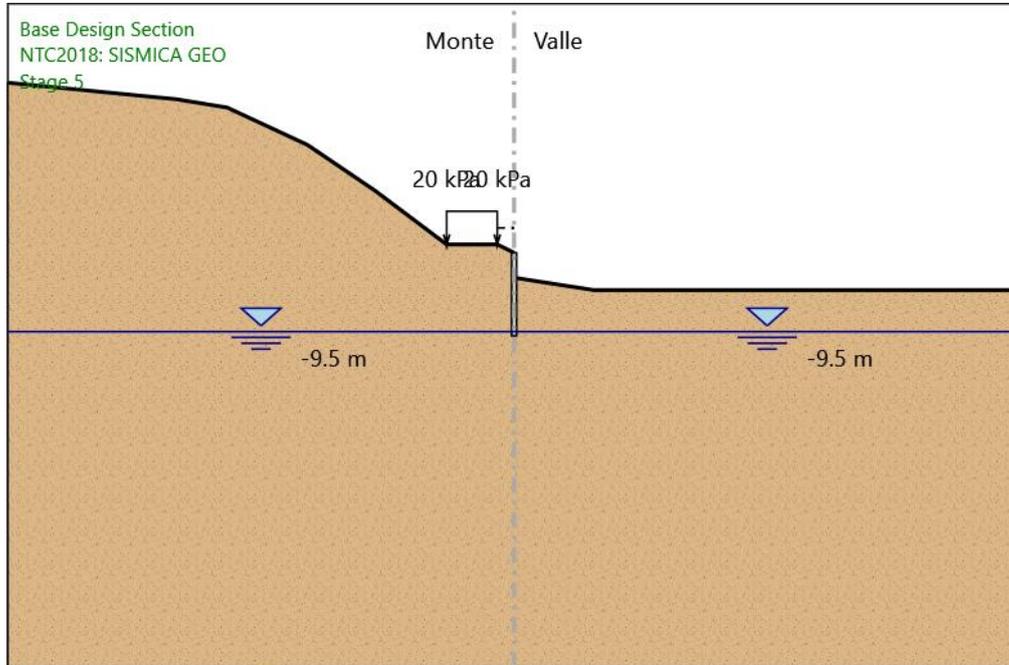
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Pali D600

Stage 5



Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-3)

(9.5;-4.5)

(15.5;-4.5)

(30.5;-4.5)

(42;-4.5)

(60;-4.5)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

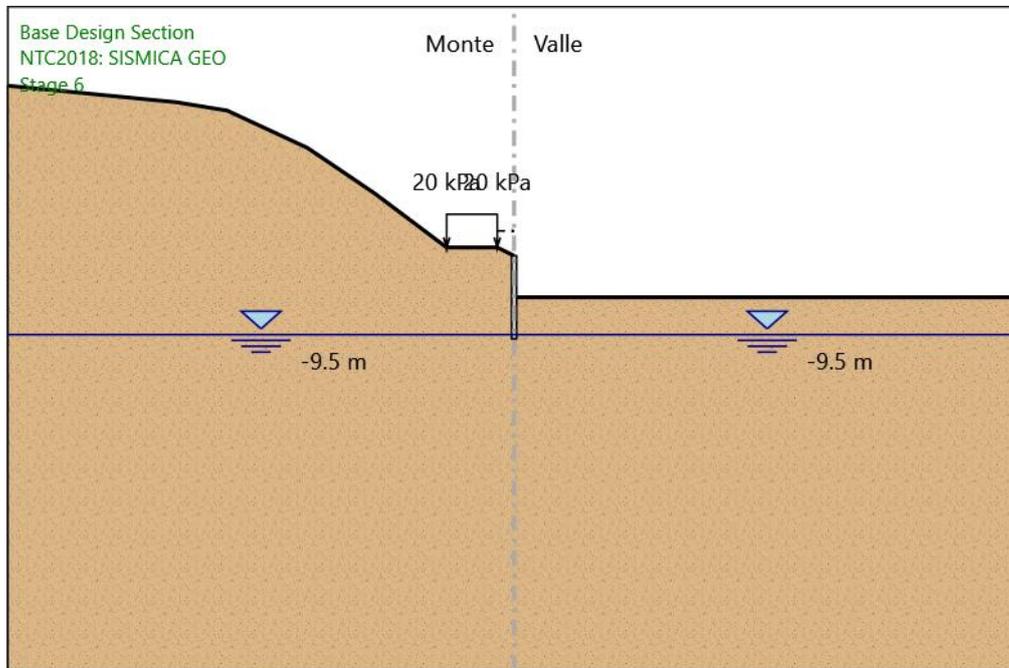
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Pali D600

Stage 6



Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

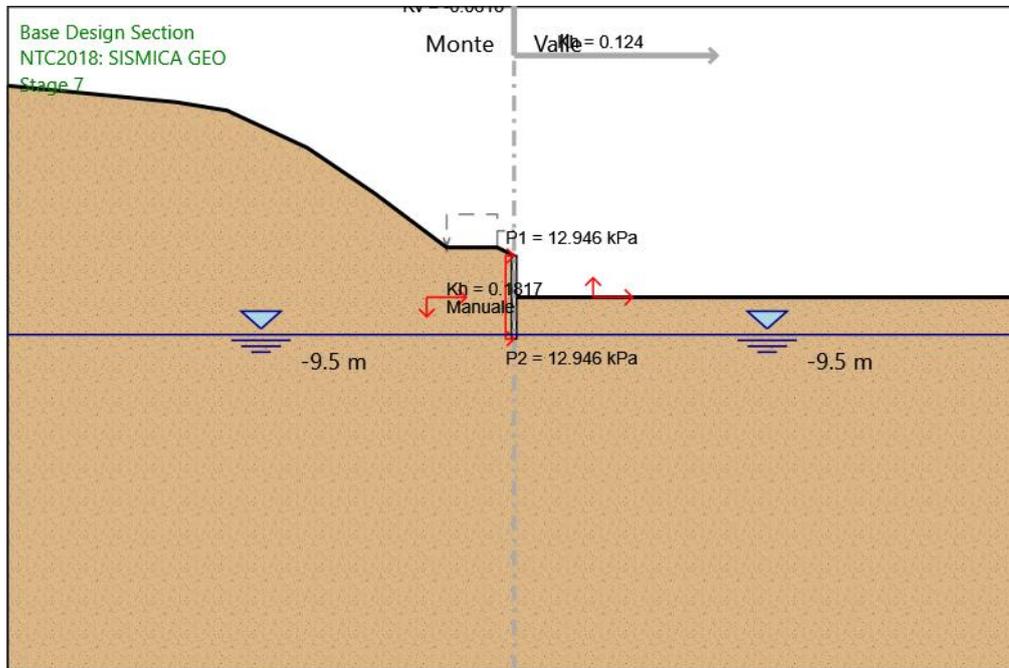
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Pali D600

Stage 7



Stage 7

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-60;20.5)

(-40;18.5)

(-34;17.5)

(-24.5;13)

(-16.5;7.5)

(-8;1)

