



ANAS S.p.A.

Direzione Tecnica

LAVORI DI COLLEGAMENTO TRA LA S.S.11 A MAGENTA E LA TANGENZIALE OVEST DI MILANO

VARIANTE DI ABBIATEGRASSO E ADEGUAMENTO IN SEDE DEL TRATTO ABBIATEGRASSO-VIGEVANO FINO AL PONTE SUL FIUME TICINO

1° STRALCIO DA MAGENTA A VIGEVANO - TRATTA C

PROGETTO ESECUTIVO - COD. MI608

	 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-28211	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	 Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	 E&G Engineering & Graphics S.r.l. Ing. Gabriele Inocchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102
	Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W)	 Società designata: GA&M Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	ARKE' INGEGNERIA s.r.l. Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Ing. Giuseppe Danilo MALGERI	INTEGRATORE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Fabrizio BAJETTI	GEOLOGO Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Gianluca CICIRIELLO	
BB02	B - GEOLOGIA E GEOTECNICA RELAZIONE GEOTEVNICA-VERIFICHE DI STABILITÀ RILEVATI E TRINCEE			
CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. LO203 E 2301	NOME FILE BA03-T00GE00GEORE02_A		REVISIONE A	SCALA: -
	CODICE ELAB. T00GE00GEORE02			
C				
B				
A	EMISSIONE	OTTOBRE 2023	ING. LUIGI MONTERISI	ING. GAETANO RANIERI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO
				APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA	2
2. IMPOSTAZIONE DEL PROBLEMA	2
2.1 <i>PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO</i>	2
3. TRATTI IN RILEVATO	6
3.1 <i>VERIFICHE DI STABILITÀ</i>	6
4. TRATTI IN STERRO	9
5. ATTENDIBILITA' DEL CODICE DI CALCOLO	9
OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO	10
SCHEDA 1_CASO 1 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=3.20, B=13.22) (sezione di riferimento 21)	11
SCHEDA 2_CASO 2 : SEZIONE TIPO C1 IN ALLARGAMENTO (H=7.80, B=15.92) (sezione di riferimento 85)	19
SCHEDA 3_CASO 3 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=5.00, B=13.22) (sezione di riferimento 90)	29
SCHEDA 4_CASO 4 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=7.00, B=13.22) (sezione di riferimento 151)	38
SCHEDA 5_CASO 5 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=6.00, B=31.60) (sezione di riferimento 201)	47
SCHEDA 6_CASO 6 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=6.60, B=13.22) (sezione di riferimento 202)	56
SCHEDA 7_CASO 7 : SEZIONE IN STERRO (H=7.44)	69
(sezione di riferimento 74 – Tratta C_2°_tratto)	69
APPENDICE A: CASI DI PROVA (Fonte : Ce.A.S. s.r.l.)	79
APPENDICE B: Dati Flac 7.00 modello Dyke	99

1. PREMESSA

La presente relazione, appendice A della Relazione geotecnica generale, riporta le verifiche di stabilità dei rilevati in terra e delle sezioni in sterro.

2. IMPOSTAZIONE DEL PROBLEMA

Le verifiche di stabilità effettuate riguardano i seguenti casi:

- scarpate dei rilevati;
- tratti in trincea.

Le verifiche sono state effettuate adoperando un programma di calcolo dedicato di ultima generazione, in grado di tener conto della normativa NTC 2018.

La verifica è stata effettuata con l'ausilio del programma "HARPACEAS PARATIE Plus 2018", che consente di calcolare la stabilità complessiva del versante in cui può o meno essere presente un'opera di sostegno flessibile, relativamente ad una generica Design Section, per un generico passo, per tutte le Design Assumptions attive.

2.1 PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO

Il programma HARPACEAS PARATIE Plus 2018 versione 18.1.3. è prodotto da Ce.AS.s.r.l. con la scientifica supervisione di Roberto Nova – professore di Meccanica delle Terre al Politecnico di Milano. L'interfaccia utente è creata con l'aiuto di eFarm Group s.r.l.

PARATIE PLUS è un ambiente grafico interattivo progettato per consentire il calcolo di opere di sostegno flessibili e, più in generale, per lo studio di diverse problematiche di Ingegneria geotecnica correlate alla progettazione di scavi a cielo aperto.

Con PARATIE PLUS si può:

- definire la geometria bidimensionale del problema
- assegnare le proprietà dei materiali (terreni, materiali strutturali, ecc.)
- calcolare le strutture che sostengono i fronti di scavo per mezzo del solutore PARATIE, un modellatore numerico che permette un'analisi d'interazione tra parete e terreno basata su uno schema monodimensionale (subgrade reaction method)
- condurre lo studio di moti di filtrazione, limitatamente ad alcune tipologie ricorrenti di problemi geotecnici, e con l'obiettivo prevalente di stimare le pressioni interstiziali sulle opere di sostegno
- verificare gli elementi strutturali (pareti, puntoni, tiranti ecc.) secondo diverse Normative
- analizzare la stabilità dei fronti di scavo, con metodi di calcolo all'equilibrio limite
- condurre diverse altre verifiche di dettaglio (ad esempio la verifica di tiranti)
- produrre un report di calcolo.

Ai fini delle verifiche di stabilità HARPACEAS PARATIE Plus 2018 prende in esame la configurazione del pendio, nella generica fase, prescindendo dalla sequenza costruttiva precedente. Questa tecnica appartiene all'ambito dei metodi all'equilibrio limite che operano, di fatto, indipendentemente dal comportamento deformativo dell'opera, o, meglio, che prescindono dalla successione temporale delle deformazioni reversibili o irreversibili sviluppatasi prima della configurazione esaminata.

Nel suddetto programma, in ambiente WINDOWS, l'input dei dati è il seguente:

- *profilo del pendio*: la superficie del terreno è definita mediante linee, introducendo le coordinate dei punti che le appartengono nella point list;
- *discontinuità litologiche (strati)*: questa operazione consiste nel posizionare geometricamente la successione di strati orizzontali. E' necessario definire per ogni strato il nome del terreno dal quale desumere le proprietà, la quota sommitale, il valore di OCR e il coefficiente di spinta a riposo K0.
- *profilo della falda*: il programma prevede l'introduzione di una o più falde idriche.
- *caratteristiche geotecniche*: i parametri necessari a definire le caratteristiche del terreno utilizzati per le verifiche di stabilità sono stati ricavati dalla Relazione Geotecnica, rif. All.T00GE00GETRE01).
- *sisma*: può essere inserito il coefficiente sismico sia orizzontale che verticale, con riferimento alle seguenti normative:
 - EC2
 - NTC 2008
 - NTC 2018
 - Opzione utente (personalizzabile)
- *carichi*: è previsto l'inserimento di carichi superficiali distribuiti, di cui vengono richiesti la forza verticale e le ascisse che ne delimitano l'applicazione sul pendio.
- *metodi di calcolo della stabilità*: vengono offerte le seguenti opzioni:
 - a) BISHOP semplificato: consente di analizzare superfici di rottura circolare, in ambiente sia statico che dinamico;
 - b) JANBU semplificato: consente di analizzare superfici di rottura circolare o di forma qualunque, in ambiente sia statico che dinamico;
 - c) MORGENSTERN & PRICE: consente di analizzare superfici di rottura circolare, in ambiente sia statico che dinamico.

Tutti questi metodi, appartenenti alla famiglia dei metodi all'equilibrio limite, si basano sull'individuare una porzione di terreno instabile mobilitata lungo di una potenziale superficie di scorrimento.

Il coefficiente di sicurezza associato alla superficie generica è calcolato imponendo le condizioni di equilibrio nelle quali vengono introdotte le resistenze offerte dal terreno affette da tale coefficiente di sicurezza. Tutti i metodi suddividono la regione di terreno mobilitata in conci verticali compresi tra la sommità del terreno e la superficie di scorrimento e istituiscono le condizioni di equilibrio generali e relative ai singoli conci. Poiché nella scrittura delle condizioni di equilibrio del singolo concio è necessario includere le azioni che esso scambia con i conci adiacenti, si ottiene un sistema risolvibile in cui le incognite (il coefficiente di sicurezza e le azioni interne fra i conci) superano le equazioni disponibili. La differenza fra i diversi metodi risiede nel modo in cui il problema viene reso staticamente determinato: in generale vengono introdotte ulteriori ipotesi, diverse da un metodo all'altro, relativamente alle azioni di interazione fra conci adiacenti.

Nel caso in questione, le analisi di stabilità sono state condotte utilizzando il metodo di **Morgenstern e Price**. In questo metodo l'ipotesi fondamentale introdotta consiste nell'assumere la seguente relazione tra componenti normali e tangenziali delle forze di contatto tra i conci:

$$X_j = \lambda_1 f(x_j) X E_j \quad j = 1, 2, \dots, n - 1$$

nella quale l'indice j si riferisce alla generica superficie interna di contatto tra i conci, X_j

rappresenta la coordinata orizzontale di tale superficie nel sistema di riferimento globale assunto $f(x)$ è una funzione assegnata di X_j e λ_1 è un coefficiente scalare incognito da determinare come parte della soluzione.

L'idea alla base della ipotesi di Morgenstern e Price è che la soluzione finale del problema sia relativamente indipendente dalla particolare forma della funzione $f(x)$ adottata, purché questa corrisponda ad una distribuzione ammissibile delle forze di contatto. Morgenstern e Price suggeriscono che per soddisfare tale requisito, la funzione $f(x)$ debba fornire valori relativamente elevati laddove la superficie di scorrimento presenta la maggiore curvatura, e relativamente modesti in presenza di pressioni interstiziali elevate, laddove le tensioni efficaci sono piccole. Nella formulazione originale Morgenstern e Price derivano le relazioni esistenti tra le forze esterne agenti, le forze lungo la superficie di scorrimento e le forze di contatto tra le varie strisce sotto forma di equazioni differenziali, ricavate imponendo le condizioni di equilibrio lungo due direzioni ortogonali ad una striscia di spessore infinitesimo dx . L'integrazione di tali equazioni lungo il corpo di frana fornisce un sistema di equazioni algebriche non lineari la cui soluzione mediante il metodo di Newton-Raphson consente la determinazione del coefficiente di sicurezza FS e del parametro incognito λ_1 .

Tale procedura è piuttosto complicata e si preferisce utilizzare l'approccio proposto da Fredlund e Krahn (1977), frequentemente fatto coincidere con il metodo dell'equilibrio limite generalizzato (GLE), che fornisce valori praticamente identici a quelli ottenibili mediante l'approccio originale, ma risulta più semplice da un punto di vista concettuale.