(-2;1)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

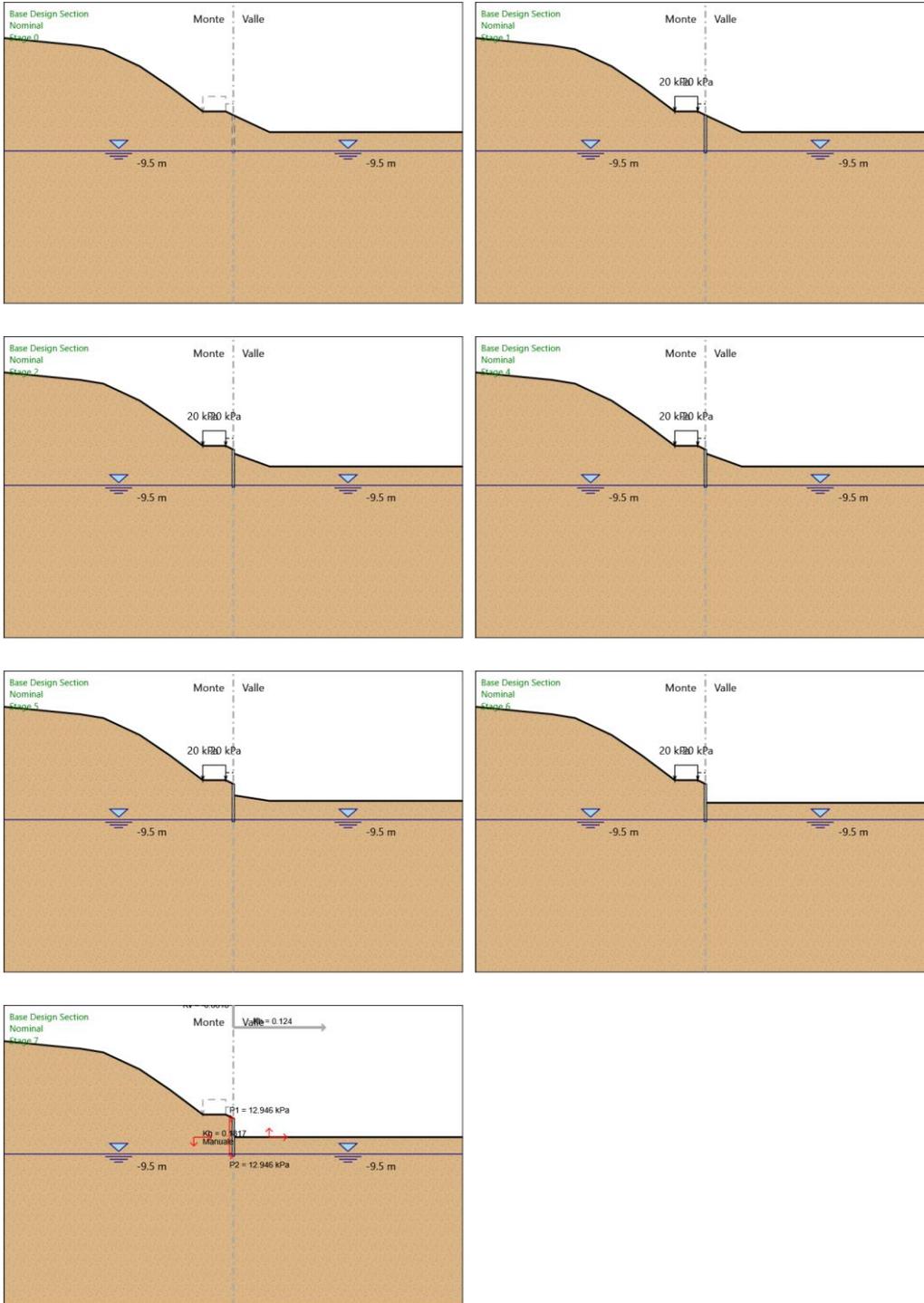
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Pali D600

Tabella Configurazione Stage (Nominal)



Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load _unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_loa d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load _unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_ Gdstab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_ Gdstab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ Gdstab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_HYD_ Gdstab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequ ente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A1+M1+R3	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	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	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
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

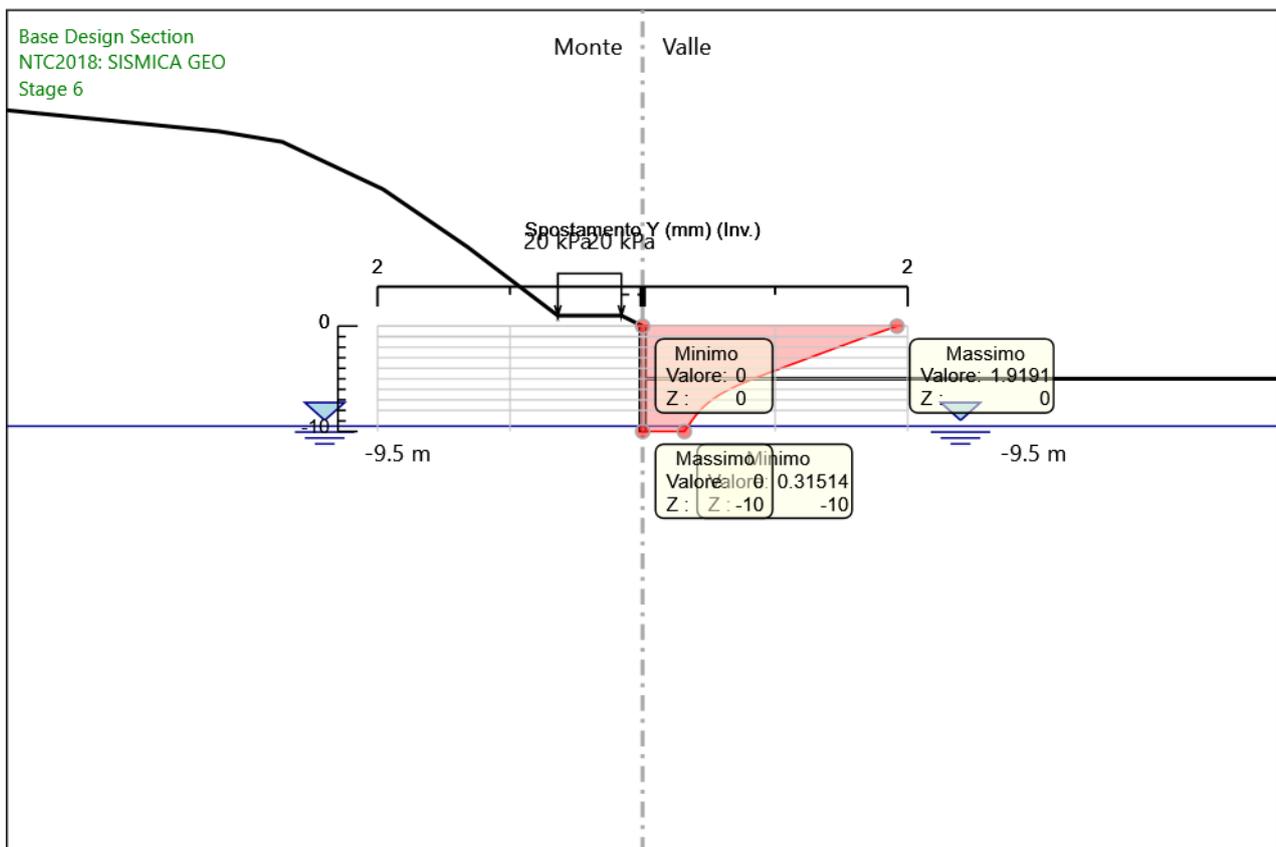
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanententi (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	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 Involuppo

Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
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							
NTC2018: A2+M2+R2							
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO							

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Grafico Inviluppi Spostamento

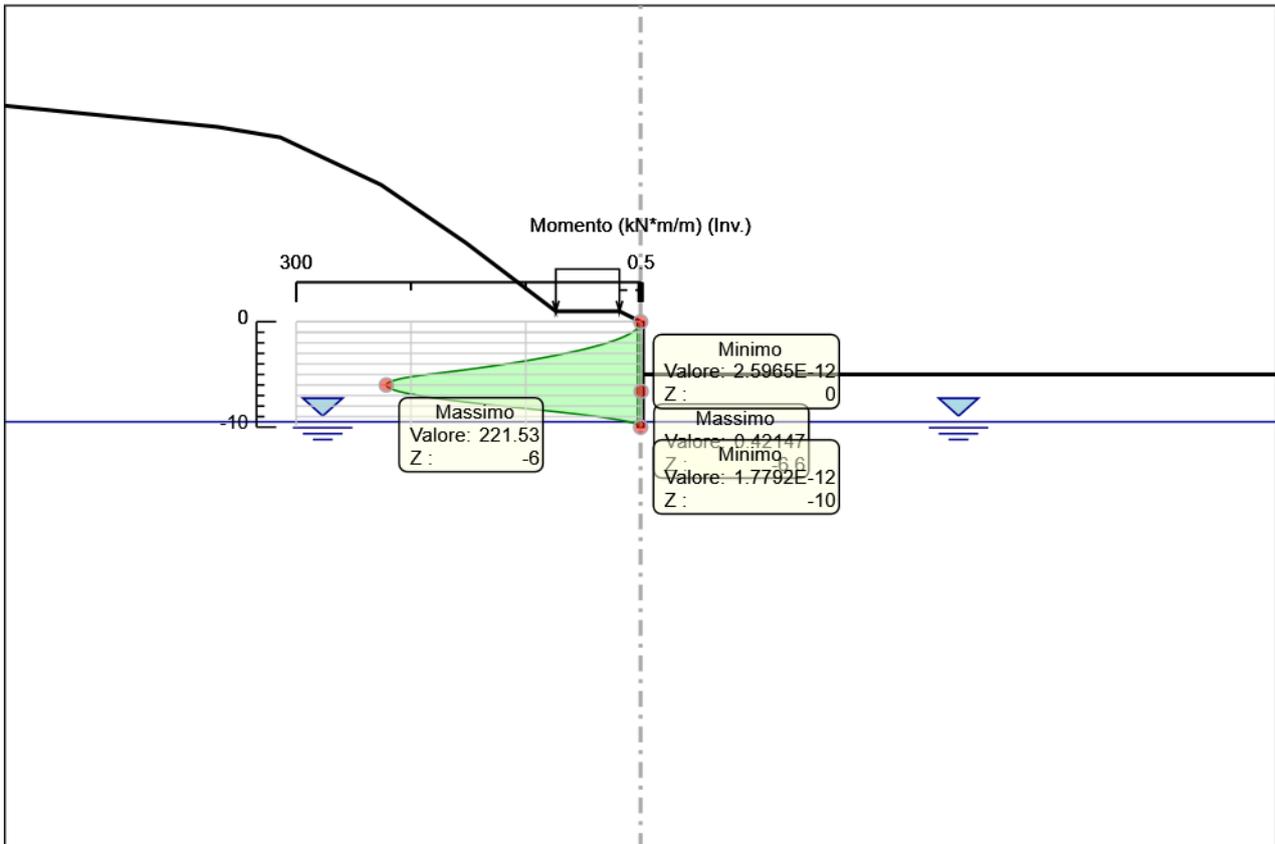


Spostamento

Tabella Involuppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions Z (m)	Involuppi: Momento Lato sinistro (kN*m/m)	Muro: WallElement Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.291	0
-0.4	1.164	0
-0.6	2.62	0
-0.8	4.658	0
-1	7.278	0
-1.2	10.48	0
-1.4	14.264	0
-1.6	18.63	0
-1.8	23.579	0.026
-2	29.11	0.066
-2.2	35.223	0.11
-2.4	41.918	0.155
-2.6	49.196	0.196
-2.8	57.056	0.233
-3	65.498	0.266
-3.2	74.522	0.292
-3.4	84.128	0.313
-3.6	94.347	0.327
-3.8	105.216	0.335
-4	116.771	0.341
-4.2	129.048	0.346
-4.4	142.083	0.348
-4.6	155.913	0.351
-4.8	170.574	0.354
-5	186.102	0.358
-5.2	199.332	0.362
-5.4	209.317	0.369
-5.6	216.217	0.376
-5.8	220.225	0.384
-6	221.532	0.393
-6.2	220.318	0.406
-6.4	216.754	0.416
-6.6	210.999	0.421
-6.8	203.2	0.418
-7	193.492	0.403
-7.2	181.998	0.376
-7.4	168.83	0.341
-7.6	154.089	0.301
-7.8	137.907	0.258
-8	120.665	0.216
-8.2	102.94	0.175
-8.4	85.271	0.138
-8.6	68.162	0.104
-8.8	52.093	0.075
-9	37.52	0.051
-9.2	24.883	0.031
-9.4	14.5	0.017
-9.6	6.685	0.007
-9.8	1.749	0.002
-10	0	0