Tramite tale approccio il coefficiente di sicurezza FS ed il fattore di scala λ_1 si determinano sfruttando contemporaneamente le due equazioni di equilibrio globale alla rotazione rispetto ad un punto O arbitrario del piano e di equilibrio globale alla traslazione in direzione orizzontale.

La prima equazione di equilibrio fornisce un valore del coefficiente di sicurezza indicato con F_m :

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^n [c_i l_i R_i + (P_i - U_i) R_i \tan \theta_i]}{-\sum_{i=1}^n P_i f_i + \sum_{i=1}^n W_i x_i + \sum_{i=1}^n Q_i e_i}$$

La seconda equazione fornisce un valore del coefficiente di sicurezza indicato con F_f :

$$F_f = \frac{\sum_{i=1}^n [c_i l_i + (P_i - U_i) R_i \tan \theta_i] \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^n P_i \sin \alpha_i + \sum_{i=1}^n Q_i}$$

Entrambi i valori del coefficiente di sicurezza F_m e F_f dipendono dalla particolare distribuzione delle forze di contatto (e quindi da λ_1) attraverso i valori di P_i , che devono essere determinati da equazioni di equilibrio locale delle singole strisce. La soluzione effettiva del problema si ottiene per l'unico valore di λ_1 cui corrisponde la condizione: $F_m(\lambda_1) = F_f(\lambda_1)$.

Le verifiche di stabilità vengono effettuate con i coefficienti di sicurezza parziali nella combinazione:

A2+M2+R2

Con:

- A2 coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:
 - carichi permanenti – effetto sfavorevole $A_2 = 1,00$
- M2 coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:
 - tangente dell'angolo di attrito $\gamma_{\tan} = 1,25$
 - coesione efficace $\gamma_{c' } = 1,25$
 - peso dell'unità di volume $\gamma_g = 1,00$

- R2 coefficiente parziali per la resistenza R2 = 1,1.

Per valutare l'azione sismica secondo quanto stabilito dalla nuova normativa (NTC 2018) è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale. Si denomina "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Le verifiche SLV sono state eseguite ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 NTC18) e impiegando le resistenze di progetto con coefficienti parziali $\gamma_R = 1,2$ (tab 7.11.III. NTC18).

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza. Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_h = K_o W \quad F_v = K_v W$$

F_h e F_v rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W : peso concio

K_o , K_v : Coefficiente sismico orizzontale e verticale

Tali coefficienti K_o e K_v vengono calcolati come segue:

$$K_o = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o \quad \text{con}$$

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_g accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock;

g accelerazione di gravità.

Ai fini della verifica sismica sono stati assegnati i seguenti dati:

- Latitudine: 45,39905
- Longitudine: 8,91656
- Classe d'uso: Classe IV
- Categoria sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Vita Nominale: 50 anni
- Coefficiente d'uso: 2
- Vita di riferimento: 100 anni

I parametri sismici per lo Stato Limite Ultimo SLV sono riportati nella seguente Tabella.

a_g	F_o	T^*c	S_s	S_t	C_c	a_{max}/g	k_h	k_v
0.0502g	2.7278	0.3033	1.5	1	1.5566	0.0753	0.028614	0.014307

Nelle verifiche sismiche si è tenuto conto del coefficiente pseudostatico verticale, considerato positivo verso il basso lungo la direzione verticale.

3. TRATTI IN RILEVATO

I parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche sono i seguenti:

terreni di base:	$\gamma_t=19 \text{ kN/m}^3$	$c'=0 \text{ kPa}$	$\Phi'=35^\circ$
rilevato:	$\gamma_t=19 \text{ kN/m}^3$	$c'=0 \text{ kPa}$	$\Phi'=37^\circ$
strato bonifica:	$\gamma_t=19 \text{ kN/m}^3$	$c'=0 \text{ kPa}$	$\Phi'=40^\circ$
quota falda acquifera:	-1.00 m		
sovraccarico stradale:	20 kPa/ml.		

Lo strato di bonifica è costituito da materiale più selezionato di quello utilizzato per il corpo del rilevato, motivo per il quale sono assegnati parametri di resistenza migliori di quelli del corpo del rilevato.

Per quanto riguarda i terreni di fondazione dei rilevati che, nella porzione più superficiale sono costituiti da ghiaie con sabbie/sabbie con ghiaie (unità geotecnica Ug1), essi manifestano valori di angolo di attrito Φ' compresi fra 28° e 38° . Pertanto, per i terreni di base è stato assunto un valore di Φ' intermedio pari a 35° .

Nelle verifiche SLU e SLV il valore caratteristico del sovraccarico stradale resta invariato. L'assunzione del carico uniformemente distribuito pari a 20 kPa è conforme a quanto utilizzato anche in altri progetti redatti per Lavori ANAS (ad esempio Reggio Emilia).

3.1 VERIFICHE DI STABILITÀ

E' stata esaminata la stabilità di numerose sezioni rappresentative delle tipologie di sezioni adottate nella progettazione stradale (Sezione tipo C1), sia nella configurazione corrente che in quella allargata (sezioni in curva e con affiancamento), in modo da tenere conto della variabilità dell'altezza dei rilevati e della larghezza degli stessi. Nelle figure seguenti è riportato un esempio di output del programma, relativo al caso 1 esaminato.

L'output di calcolo consente di visualizzare tutte le superfici di scorrimento analizzate e, in particolare, la superficie critica. Il programma prevede la stampa del listato dei dati di input e la stampa dei grafici che evidenziano le superfici di scorrimento ed i rispettivi coefficienti di sicurezza. La figura 0.1 mostra lo schema geometrico della sezione e la suddivisione in zone (rilevato, terreni di fondazione, livello falda, ecc.).

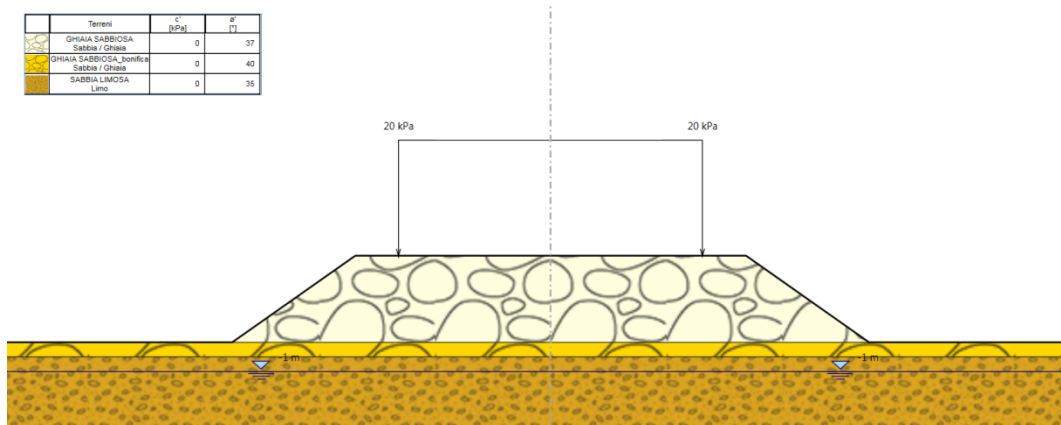


Fig.0.1 – Sezione tipo di calcolo

La figura 0.2 mostra il reticolo dei centri e le superfici di scorrimento analizzate. Per ogni centro, posto su una griglia quadrangolare definita dall'utente, vengono generate numerose superfici di scorrimento. Il raggio massimo è stabilito in modo che la superficie non interessi una zona di terreno sotto una quota stabilita Z_{min} ; il raggio minimo è stabilito facendo in modo che vi sia un approfondimento minimo D_{min} locale rispetto alla superficie del terreno. Dunque, Z_{min} e D_{min} rappresentano i limiti geometrici dei raggi e sono rappresentati graficamente dalla linea blu scura tratto-punto. La griglia dei centri è definita dalle coordinate di quattro punti (A, B, C, D), assegnati in modo che il percorso chiuso da A ad A descriva una rotazione anti-oraria. Con questa modalità è possibile ricavare la classica rappresentazione delle iso-asfaliche, ossia delle curve a egual coefficiente di sicurezza nella regione corrispondente alla griglia dei centri. Al colore delle superfici è associato un range di valori del fattore di sicurezza decrescenti dal blu al rosso. Le superfici in rosso sono quelle con il minor valore del fattore di sicurezza. Fra esse è evidenziata quella con il fattore di sicurezza minimo riportato a fianco della superficie interessata.

Infine, nella figura 0.3 è mostrato un dettaglio della zona del rilevato attraversata dalle superfici con i valori più bassi del fattore di sicurezza. La superficie con il valore minimo è evidenziata in grassetto e con, a fianco, il valore del fattore di sicurezza.

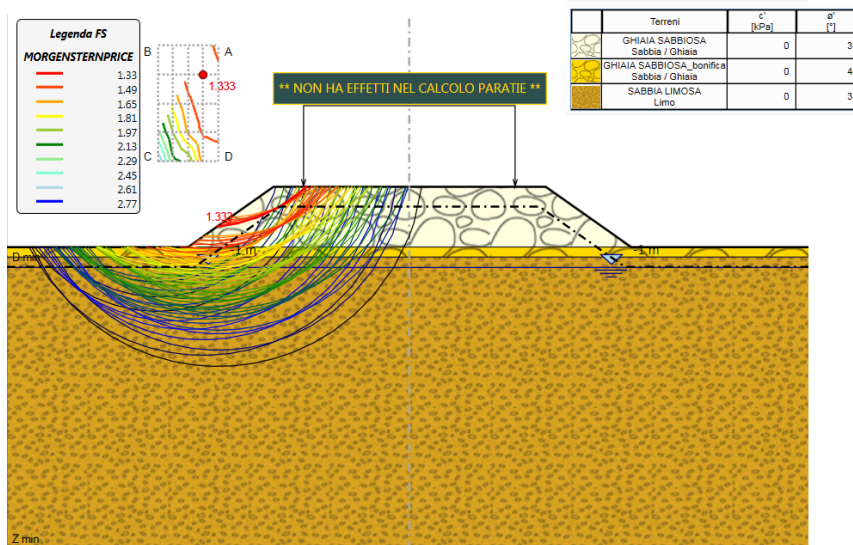


Fig.0.2 – Fascio di superfici di scorrimento analizzate (in evidenza quella col minor fattore di sicurezza)