Grafico Involuppi Momento

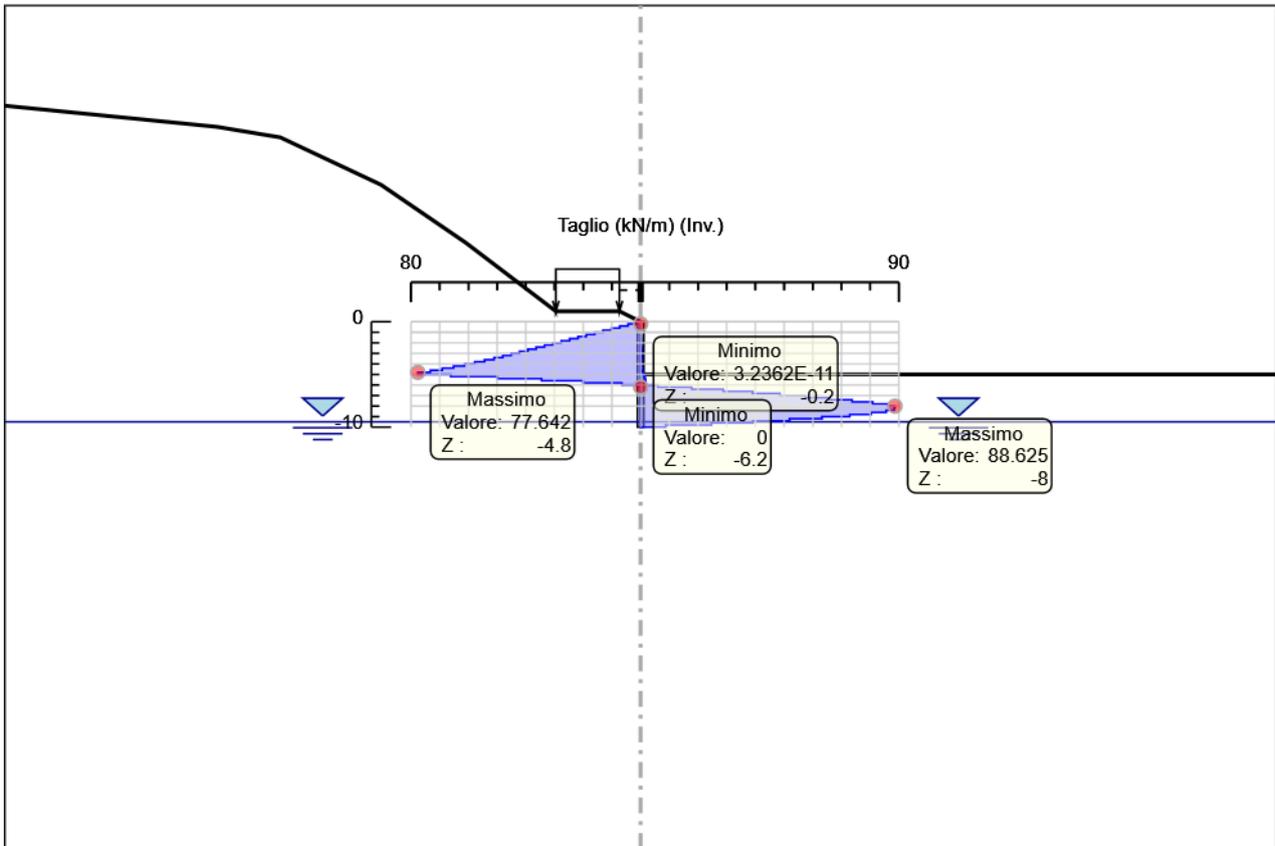


Momento

Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	1.456	0
-0.2	4.366	0
-0.4	7.278	0
-0.6	10.188	0
-0.8	13.1	0
-1	16.01	0.005
-1.2	18.922	0.045
-1.4	21.832	0.097
-1.6	24.744	0.165
-1.8	27.654	0.2
-2	30.566	0.219
-2.2	33.476	0.272
-2.4	36.388	0.361
-2.6	39.298	0.421
-2.8	42.21	0.46
-3	45.121	0.46
-3.2	48.032	0.46
-3.4	51.097	0.45
-3.6	54.344	0.415
-3.8	57.773	0.38
-4	61.384	0.347
-4.2	65.176	0.318
-4.4	69.15	0.279
-4.6	73.305	0.622
-4.8	77.642	1.002
-5	77.642	1.305
-5.2	66.151	1.54
-5.4	49.922	1.697
-5.6	34.499	1.799
-5.8	20.043	1.853
-6	6.534	6.07
-6.2	0.488	17.821
-6.4	0	28.776
-6.6	0.03	38.996
-6.8	0.075	48.54
-7	0.134	57.469
-7.2	0.176	65.839
-7.4	0.201	73.706
-7.6	0.212	80.91
-7.8	0.212	86.209
-8	0.212	88.625
-8.2	0.203	88.625
-8.4	0.188	88.348
-8.6	0.168	85.544
-8.8	0.146	80.347
-9	0.122	72.864
-9.2	0.097	63.185
-9.4	0.072	51.912
-9.6	0.049	39.075
-9.8	0.027	24.683
-10	0.008	8.743

Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 0	Left Wall	LEFT	3.17
NTC2018: SISMICA STR	Stage 7	Left Wall	RIGHT	19.09

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: SISMICA STR	Stage 7	Left Wall	LEFT	215.81
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 0	Left Wall	RIGHT	882.27

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

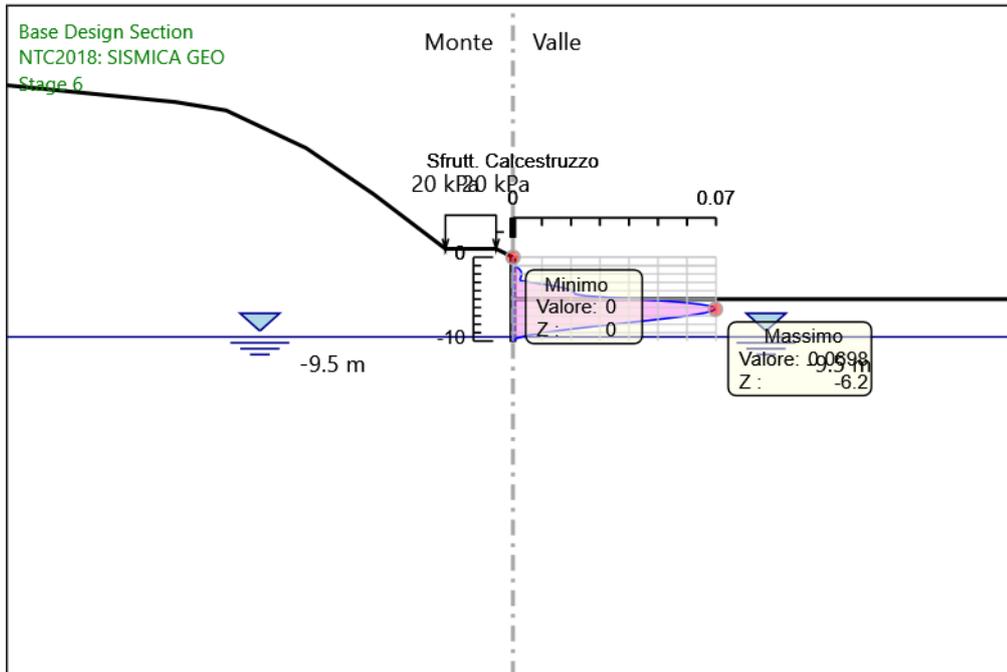
Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1							
NTC2018: A2+M2+R2							
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO							

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
-0.4		0
-0.6		0
-0.8		0
-1		0.001
-1.2		0.001
-1.4		0.002
-1.6		0.003
-1.8		0.003
-2		0.003
-2.2		0.003
-2.4		0.003
-2.6		0.002
-2.8		0.003
-3		0.006
-3.2		0.01
-3.4		0.014
-3.6		0.017
-3.8		0.019
-4		0.02
-4.2		0.021
-4.4		0.021
-4.6		0.025
-4.8		0.033
-5		0.043
-5.2		0.052
-5.4		0.059
-5.6		0.064
-5.8		0.068
-6		0.07
-6.2		0.07
-6.4		0.069
-6.6		0.067
-6.8		0.064
-7		0.06
-7.2		0.055
-7.4		0.05
-7.6		0.045
-7.8		0.04
-8		0.035
-8.2		0.029
-8.4		0.024
-8.6		0.019
-8.8		0.015
-9		0.011
-9.2		0.007
-9.4		0.004
-9.6		0.002
-9.8		0.001
-10		0

Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

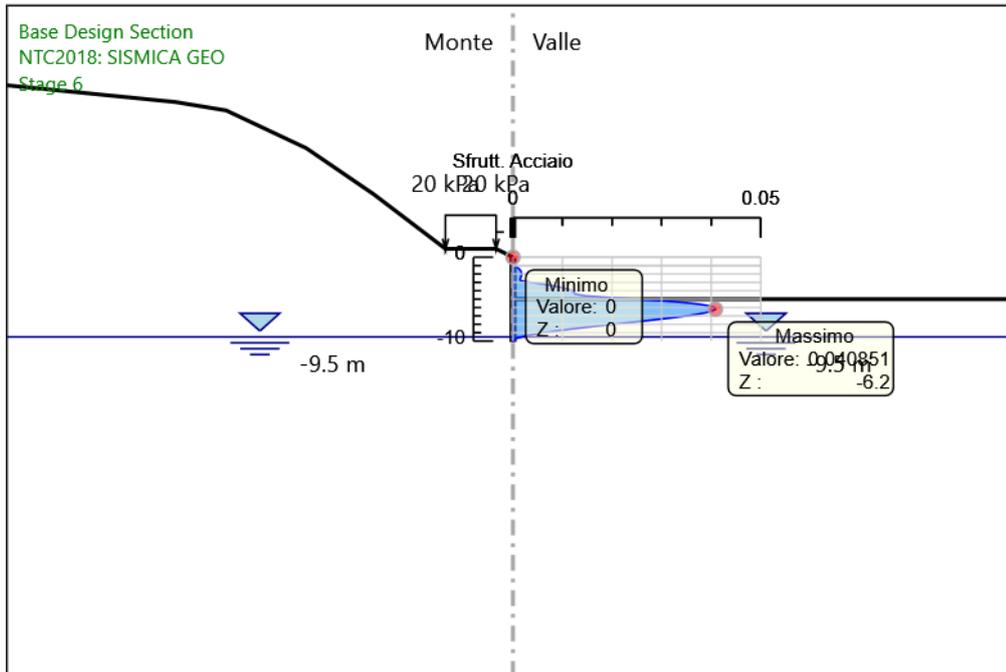


Involuppi
 Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Z (m)	LEFT Tasso di Sfruttamento Armature - Caver
0	0
-0.2	0
-0.4	0
-0.6	0
-0.8	0
-1	0
-1.2	0.001
-1.4	0.001
-1.6	0.002
-1.8	0.002
-2	0.002
-2.2	0.002
-2.4	0.002
-2.6	0.001
-2.8	0.002
-3	0.004
-3.2	0.006
-3.4	0.008
-3.6	0.01
-3.8	0.011
-4	0.012
-4.2	0.012
-4.4	0.013
-4.6	0.015
-4.8	0.019
-5	0.025
-5.2	0.03
-5.4	0.035
-5.6	0.038
-5.8	0.04
-6	0.041
-6.2	0.041
-6.4	0.04
-6.6	0.039
-6.8	0.037
-7	0.035
-7.2	0.032
-7.4	0.03
-7.6	0.027
-7.8	0.023
-8	0.02
-8.2	0.017
-8.4	0.014
-8.6	0.011
-8.8	0.009
-9	0.006
-9.2	0.004
-9.4	0.002
-9.6	0.001
-9.8	0
-10	0

Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

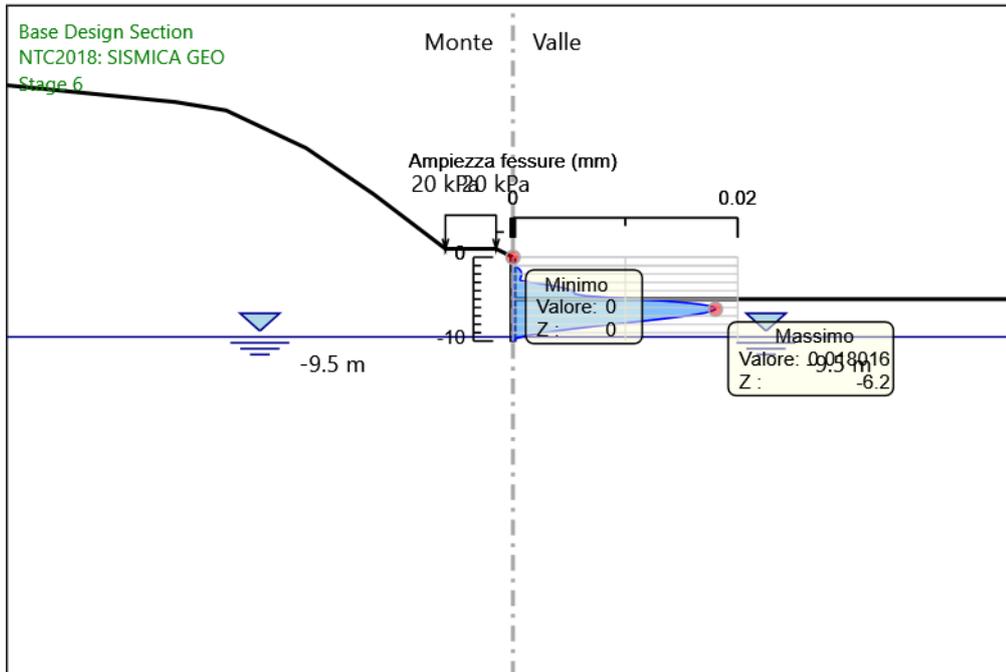


Involuppi
Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
0	0	
-0.2	0	
-0.4	0	
-0.6	0	
-0.8	0	
-1	0	
-1.2	0	
-1.4	0.001	
-1.6	0.001	
-1.8	0.001	
-2	0.001	
-2.2	0.001	
-2.4	0.001	
-2.6	0.001	
-2.8	0.001	
-3	0.002	
-3.2	0.003	
-3.4	0.004	
-3.6	0.004	
-3.8	0.005	
-4	0.005	
-4.2	0.005	
-4.4	0.006	
-4.6	0.006	
-4.8	0.008	
-5	0.011	
-5.2	0.013	
-5.4	0.015	
-5.6	0.017	
-5.8	0.017	
-6	0.018	
-6.2	0.018	
-6.4	0.018	
-6.6	0.017	
-6.8	0.016	
-7	0.015	
-7.2	0.014	
-7.4	0.013	
-7.6	0.012	
-7.8	0.01	
-8	0.009	
-8.2	0.008	
-8.4	0.006	
-8.6	0.005	
-8.8	0.004	
-9	0.003	
-9.2	0.002	
-9.4	0.001	
-9.6	0	
-9.8	0	
-10	0	

Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver

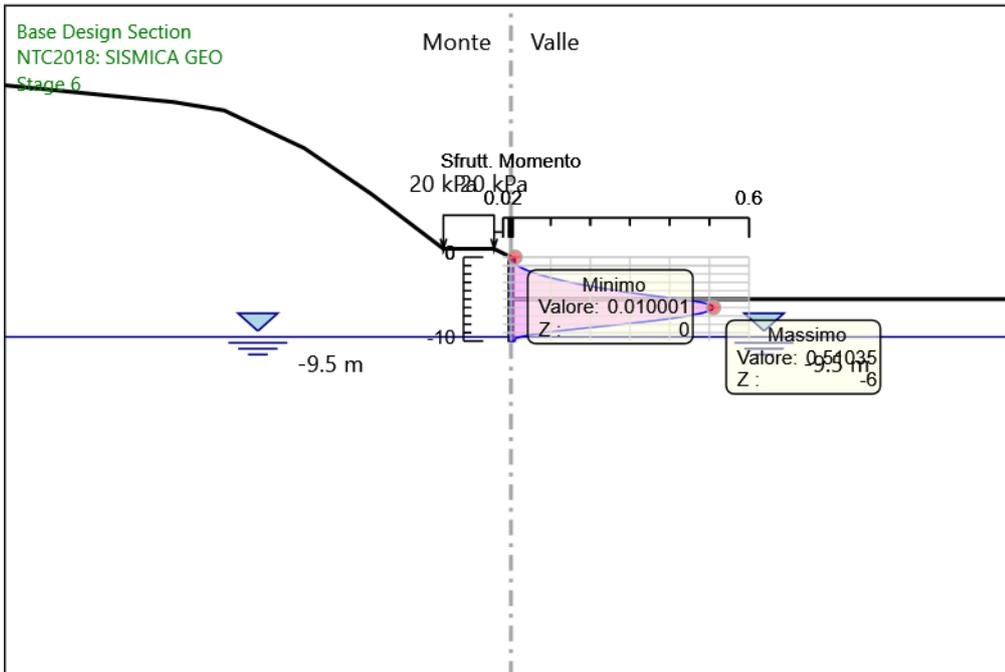


Involuppi
 Apertura Fessure - Caver

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - Caver : LEFT

Z (m)	LEFT Tasso di Sfruttamento M-N - Caver
0	0.01
-0.2	0.01
-0.4	0.01
-0.6	0.01
-0.8	0.011
-1	0.017
-1.2	0.024
-1.4	0.033
-1.6	0.043
-1.8	0.054
-2	0.067
-2.2	0.081
-2.4	0.097
-2.6	0.113
-2.8	0.131
-3	0.151
-3.2	0.172
-3.4	0.194
-3.6	0.217
-3.8	0.242
-4	0.269
-4.2	0.297
-4.4	0.327
-4.6	0.359
-4.8	0.393
-5	0.429
-5.2	0.459
-5.4	0.482
-5.6	0.498
-5.8	0.507
-6	0.51
-6.2	0.508
-6.4	0.499
-6.6	0.486
-6.8	0.468
-7	0.446
-7.2	0.419
-7.4	0.389
-7.6	0.355
-7.8	0.318
-8	0.278
-8.2	0.237
-8.4	0.196
-8.6	0.157
-8.8	0.12
-9	0.086
-9.2	0.057
-9.4	0.033
-9.6	0.015
-9.8	0.01
-10	0.01

Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento M-N - Cover

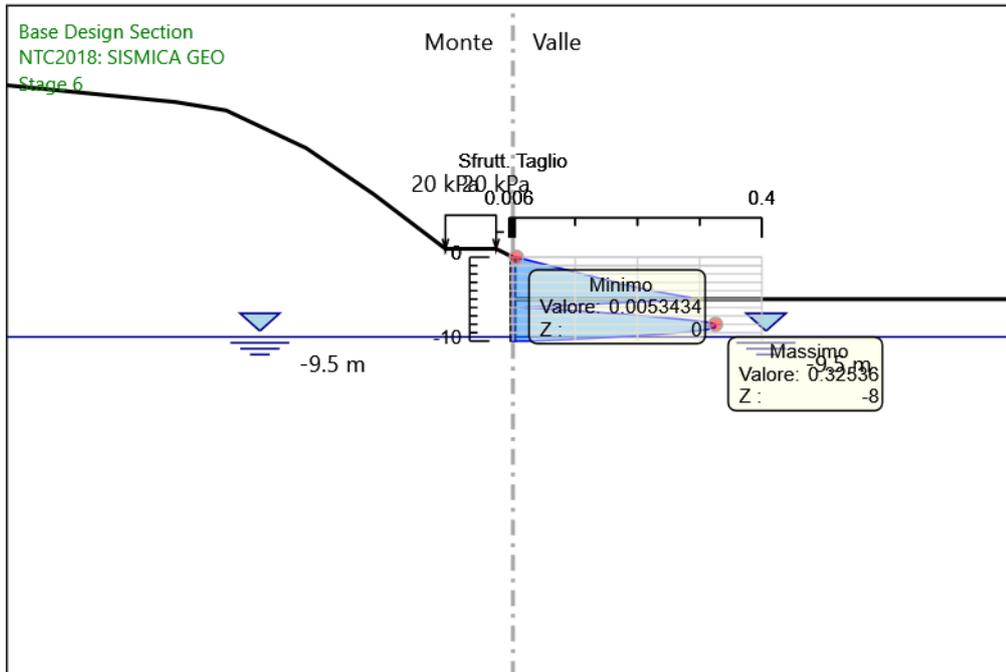


Involuppi
 Tasso di Sfruttamento M-N - Cover

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Z (m)	LEFT Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
0	0.005
-0.2	0.016
-0.4	0.027
-0.6	0.037
-0.8	0.048
-1	0.059
-1.2	0.069
-1.4	0.08
-1.6	0.091
-1.8	0.102
-2	0.112
-2.2	0.123
-2.4	0.134
-2.6	0.144
-2.8	0.155
-3	0.166
-3.2	0.176
-3.4	0.188
-3.6	0.2
-3.8	0.212
-4	0.225
-4.2	0.239
-4.4	0.254
-4.6	0.269
-4.8	0.285
-5	0.285
-5.2	0.243
-5.4	0.183
-5.6	0.127
-5.8	0.074
-6	0.024
-6.2	0.065
-6.4	0.106
-6.6	0.143
-6.8	0.178
-7	0.211
-7.2	0.242
-7.4	0.271
-7.6	0.297
-7.8	0.316
-8	0.325
-8.2	0.325
-8.4	0.324
-8.6	0.314
-8.8	0.295
-9	0.267
-9.2	0.232
-9.4	0.191
-9.6	0.143
-9.8	0.091
-10	0.032

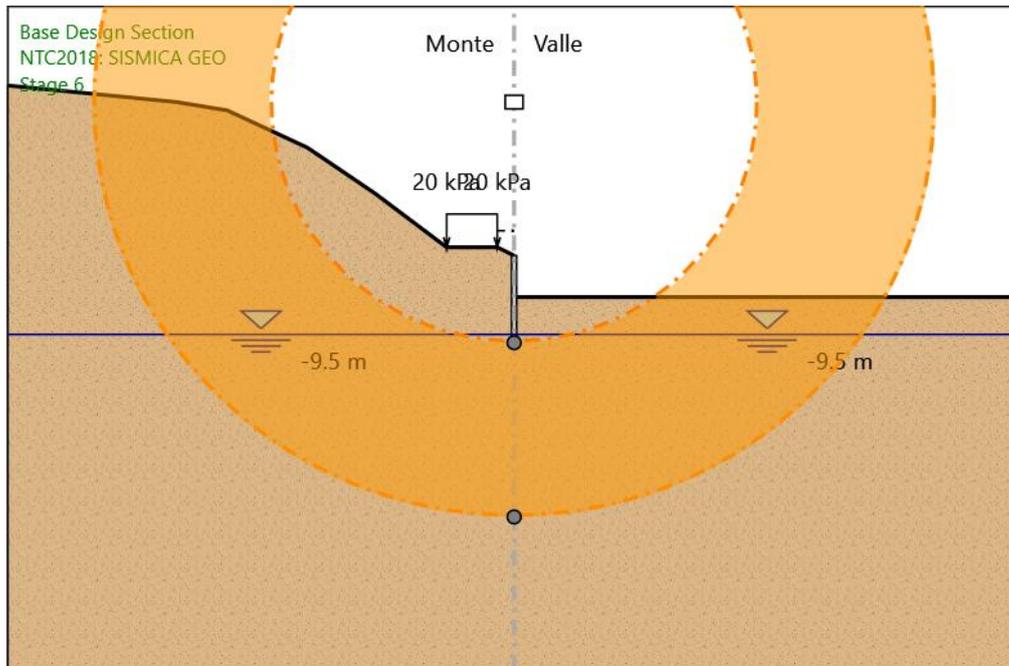
Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