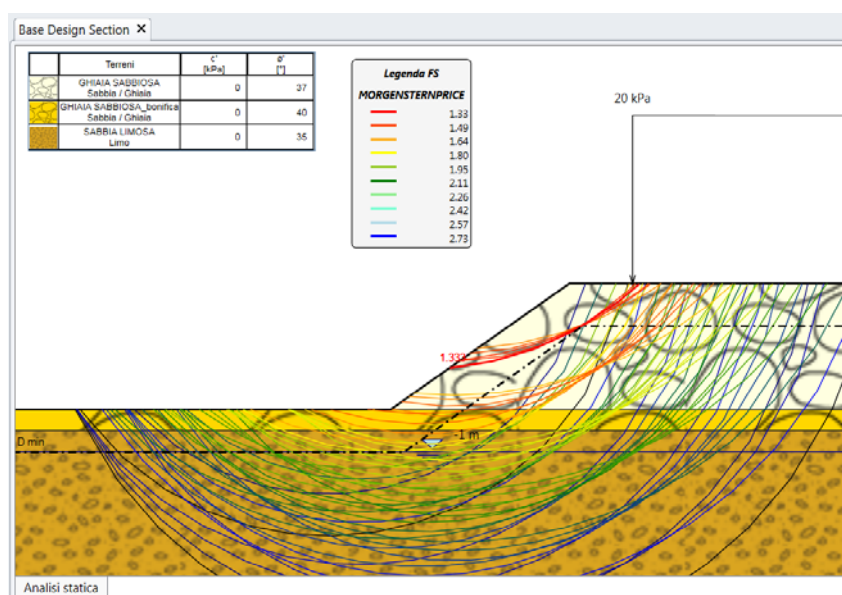


Fig.0.3 – Dettaglio delle superfici di scorrimento con i più bassi valori del fattore di sicurezza (in evidenza quella col minor fattore di sicurezza)

Le verifiche, effettuate sia in condizioni statiche che sismiche, hanno fornito i valori del rapporto Rd/Ed riportati nella tabella seguente per i vari tipi di sezione; la stabilità è risultata sempre verificata, sia in condizioni normali che sismiche, per la configurazione geometrica e geotecnica adottata:

Tabella 1 – Tabella riassuntiva delle verifiche di stabilità dei rilevati

caso	Numero sezioni riferimento	Tipologia sezione	dimensioni		Rd/Ed	
			B (m)	H (m)	Statica	sismica
1	21	Tipo C1 corrente	13.22	3.20	1.333	1.564
2	85	Tipo C1 in allargamento	15.92	7.80	1.174	1.377
3	90	Tipo C1 corrente	13.22	4.70	1.114	1.269
4	151	Tipo C1 corrente	13.22	7.00	1.135	1.347
5	201	Tipo C1 corrente	13.22	6.60	1.113	1.318
6	202	Tipo C1 corrente	13.22	6.60	1.153	1.405

Nelle schede di seguito allegate è riportato l'output del programma per ciascuna delle sezioni esaminate.

4. TRATTI IN STERRO

E' stata esaminata la stabilità della sezione in cui la profondità di scavo raggiunge la massima altezza (pari a 7.44 m circa). Si è fatto in particolare riferimento alla sezione n.74. Si ritiene, inoltre, opportuno evidenziare che si tratta di una situazione transitoria per la realizzazione di una struttura in c.a.

I parametri geotecnici del terreno sono gli stessi utilizzati per il terreno di fondazione nelle verifiche di stabilità dei rilevati.

Per quanto riguarda il livello della falda, esso è stato posizionato a quota di fondo scavo, in quanto i lavori verranno eseguiti in stagione meteorologica favorevole per cui si può ritenere che il livello della falda non superi detto piano. Comunque, in corso d'opera, qualora dovesse verificarsi un livello di falda superiore al livello di scavo si provvederà a deprimere la falda con idoneo sistema di cui si è tenuto conto nelle valutazioni economiche.

La verifica effettuata in condizioni statiche ha fornito il seguente valore del rapporto R_d/E_d per cui la stabilità è verificata:

$$\text{statico: } R_d/E_d=1.105$$

Trattandosi di una fase transitoria non è stato messo in conto il sisma.

Non si ritiene necessario analizzare altri casi in quanto lungo il tracciato in progetto vi sono pochi tratti in sterro con profondità inferiore a quella esaminata.

Nelle schede di seguito allegate è riportato l'output del programma per ciascuna delle sezioni esaminate.

5. ATTENDIBILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

In appendice alla presente relazione si riportano alcuni esempi di analisi di stabilità di pendii risolti con il programma Harpaceas e con altri programmi di calcolo da cui è possibile evincere che i risultati ottenuti sono perfettamente confrontabili.

OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

SCHEDA 1_CASO 1 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=3.20, B=13.22) (sezione di riferimento 21)

CASO 1 – SEZIONE TIPO C1 CORRENTE

La sezione 21 è rappresentativa di un rilevato alto circa 3 m e largo alla base circa 22 m, realizzato con ghiaia sabbiosa. Al di sotto dello strato di bonifica, il terreno di imposta risulta costituito da litoti grossolani (sabbie e ghiaie). I dati del modello geometrico e della stratigrafia (Tabb.1.1 e 1.2) assunti nel calcolo sono i seguenti:

Linea di scavo [m]		Falda acquifera [m]	
sinistra	destra	sinistra	destra
(-20.00;0.00)	(0.00;3.00)	-1.00	-1.00
(-11.00;0.00)	(6.75;3.00)		
(-6.75;3.00)	(11.00;0.00)		
(0.00;3.00)	(20.00;0.00)		

Tab.1.1 - Dati di input del modello geometrico

Parametro	Valore	Valore	Valore
Name	GHIAIA SABBIOSA	GHIAIA SABBIOSA_bonifica	SABBIA LIMOSA
InitialStressK0nc	0.398	0.357	0.427
InitialStressNocr	0.5	0.5	0.5
UnitWeightGammaDry	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
UnitWeightGammaSat	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
ResistanceMohrCoulombC	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ResistanceMohrCoulombFi	37 °	40 °	35 °
WallAdhesion	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ElasticConstantEvc	200000 kPa	250000 kPa	200000 kPa
ElasticConstantEur	320000 kPa	400000 kPa	320000 kPa

Tab.1.2 - Dati di input della stratigrafia (parametri geotecnici)

In Figura 1.1 è riportata la rappresentazione grafica del modello geometrico e della stratigrafia assunti nel calcolo.

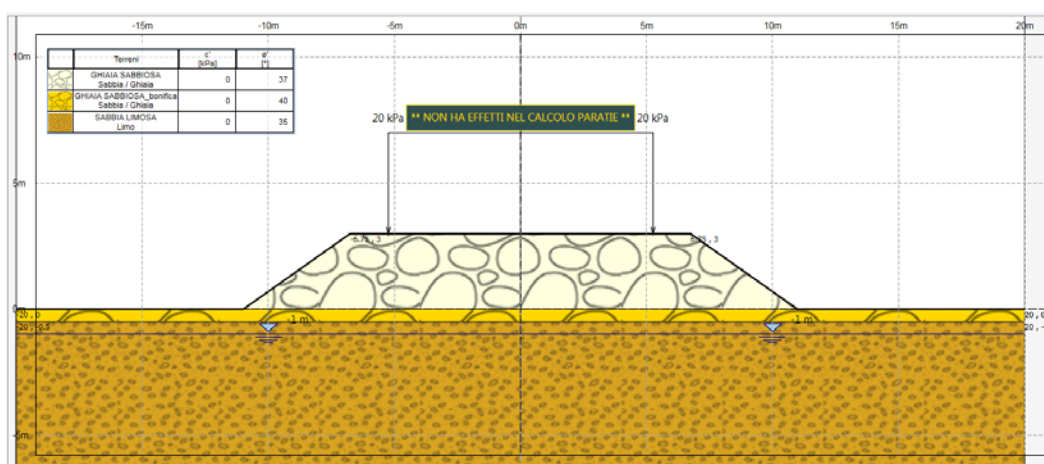


Figura 1.1 – Modello geometrico di calcolo

In Figura 1.2 sono riportati i parametri geotecnici inseriti nel software.

	Terreni	VDRY [kN/m ³]	YSAT [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	Moduli Elastici [kPa] or [kN/m ³]
	GHIAIA SABBIOSA Sabbia / Ghiaia	19	19	0	37	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000
	GHIAIA SABBIOSA_bonifica Sabbia / Ghiaia	19	19	0	40	E _{vc} = 250000 E _{ur} = 400000
	SABBIA LIMOSA Limo	19	19	0	35	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000

Figura 1.2 – Parametri geotecnici di calcolo

Le analisi sono state eseguite considerando sia le condizioni statiche sia le condizioni sismiche.

Il programma HARPACEAS PARATIE Plus 2018 prevede la stampa del listato dei dati di input, ma non la stampa dei grafici che evidenziano le superfici di scorrimento ed i rispettivi coefficienti di sicurezza. Pertanto, si sono estratte dal software immagini rappresentative con la traccia di tutte le superfici analizzate con il contour dei coefficienti di sicurezza sovrapposto alla griglia dei centri (Fig.1.3).

Le analisi in condizioni statiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.333 (Figura 1.4).

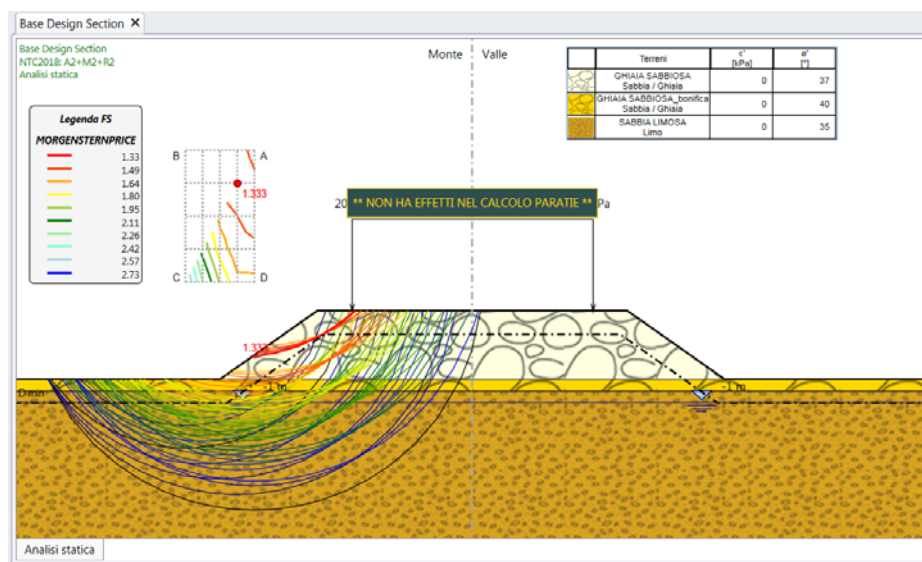


Figura 1.3 – Traccia superfici critiche analizzate e contour dei coefficienti Fs (F_{smin}=1.333)

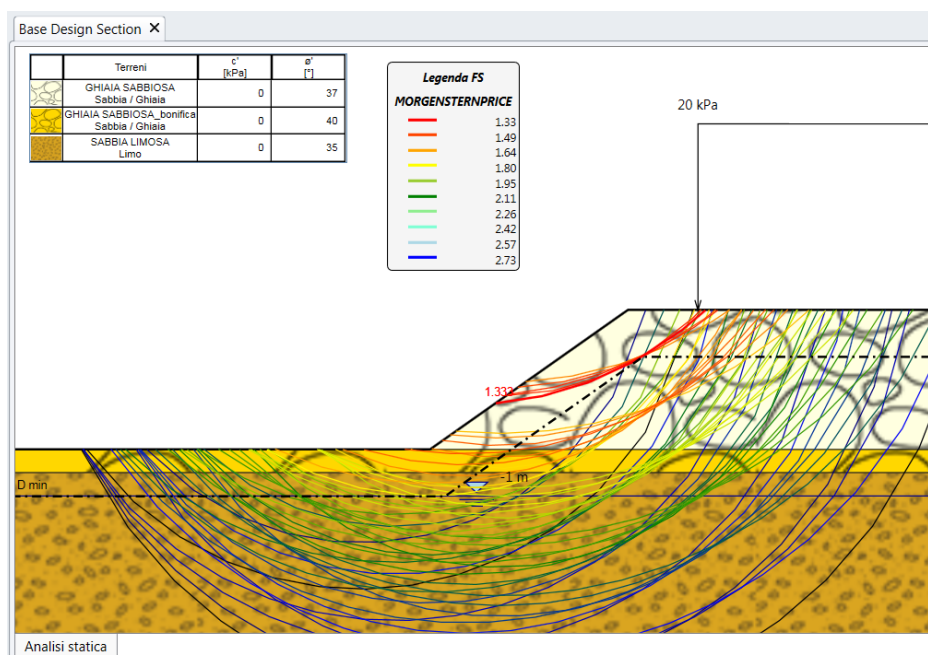


Fig.1.4 – Dettaglio del piede del rilevato con le superfici di scorrimento con F_s min ($F_{smin}=1.333$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati di seguito (Tab.1.3):

Totale Superfici analizzate:68						
Classificazione	Fs	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.333	0.397	5	-10.25	8.5625	7.592
VALID	1.395	0.4	5	-9.5	7.125	5.9728
VALID	1.398	0.38	5	-10.25	10	8.8641
VALID	1.445	0.347	5	-9.5	8.5625	7.244
VALID	1.458	0.43	6	-10.25	8.5625	8.66
VALID	1.481	0.416	6	-9.5	7.125	7.047
VALID	1.49	0.423	6	-10.25	7.125	7.4483
VALID	1.533	0.438	6	-9.5	5.6875	5.8472
VALID	1.545	0.385	5	-9.5	8.5625	8.3239
VALID	1.547	0.291	4	-9.5	10	8.5679
VALID	1.547	0.398	5	-10.25	5.6875	6.2648
VALID	1.597	0.349	5	-11	7.125	7.8659
VALID	1.634	0.358	5	-9.5	10	9.6518
VALID	1.685	0.335	5	-10.25	4.25	5.0813
VALID	1.685	0.44	6	-9.5	4.25	4.6637
VALID	1.729	0.309	5	-11	5.6875	6.6824
VALID	1.775	0.32	5	-9.5	7.125	8.1212
VALID	1.78	0.314	5	-9.5	5.6875	6.9129
VALID	1.811	0.316	5	-9.5	8.5625	9.4039
VALID	1.816	0.275	4	-10.25	7.125	8.5082
VALID	1.824	0.279	4	-10.25	8.5625	9.7279

VALID	1.849	0.266	4	-10.25	5.6875	7.3156
VALID	1.854	0.3	5	-9.5	4.25	5.7204
VALID	1.916	0.239	4	-11	7.125	8.9108
VALID	1.935	0.282	4	-11	4.25	5.4989
VALID	1.968	0.25	4	-10.25	4.25	6.1231
VALID	1.987	0.232	4	-11	5.6875	7.7183
VALID	2.023	0.227	4	-9.5	7.125	9.1955
VALID	2.037	0.222	4	-9.5	5.6875	7.9787
VALID	2.048	0.246	4	-11.75	5.6875	7.1
VALID	2.058	0.224	4	-9.5	8.5625	10.484
VALID	2.071	0.202	4	-10.25	7.125	9.568
VALID	2.111	0.198	3	-10.25	5.6875	8.3664
VALID	2.132	0.215	4	-9.5	4.25	6.777
VALID	2.176	0.213	4	-11	4.25	6.5258
VALID	2.201	0.203	4	-11.75	5.6875	8.121
VALID	2.232	0.188	3	-10.25	4.25	7.1648
VALID	2.242	0.179	3	-11	5.6875	8.7542
VALID	2.261	0.172	3	-9.5	7.125	10.27
VALID	2.274	0.237	4	-11.75	4.25	5.9165
VALID	2.291	0.168	3	-9.5	5.6875	9.0444
VALID	2.367	0.153	3	-10.25	5.6875	9.4172
VALID	2.382	0.159	3	-9.5	4.25	7.8337
VALID	2.401	0.17	3	-11	4.25	7.5526
VALID	2.492	0.186	3	-11.75	4.25	6.9284
VALID	2.493	0.147	3	-10.25	4.25	8.2066
VALID	2.552	0.135	3	-9.5	5.6875	10.11
VALID	2.647	0.155	3	-11.75	4.25	7.9404
VALID	2.661	0.127	3	-9.5	4.25	8.8903
VALID	2.668	0.139	3	-11	4.25	8.5794
VALID	2.73	0.203	4	-12.5	4.25	6.25
VALID	2.754	0.118	3	-10.25	4.25	9.2483
VALID	2.934	0.104	3	-9.5	4.25	9.947
VALID	2.946	0.162	3	-12.5	4.25	7.25

Tabella 1.3 – Analisi statica - Sezione n.21

Le analisi in condizioni sismiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.564 (Fig.1.5).

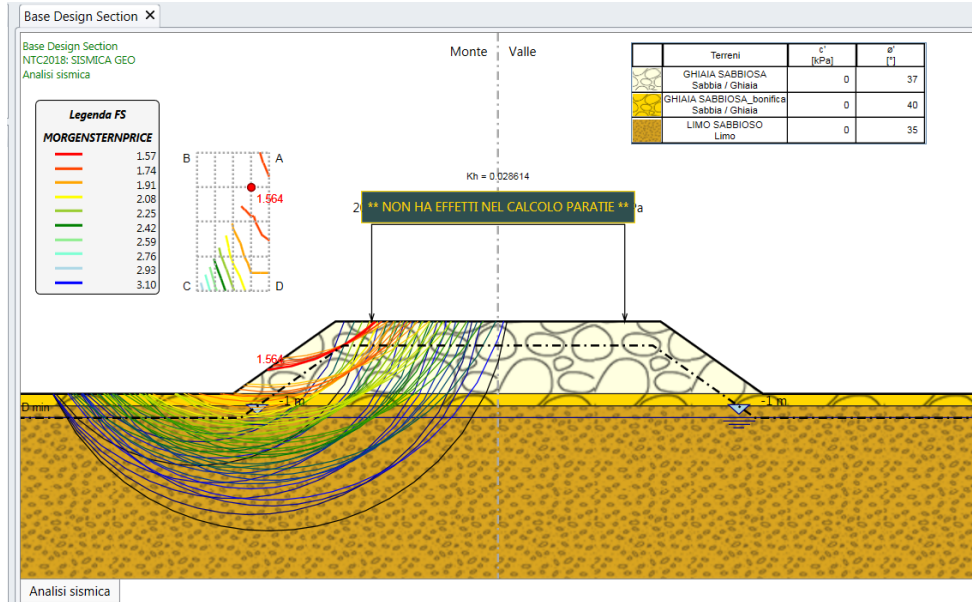


Figura 1.5 – Traccia superfici analizzate e contour dei coefficienti Fs

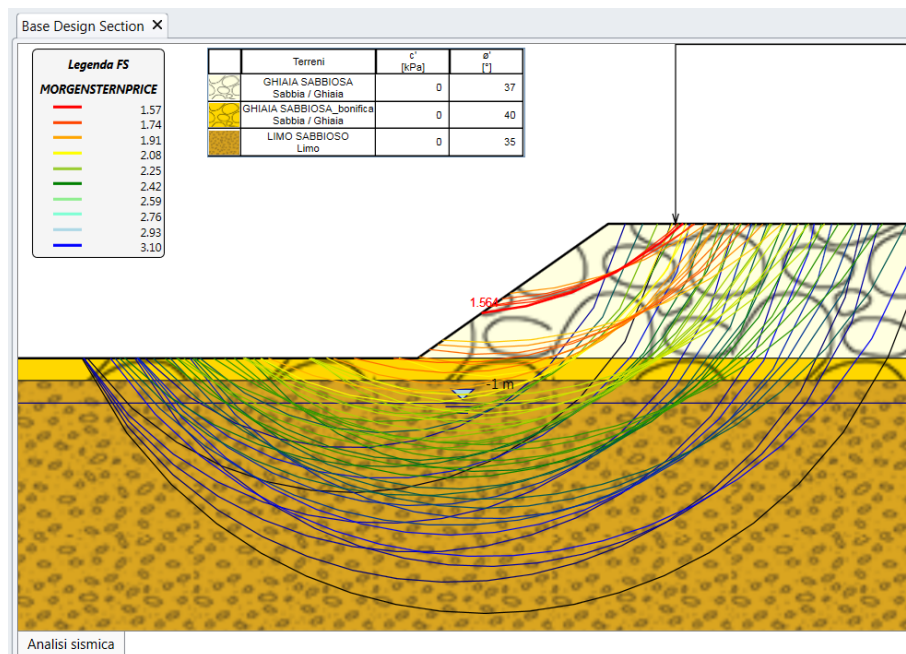


Fig.1.6– Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con Fs minimo (Fsmin=1.564)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati di seguito (Tab.1.4):