Fasi di Calcolo

Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018:



A2+M2+R2 - Stage: Stage 6

Metodo di stabilità del pendio: BISHOP

Definizione Superficie Critica: Centro e Raggio

Passo Conci: 1

Xc: 0

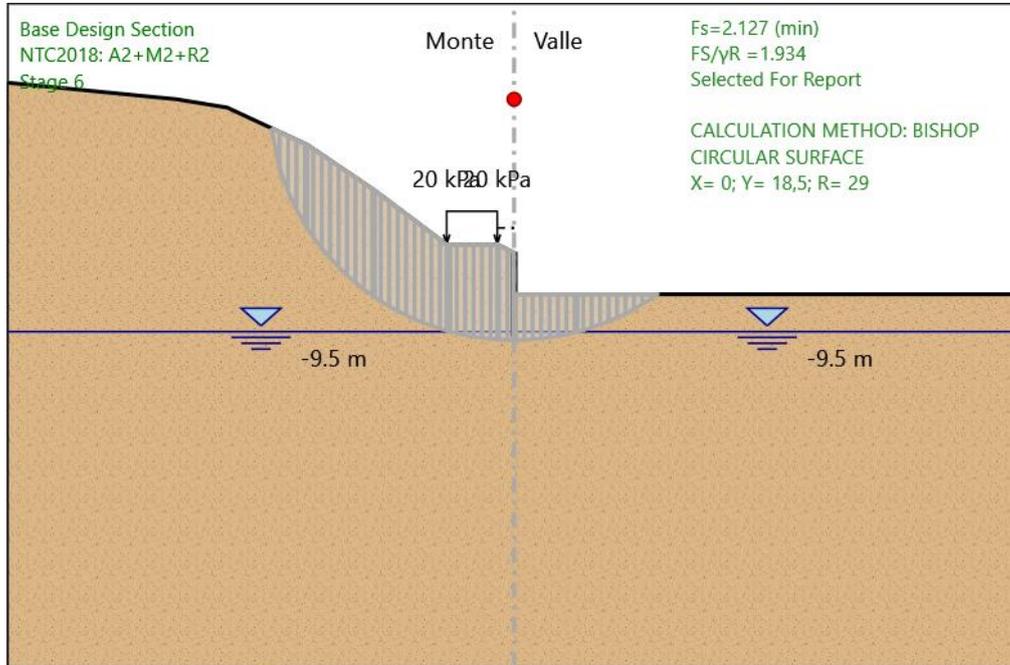
Zc: 18,5

Raggio Minimo: 29

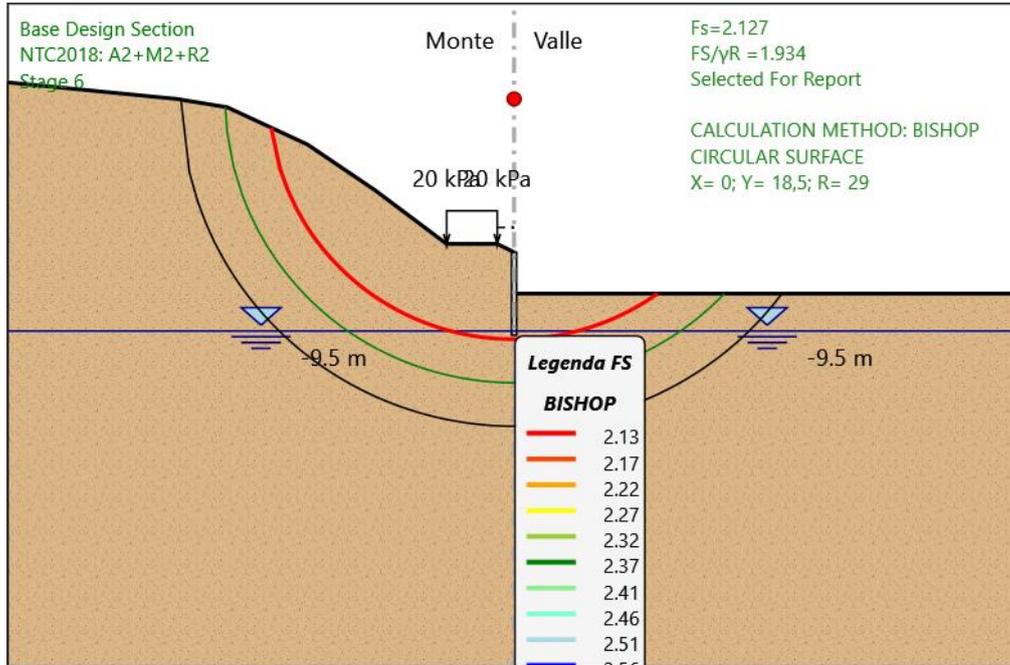
Raggio Massimo: 50

Numero Raggi: 5

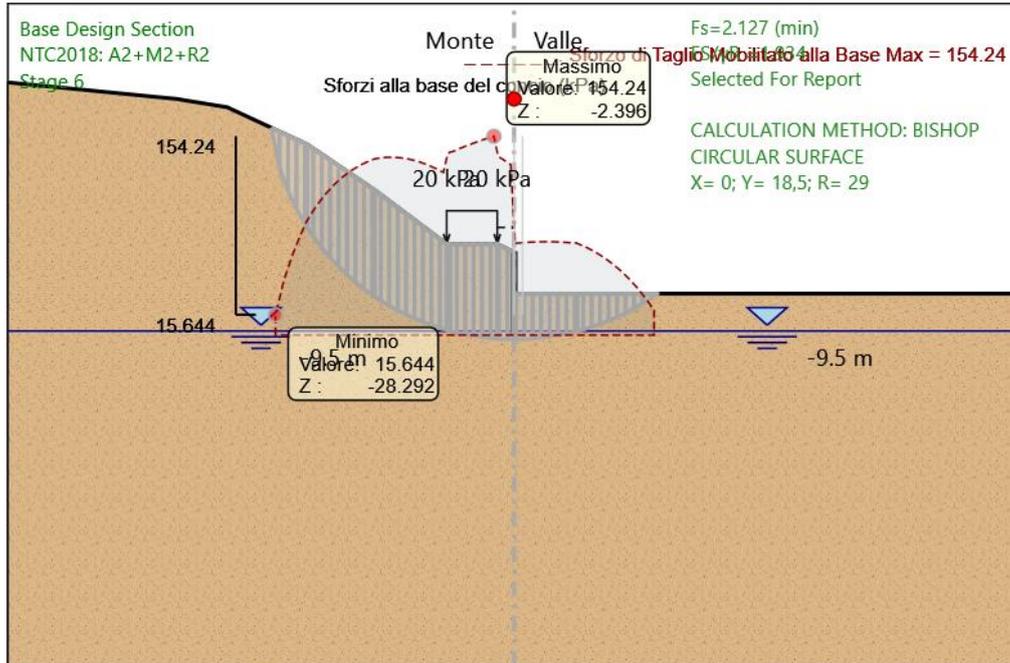
Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 6