Totale Superfici analizzate:68						
Classificazione	Fs	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.564	0.458	6	-10.25	8.5625	7.592
VALID	1.633	0.461	6	-9.5	7.125	5.9728
VALID	1.644	0.434	6	-10.25	10	8.8641
VALID	1.698	0.397	5	-9.5	8.5625	7.244
VALID	1.726	0.469	6	-10.25	8.5625	8.66
VALID	1.753	0.454	6	-9.5	7.125	7.047
VALID	1.766	0.454	6	-10.25	7.125	7.4483
VALID	1.821	0.471	6	-9.5	5.6875	5.8472
VALID	1.822	0.338	5	-9.5	10	8.5679
VALID	1.826	0.425	6	-9.5	8.5625	8.3239
VALID	1.832	0.424	6	-10.25	5.6875	6.2648
VALID	1.882	0.368	5	-11	7.125	7.8659
VALID	1.926	0.4	5	-9.5	10	9.6518
VALID	1.992	0.359	5	-10.25	4.25	5.0813
VALID	2.003	0.473	6	-9.5	4.25	4.6637
VALID	2.031	0.326	5	-11	5.6875	6.6824
VALID	2.093	0.347	5	-9.5	7.125	8.1212
VALID	2.104	0.336	5	-9.5	5.6875	6.9129
VALID	2.129	0.347	5	-9.5	8.5625	9.4039
VALID	2.133	0.295	4	-10.25	7.125	8.5082
VALID	2.139	0.303	5	-10.25	8.5625	9.7279
VALID	2.177	0.283	4	-10.25	5.6875	7.3156
VALID	2.2	0.319	5	-9.5	4.25	5.7204
VALID	2.239	0.254	4	-11	7.125	8.9108
VALID	2.269	0.297	4	-11	4.25	5.4989
VALID	2.322	0.264	4	-10.25	4.25	6.1231
VALID	2.324	0.245	4	-11	5.6875	7.7183
VALID	2.365	0.248	4	-9.5	7.125	9.1955
VALID	2.376	0.26	4	-11.75	5.6875	7.1
VALID	2.392	0.24	4	-9.5	5.6875	7.9787
VALID	2.396	0.248	4	-9.5	8.5625	10.484
VALID	2.412	0.22	4	-10.25	7.125	9.568
VALID	2.468	0.213	4	-10.25	5.6875	8.3664
VALID	2.514	0.23	4	-9.5	4.25	6.777
VALID	2.544	0.225	4	-11	4.25	6.5258
VALID	2.549	0.214	4	-11.75	5.6875	8.121
VALID	2.604	0.192	3	-11	5.6875	8.7542
VALID	2.619	0.201	4	-10.25	4.25	7.1648
VALID	2.621	0.191	3	-9.5	7.125	10.27
VALID	2.634	0.248	4	-11.75	4.25	5.9165
VALID	2.669	0.184	3	-9.5	5.6875	9.0444
VALID	2.746	0.168	3	-10.25	5.6875	9.4172
VALID	2.793	0.173	3	-9.5	4.25	7.8337
VALID	2.797	0.18	3	-11	4.25	7.5526
VALID	2.875	0.197	3	-11.75	4.25	6.9284

VALID	2.908	0.159	3	-10.25	4.25	8.2066
VALID	2.951	0.15	3	-9.5	5.6875	10.11
VALID	3.052	0.165	3	-11.75	4.25	7.9404
VALID	3.089	0.149	3	-11	4.25	8.5794
VALID	3.098	0.14	3	-9.5	4.25	8.8903
VALID	3.106	0.212	4	-12.5	4.25	6.25
VALID	3.191	0.13	3	-10.25	4.25	9.2483
VALID	3.334	0.173	3	-12.5	4.25	7.25
VALID	3.39	0.117	3	-9.5	4.25	9.947

Tabella 1.4 – Analisi sismica - Sezione n.21

Le analisi condotte mostrano che in tali condizioni la verifica di stabilità del pendio è soddisfatta con un adeguato margine di sicurezza.

**SCHEDA 2_CASO 2 : SEZIONE TIPO C1 IN ALLARGAMENTO (H=7.80,
B=15.92) (sezione di riferimento 85)**

CASO 2 – SEZIONE TIPO C1 IN ALLARGAMENTO

La sezione 85 è rappresentativa di un rilevato alto circa 7.50m e largo alla base circa 42.45m, realizzato con ghiaia sabbiosa. Al di sotto dello strato di bonifica, il terreno di imposta risulta costituito da litoti grossolani (sabbie e ghiaie). I dati del modello geometrico e della stratigrafia (Tabb.2.1 e 2.2) assunti nel calcolo sono i seguenti:

Linea di scavo [m]		Falda acquifera [m]	
sinistra	destra	sinistra	destra
(-50.00;0.00)	(0.00;7.50)	-1.00	-1.00
(-30.00;0.00)	(6.75;7.50)		
(-22.15;0.00)	(14.25;2.50)		
(-18.95;2.50)	(16.25;2.50)		
(-16.95;2.50)	(20.30;0.00)		
(-9.45;7.50)	(30.00;0.00)		
(0.00;7.50)	(50.00;0.00)		

Tab.2.1 – Dati di input del modello geometrico

Parametro	Valore	Valore	Valore
Name	GHIAIA SABBIOSA	GHIAIA SABBIOSA_bonifica	SABBIA LIMOSA
InitialStressK0nc	0.398	0.357	0.427
InitialStressNocr	0.5	0.5	0.5
UnitWeightGammaDry	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
UnitWeightGammaSat	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
ResistanceMohrCoulombC	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ResistanceMohrCoulombFi	37 °	40 °	35 °
WallAdhesion	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ElasticConstantEvc	200000 kPa	250000 kPa	200000 kPa
ElasticConstantEur	320000 kPa	400000 kPa	320000 kPa

Tab.2.2 - Dati di input della stratigrafia (parametri geotecnici)

In Figura 2.1 è riportata la rappresentazione grafica del modello geometrico e della stratigrafia assunti a base del calcolo.

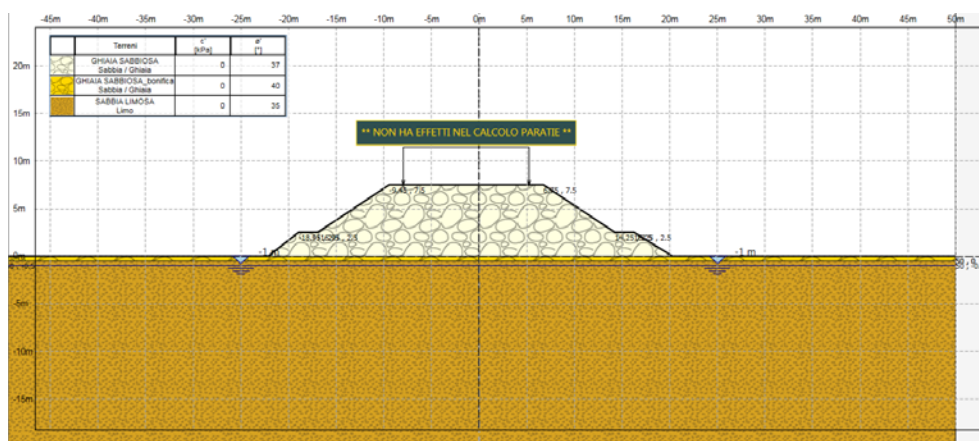


Fig. 2.1 – Modello geometrico di calcolo

In Figura 2.2 sono riportati i parametri geotecnici inseriti nel software.

	Terreni	VDRY [kN/m ³]	YSAT [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	Moduli Elastici [kPa] or [kN/m ³]
	GHIAIA SABBIOSA Sabbia / Ghiaia	19	19	0	37	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000
	GHIAIA SABBIOSA_bonifica Sabbia / Ghiaia	19	19	0	40	E _{vc} = 250000 E _{ur} = 400000
	SABBIA LIMOSA Limo	19	19	0	35	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000

Fig. 2.2 – Parametri geotecnici di calcolo

Le analisi sono state eseguite considerando sia le condizioni statiche sia le condizioni sismiche. Il programma HARPACEAS PARATIE Plus 2018 prevede la stampa del listato dei dati di input, ma non la stampa dei grafici che evidenziano le superfici di scorrimento ed i rispettivi coefficienti di sicurezza. Pertanto, si sono estratte dal software immagini rappresentative con la traccia di tutte le superfici analizzate con il contour dei coefficienti di sicurezza sovrapposto alla griglia dei centri (Fig. 2.3 e 2.4).

Le analisi in condizioni statiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.174 .

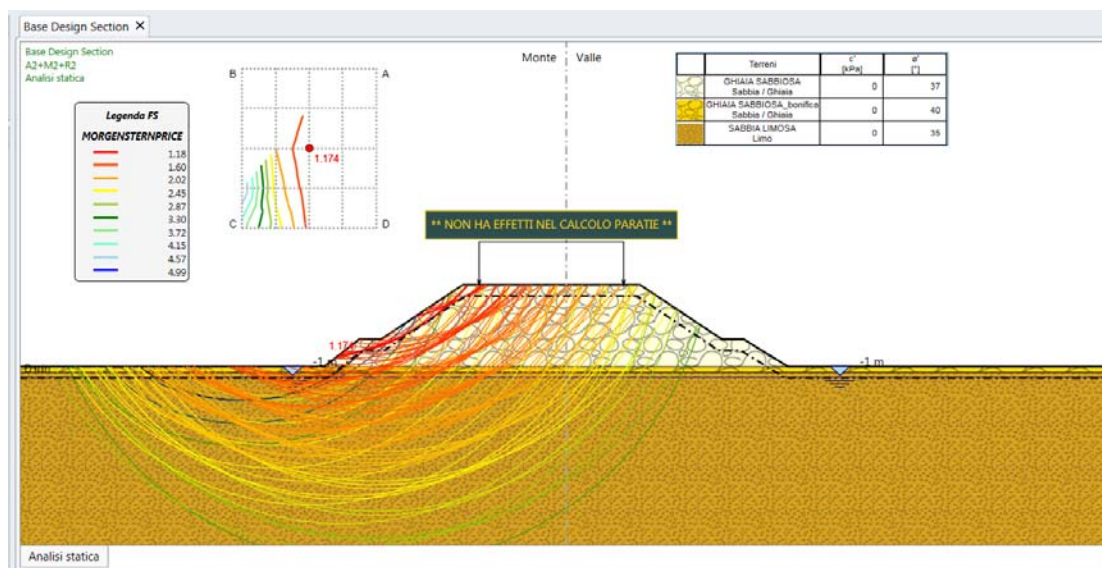


Fig. 2.3 – Traccia superfici critiche analizzate e contour dei coefficienti Fs

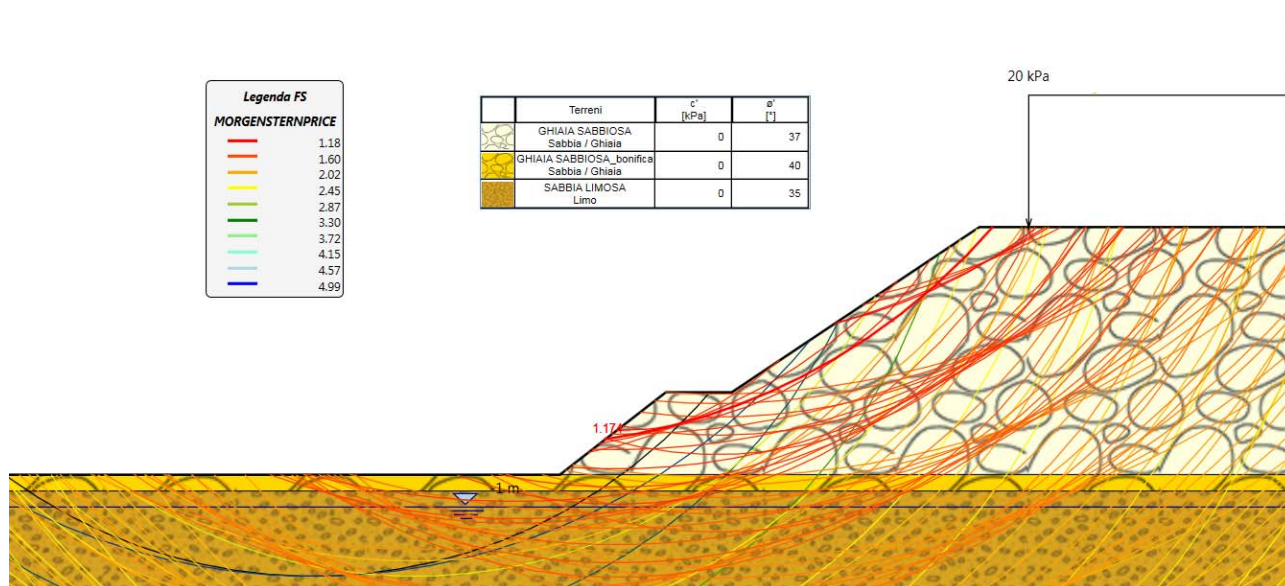


Fig.2.4 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con F_s minimo ($F_{smin}=1.174$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati qui di seguito (Tab.2.3):

Totale Superfici analizzate:99						
Classificazione	F_s	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.174	0.513	7	-23.5	20	19.136
VALID	1.213	0.423	6	-17.375	20	15.81
VALID	1.242	0.4	5	-20.438	27.313	23.678
VALID	1.329	0.482	6	-20.438	12.688	11.336
VALID	1.331	0.504	7	-23.5	16.344	15.63
VALID	1.353	0.386	5	-17.375	23.656	19.027
VALID	1.397	0.43	6	-20.438	20	19.817
VALID	1.443	0.403	6	-20.438	23.656	22.904
VALID	1.445	0.445	6	-20.438	16.344	16.731
VALID	1.476	0.399	5	-17.375	16.344	15.154
VALID	1.482	0.429	6	-20.438	12.688	13.576
VALID	1.486	0.351	5	-23.5	12.688	12.211
VALID	1.499	0.418	6	-17.375	12.688	12.068
VALID	1.506	0.381	5	-20.438	27.313	26.08
VALID	1.506	0.361	5	-23.5	23.656	24.481
VALID	1.508	0.382	5	-17.375	20	18.252
VALID	1.528	0.271	4	-17.375	27.313	22.38
VALID	1.565	0.338	5	-23.5	20	21.341
VALID	1.582	0.369	5	-17.375	23.656	21.501
VALID	1.635	0.328	5	-23.5	16.344	17.824
VALID	1.652	0.291	4	-20.438	16.344	19.009
VALID	1.674	0.299	4	-20.438	20	22.139

VALID	1.676	0.286	4	-20.438	12.688	15.815
VALID	1.679	0.358	5	-17.375	12.688	14.423
VALID	1.68	0.355	5	-17.375	27.313	24.875
VALID	1.717	0.354	5	-17.375	16.344	17.553
VALID	1.719	0.307	5	-20.438	23.656	25.269
VALID	1.778	0.312	5	-20.438	27.313	28.483
VALID	1.797	0.343	5	-17.375	20	20.694
VALID	1.798	0.233	4	-23.5	20	23.546
VALID	1.812	0.24	4	-23.5	16.344	20.018
VALID	1.817	0.299	4	-23.5	12.688	14.388
VALID	1.848	0.252	4	-17.375	12.688	16.778
VALID	1.858	0.254	4	-17.375	16.344	19.952
VALID	1.876	0.209	4	-20.438	16.344	21.287
VALID	1.885	0.21	4	-20.438	20	24.461
VALID	1.906	0.256	4	-17.375	20	23.136
VALID	1.906	0.207	4	-20.438	12.688	18.055
VALID	1.917	0.212	4	-20.438	23.656	27.635
VALID	1.927	0.32	5	-17.375	23.656	23.974
VALID	1.95	0.23	4	-23.5	12.688	16.565
VALID	1.979	0.305	5	-17.375	27.313	27.37
VALID	1.979	0.253	4	-17.375	23.656	26.448
VALID	2.02	0.18	3	-23.5	20	25.75
VALID	2.023	0.25	4	-26.563	20	22.272
VALID	2.025	0.186	3	-23.5	16.344	22.211
VALID	2.064	0.248	4	-17.375	27.313	29.865
VALID	2.069	0.189	3	-17.375	16.344	22.351
VALID	2.077	0.186	3	-17.375	12.688	19.134
VALID	2.095	0.19	3	-17.375	20	25.578
VALID	2.115	0.164	3	-20.438	20	26.782
VALID	2.116	0.163	3	-20.438	16.344	23.565
VALID	2.116	0.188	3	-23.5	12.688	18.742
VALID	2.153	0.162	3	-20.438	12.688	20.294
VALID	2.172	0.181	3	-17.375	23.656	28.921
VALID	2.255	0.151	3	-23.5	16.344	24.405
VALID	2.276	0.171	3	-17.375	27.313	32.361
VALID	2.278	0.196	3	-26.563	16.344	21.056
VALID	2.319	0.147	3	-17.375	16.344	24.751
VALID	2.333	0.153	3	-23.5	12.688	20.919
VALID	2.334	0.147	3	-17.375	12.688	21.489
VALID	2.342	0.222	4	-26.563	16.344	18.949
VALID	2.368	0.132	3	-20.438	20	29.104
VALID	2.368	0.141	3	-17.375	20	28.021
VALID	2.368	0.134	3	-20.438	16.344	25.843
VALID	2.373	0.169	3	-26.563	16.344	23.164
VALID	2.412	0.132	3	-20.438	12.688	22.533
VALID	2.464	0.131	3	-17.375	23.656	31.395

VALID	2.568	0.128	3	-23.5	12.688	23.096
VALID	2.612	0.118	3	-17.375	12.688	23.845
VALID	2.631	0.113	3	-17.375	16.344	27.15
VALID	2.642	0.111	3	-20.438	16.344	28.121
VALID	2.658	0.176	3	-26.563	12.688	17.83
VALID	2.666	0.16	3	-26.563	12.688	19.902
VALID	2.677	0.112	3	-20.438	12.688	24.773
VALID	2.713	0.104	3	-17.375	20	30.463
VALID	2.764	0.142	3	-26.563	12.688	21.973
VALID	2.813	0.11	3	-23.5	12.688	25.272
VALID	2.901	0.174	3	-26.563	12.688	15.759
VALID	2.944	0.092	2	-17.375	12.688	26.2
VALID	2.957	0.094	2	-20.438	12.688	27.012
VALID	3.013	0.085	2	-17.375	16.344	29.549
VALID	3.286	0.076	2	-20.438	12.688	29.251
VALID	3.346	0.07	2	-17.375	12.688	28.555
VALID	3.482	0.061	2	-17.375	16.344	31.948
VALID	3.839	0.05	2	-17.375	12.688	30.911
VALID	3.893	0.128	3	-29.625	12.688	19.902
VALID	4.754	0.111	3	-29.625	12.688	17.83
VALID	4.999	0.118	3	-29.625	16.344	19.415
VALID	7.275	0.101	3	-29.625	12.688	15.759

Tabella 2.3 – Analisi statica - Sezione n.85

Le analisi in condizioni sismiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.377 .