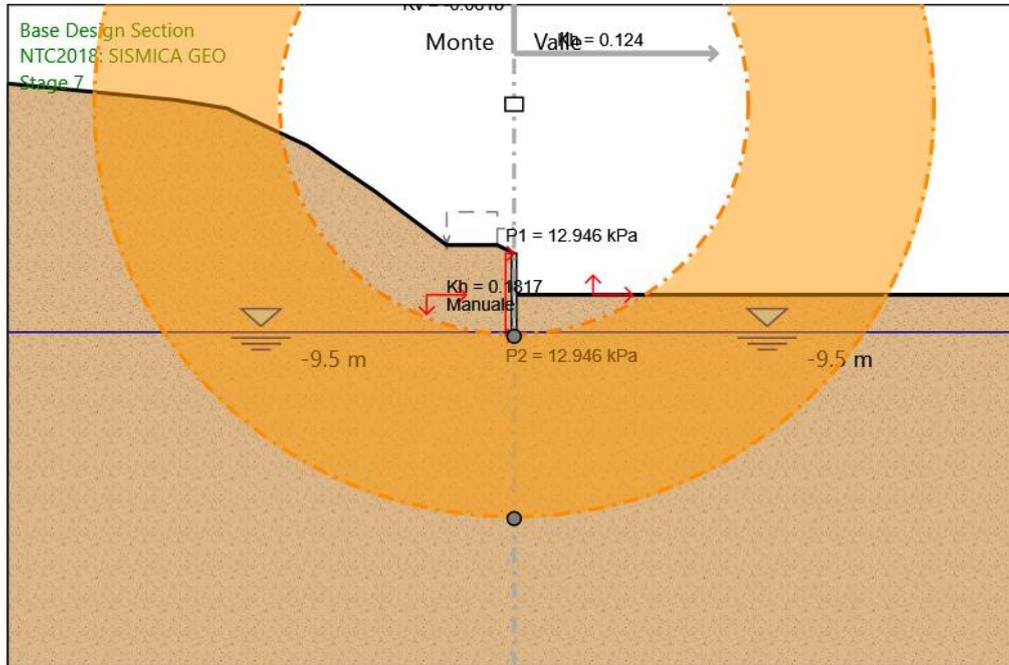
**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018:
A2+M2+R2 - Stage: Stage 6**



**Grafico Sforzo di Taglio Mobilitato alla Base - Design Assumption: NTC2018:
A2+M2+R2 - Stage: Stage 6**



Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018:



SISMICA GEO - Stage: Stage 7

Metodo di stabilità del pendio: BISHOP

Definizione Superficie Critica: Centro e Raggio

Passo Conci: 1

Xc: 0

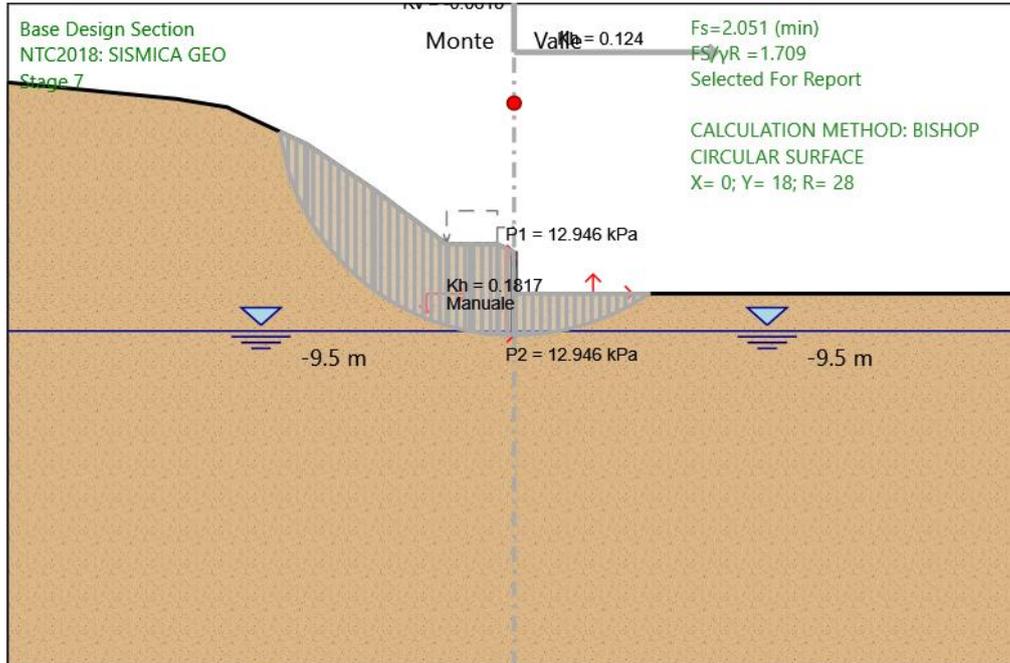
Zc: 18

Raggio Minimo: 28

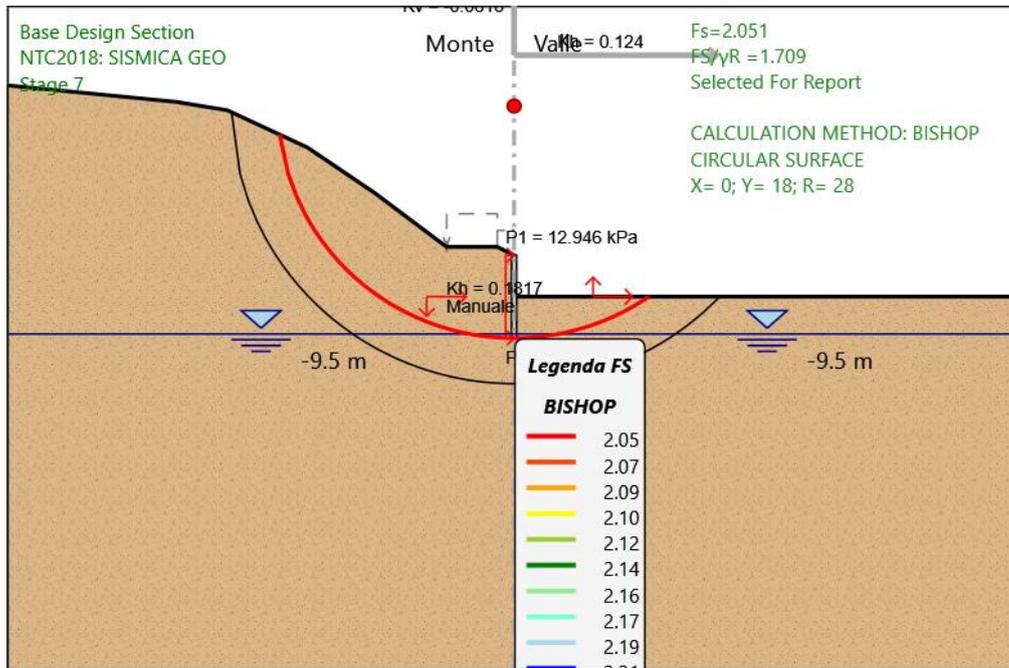
Raggio Massimo: 50

Numero Raggi: 5

**Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO - Stage:
 Stage 7**



**Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018:
 SISMICA GEO - Stage: Stage 7**



**Grafico Sforzo di Taglio Mobilitato alla Base - Design Assumption: NTC2018:
SISMICA GEO - Stage: Stage 7**