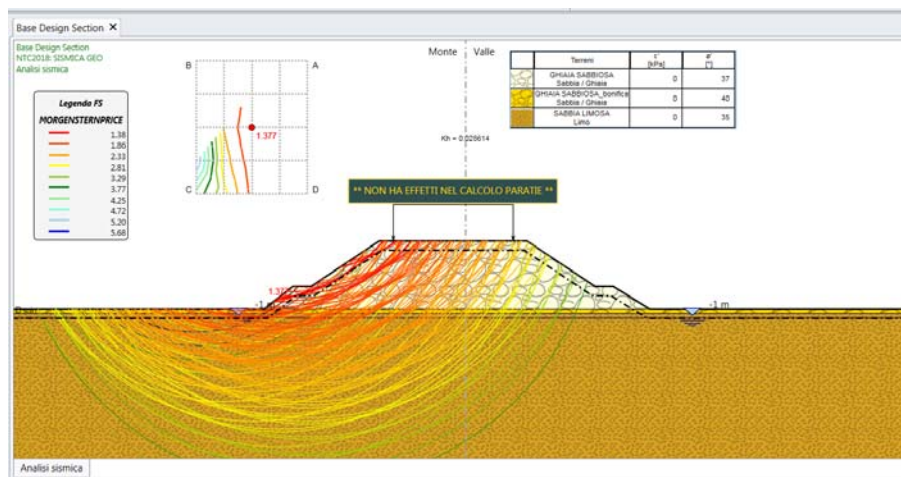


Figura 2.5 – Traccia superfici analizzate e contour dei coefficienti F_s

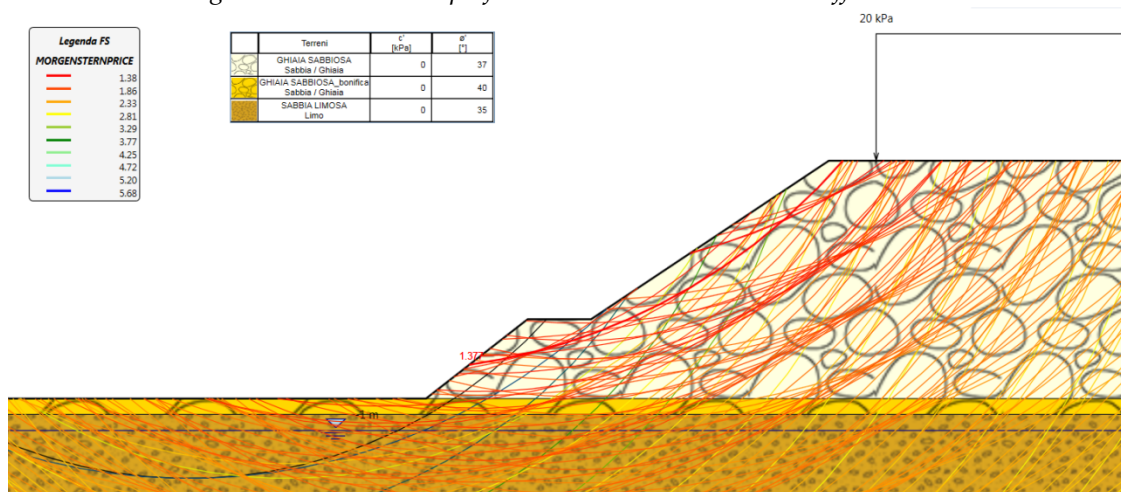


Fig.2.6 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con F_s minimo ($F_{smin}=1.377$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati qui di seguito (Tab.2.4):

Totale Superfici analizzate:134						
Classificazione	F_s	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.377	0.535	8	-23.5	19.995	19.132
VALID	1.424	0.5	6	-17.375	19.995	15.805
VALID	1.46	0.483	7	-20.438	27.31	23.675
VALID	1.542	0.483	7	-23.5	23.653	23.887
VALID	1.553	0.528	8	-23.5	16.338	15.624
VALID	1.557	0.499	7	-20.438	12.68	11.329

VALID	1.559	0.443	7	-23.5	19.995	20.756
VALID	1.57	0.424	7	-23.5	16.338	17.24
VALID	1.57	0.498	7	-20.438	16.338	16.126
VALID	1.576	0.473	7	-20.438	19.995	19.202
VALID	1.591	0.462	7	-17.375	23.653	19.024
VALID	1.614	0.454	7	-20.438	23.653	22.278
VALID	1.615	0.456	7	-17.375	16.338	14.517
VALID	1.628	0.477	7	-17.375	19.995	17.605
VALID	1.629	0.389	7	-20.438	12.68	14.629
VALID	1.63	0.415	7	-20.438	16.338	17.805
VALID	1.661	0.509	8	-20.438	12.68	12.979
VALID	1.671	0.458	7	-17.375	12.68	11.441
VALID	1.674	0.445	7	-20.438	27.31	25.446
VALID	1.692	0.358	7	-23.5	12.68	13.808
VALID	1.695	0.304	6	-23.5	19.995	22.38
VALID	1.697	0.302	6	-23.5	16.338	18.857
VALID	1.699	0.436	7	-20.438	19.995	20.913
VALID	1.708	0.325	7	-23.5	23.653	25.541
VALID	1.722	0.45	7	-23.5	12.68	12.204
VALID	1.753	0.455	7	-17.375	23.653	20.846
VALID	1.767	0.3	5	-20.438	16.338	19.483
VALID	1.785	0.288	6	-20.438	12.68	16.279
VALID	1.796	0.314	7	-20.438	19.995	22.623
VALID	1.799	0.349	6	-17.375	27.31	22.377
VALID	1.8	0.278	6	-23.5	12.68	15.412
VALID	1.833	0.283	6	-26.563	19.995	21.706
VALID	1.835	0.374	7	-17.375	12.68	14.912
VALID	1.835	0.425	7	-20.438	23.653	24.021
VALID	1.855	0.331	7	-20.438	23.653	25.764
VALID	1.87	0.242	6	-23.5	16.338	20.473
VALID	1.872	0.239	6	-23.5	19.995	24.005
VALID	1.88	0.412	7	-20.438	27.31	27.216
VALID	1.884	0.382	6	-17.375	16.338	18.053
VALID	1.906	0.409	7	-17.375	16.338	16.285
VALID	1.911	0.427	7	-17.375	27.31	24.216
VALID	1.937	0.345	6	-20.438	27.31	28.986
VALID	1.942	0.238	6	-26.563	19.995	23.277
VALID	1.944	0.236	6	-20.438	16.338	21.162
VALID	1.948	0.393	6	-17.375	19.995	19.404
VALID	1.952	0.243	6	-20.438	19.995	24.334
VALID	1.958	0.288	6	-17.375	12.68	16.648
VALID	1.968	0.298	5	-17.375	16.338	19.82
VALID	1.97	0.234	7	-23.5	12.68	17.016
VALID	1.978	0.23	7	-20.438	12.68	17.929
VALID	1.98	0.422	7	-17.375	12.68	13.177
VALID	1.985	0.25	6	-20.438	23.653	27.507

VALID	1.988	0.385	6	-17.375	19.995	21.204
VALID	2.02	0.306	6	-17.375	19.995	23.003
VALID	2.032	0.379	6	-17.375	23.653	22.669
VALID	2.055	0.2	3	-23.5	19.995	25.629
VALID	2.058	0.204	6	-23.5	16.338	22.09
VALID	2.1	0.309	6	-17.375	23.653	26.314
VALID	2.112	0.23	6	-26.563	16.338	18.389
VALID	2.119	0.237	6	-17.375	16.338	21.588
VALID	2.12	0.219	6	-26.563	16.338	19.942
VALID	2.122	0.376	6	-17.375	23.653	24.491
VALID	2.128	0.201	5	-20.438	19.995	26.045
VALID	2.133	0.23	7	-17.375	12.68	18.383
VALID	2.134	0.197	5	-20.438	16.338	22.84
VALID	2.14	0.366	6	-17.375	27.31	26.055
VALID	2.144	0.203	6	-23.5	12.68	18.62
VALID	2.144	0.242	6	-17.375	19.995	24.803
VALID	2.146	0.204	6	-20.438	23.653	29.25
VALID	2.181	0.192	5	-20.438	12.68	19.579
VALID	2.192	0.307	6	-17.375	27.31	29.732
VALID	2.205	0.242	6	-17.375	23.653	28.137
VALID	2.223	0.201	6	-26.563	16.338	21.494
VALID	2.249	0.177	5	-23.5	16.338	23.706
VALID	2.285	0.359	6	-17.375	27.31	27.893
VALID	2.298	0.198	5	-17.375	16.338	23.356
VALID	2.3	0.235	6	-17.375	27.31	31.57
VALID	2.314	0.173	5	-20.438	19.995	27.756
VALID	2.319	0.197	5	-17.375	19.995	26.602
VALID	2.331	0.17	6	-20.438	16.338	24.518
VALID	2.331	0.192	5	-17.375	12.68	20.119
VALID	2.333	0.177	6	-23.5	12.68	20.224
VALID	2.355	0.182	5	-26.563	16.338	23.047
VALID	2.386	0.192	5	-17.375	23.653	29.959
VALID	2.388	0.166	6	-20.438	12.68	21.229
VALID	2.441	0.157	6	-23.5	16.338	25.323
VALID	2.486	0.185	5	-26.563	12.68	16.733
VALID	2.503	0.166	6	-17.375	16.338	25.124
VALID	2.518	0.15	6	-20.438	19.995	29.466
VALID	2.527	0.156	6	-23.5	12.68	21.828
VALID	2.527	0.182	5	-26.563	12.68	18.259
VALID	2.528	0.176	5	-26.563	12.68	15.206
VALID	2.531	0.151	6	-20.438	16.338	26.197
VALID	2.533	0.163	6	-17.375	19.995	28.402
VALID	2.537	0.164	6	-17.375	12.68	21.854
VALID	2.596	0.146	7	-20.438	12.68	22.879
VALID	2.612	0.156	6	-17.375	23.653	31.782
VALID	2.625	0.171	6	-26.563	12.68	19.785

VALID	2.722	0.139	7	-23.5	12.68	23.432
VALID	2.735	0.14	6	-17.375	16.338	26.892
VALID	2.738	0.159	6	-26.563	12.68	21.312
VALID	2.741	0.133	7	-20.438	16.338	27.875
VALID	2.751	0.142	7	-17.375	12.68	23.59
VALID	2.783	0.135	6	-17.375	19.995	30.201
VALID	2.807	0.131	7	-20.438	12.68	24.529
VALID	2.879	0.145	7	-26.563	12.68	22.838
VALID	2.919	0.126	7	-23.5	12.68	25.036
VALID	2.971	0.117	7	-20.438	16.338	29.554
VALID	2.992	0.122	7	-17.375	12.68	25.325
VALID	2.999	0.119	7	-17.375	16.338	28.659
VALID	3.012	0.119	8	-20.438	12.68	26.18
VALID	3.07	0.113	6	-17.375	19.995	32
VALID	3.243	0.105	8	-20.438	12.68	27.83
VALID	3.258	0.105	7	-17.375	12.68	27.061
VALID	3.297	0.1	4	-17.375	16.338	30.427
VALID	3.488	0.093	5	-20.438	12.68	29.48
VALID	3.539	0.138	7	-29.625	12.68	19.785
VALID	3.557	0.089	5	-17.375	12.68	28.796
VALID	3.634	0.084	5	-17.375	16.338	32.195
VALID	3.765	0.127	7	-29.625	12.68	18.259
VALID	3.895	0.075	6	-17.375	12.68	30.532
VALID	4.002	0.119	6	-29.625	16.338	18.864
VALID	4.251	0.11	7	-29.625	12.68	16.733
VALID	4.276	0.063	7	-17.375	12.68	32.267
VALID	5.601	0.104	6	-29.625	12.68	15.206

Tab.2.4 – Analisi sismica - Sezione 85

Le analisi condotte mostrano che in tali condizioni la verifica di stabilità del pendio è soddisfatta con un adeguato margine di sicurezza.

SCHEDA 3_CASO 3 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=5.00, B=13.22) (sezione di riferimento 90)

CASO 3 – SEZIONE TIPO C1 CORRENTE

La sezione è rappresentativa di un rilevato alto circa 4.70 m e largo alla base circa 28.40 m, realizzato con ghiaia sabbiosa. Al di sotto dello strato di bonifica, il terreno di imposta risulta costituito da litoti grossolani (sabbie e ghiaie). I dati del modello geometrico e della stratigrafia (Tabb.3.1 e 3.2) assunti nel calcolo sono i seguenti:

Linea di scavo [m]		Falda acquifera [m]	
sinistra	destra	sinistra	destra
(-30.00;0.00)	(0.00;4.70)	-1.00	-1.00
(-20.00;0.00)	(6.75;4.70)		
(-14.20;0.00)	(14.20;0.00)		
(-6.75;4.70)	(20.00;0.00)		
(0.00;4.70)	(30.00;0.00)		

Tab.3.1: Dati di input del modello geometrico

Parametro	Valore	Valore	Valore
Name	GHIAIA SABBIOSA	GHIAIA SABBIOSA_bonifica	SABBIA LIMOSA
InitialStressK0nc	0.398	0.357	0.427
InitialStressNocr	0.5	0.5	0.5
UnitWeightGammaDry	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
UnitWeightGammaSat	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
ResistanceMohrCoulombC	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ResistanceMohrCoulombFi	37 °	40 °	35 °
WallAdhesion	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ElasticConstantEvc	200000 kPa	250000 kPa	200000 kPa
ElasticConstantEur	320000 kPa	400000 kPa	320000 kPa

Tab.3.2: Dati di input della stratigrafia (parametri geotecnici)

In Fig.3.1 è riportata la rappresentazione grafica del modello geometrico e della stratigrafia assunti a base del calcolo.

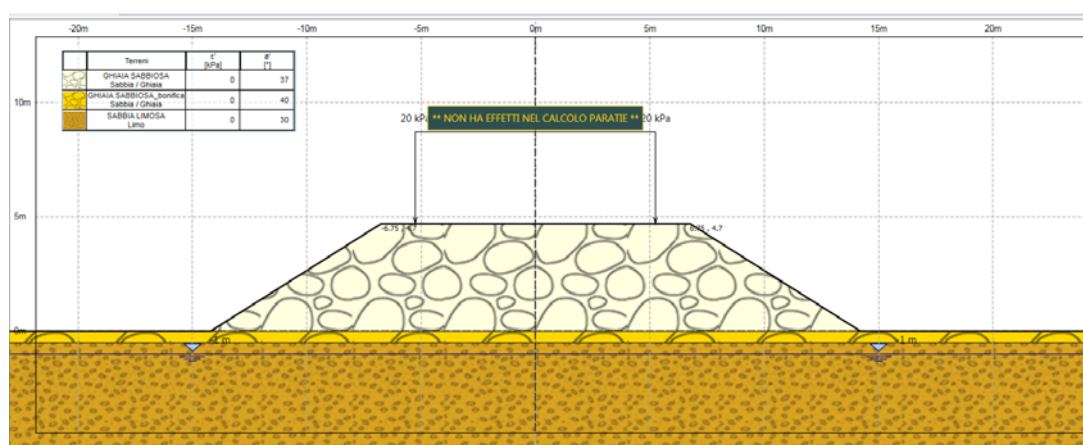


Fig.3.1 – Modello geometrico di calcolo

In Fig.3.2 sono riportati i parametri geotecnici inseriti nel software.

	Terreni	YDRY [kN/m ³]	YSAT [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	Moduli Elastici [kPa] or [kN/m ²]
	GHIAIA SABBIOSA Sabbia / Ghiaia	19	19	0	37	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000
	GHIAIA SABBIOSA_bonifica Sabbia / Ghiaia	19	19	0	40	E _{vc} = 250000 E _{ur} = 400000
	SABBIA LIMOSA Limo	19	19	0	35	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000

Fig.3.2 – Parametri geotecnici di calcolo

Le analisi sono state eseguite considerando sia le condizioni statiche sia le condizioni sismiche. Il programma HARPACEAS PARATIE Plus 2018 prevede la stampa del listato dei dati di input, ma non la stampa dei grafici che evidenziano le superfici di scorrimento ed i rispettivi coefficienti di sicurezza.

Pertanto, si sono estratte dal software immagini rappresentative con la traccia di tutte le superfici analizzate con il contour dei coefficienti di sicurezza sovrapposto alla griglia dei centri (Fig.3.3).

Le analisi in condizioni statiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.114 .

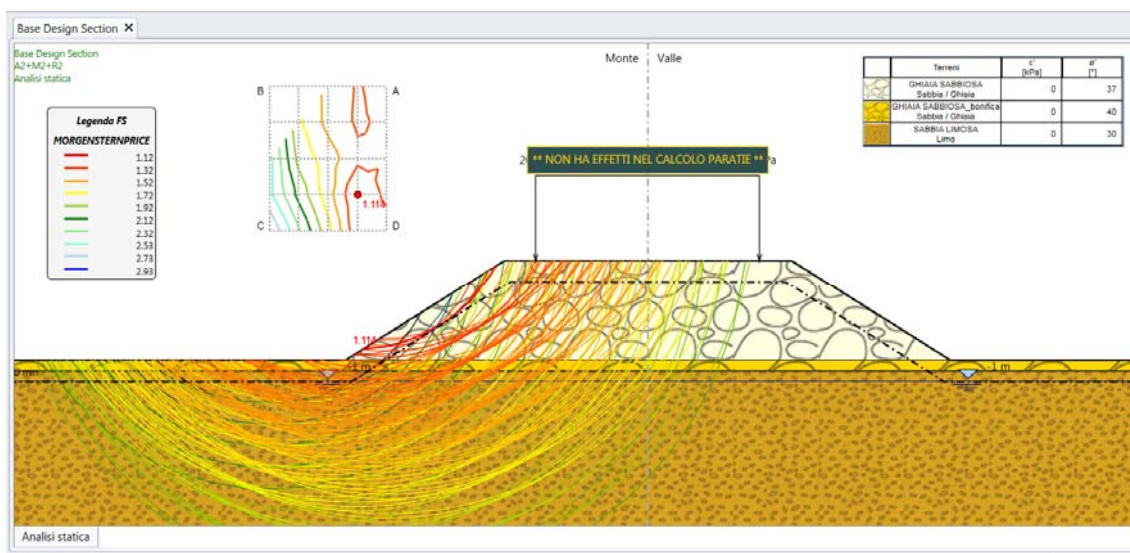


Fig.3.3 – Traccia superfici critiche analizzate e contour dei coefficienti Fs

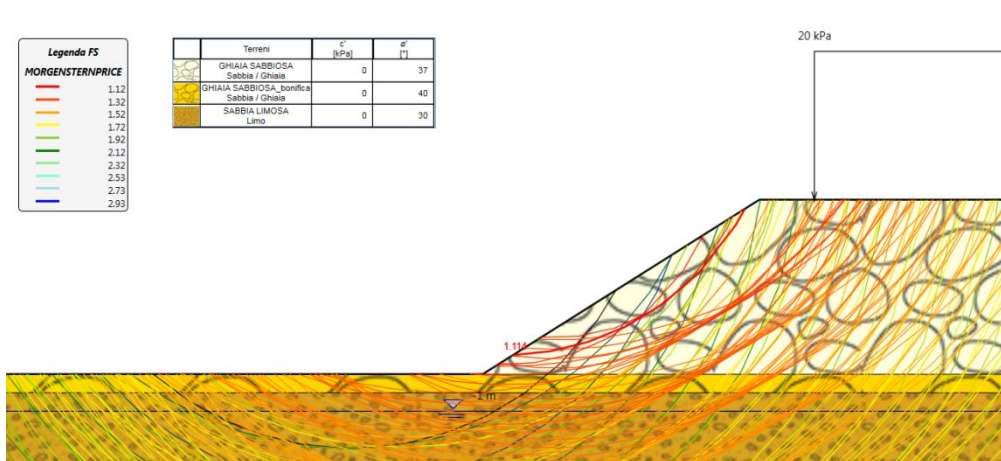


Fig.3.4 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con F_s minimo ($F_s \text{ min} = 1.114$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati qui seguito (Tab.3.3):

Totale Superfici analizzate:146

Classificazione	F_s	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.114	0.568	7	-13.625	7.8125	7.3007
VALID	1.154	0.542	7	-13.625	6.125	5.8735
VALID	1.192	0.548	7	-12.25	6.125	5.1398
VALID	1.286	0.486	6	-13.625	11.188	11.225
VALID	1.299	0.465	6	-13.625	12.875	12.661
VALID	1.34	0.47	6	-12.25	9.5	9.0807
VALID	1.356	0.452	6	-12.25	11.188	10.517
VALID	1.363	0.456	6	-13.625	9.5	9.789
VALID	1.374	0.46	6	-12.25	7.8125	7.6445
VALID	1.399	0.426	6	-12.25	12.875	11.953
VALID	1.432	0.41	6	-12.25	7.8125	8.7219
VALID	1.447	0.381	5	-15	12.875	13.37
VALID	1.455	0.355	5	-15	11.188	11.934
VALID	1.461	0.327	5	-13.625	9.5	10.85
VALID	1.461	0.417	6	-12.25	9.5	10.167
VALID	1.468	0.34	5	-13.625	11.188	12.295
VALID	1.488	0.37	5	-12.25	6.125	7.2767
VALID	1.491	0.353	5	-13.625	12.875	13.74
VALID	1.496	0.303	5	-13.625	7.8125	9.405
VALID	1.508	0.292	4	-12.25	7.8125	9.7993
VALID	1.516	0.297	4	-12.25	9.5	11.253
VALID	1.55	0.303	5	-12.25	11.188	12.708
VALID	1.56	0.246	4	-13.625	9.5	11.911
VALID	1.562	0.25	4	-13.625	11.188	13.365
VALID	1.562	0.277	4	-15	12.875	14.424
VALID	1.562	0.281	4	-12.25	6.125	8.3452
VALID	1.569	0.268	4	-15	11.188	12.978
VALID	1.584	0.281	4	-13.625	6.125	7.9598

VALID	1.585	0.253	4	-13.625	12.875	14.82
VALID	1.587	0.393	5	-12.25	12.875	13.057
VALID	1.589	0.404	6	-12.25	11.188	11.612
VALID	1.594	0.241	4	-13.625	7.8125	10.457
VALID	1.601	0.305	5	-15	7.8125	9.0612
VALID	1.604	0.308	5	-12.25	12.875	14.162
VALID	1.614	0.256	4	-15	9.5	11.533
VALID	1.617	0.227	4	-12.25	9.5	12.34
VALID	1.628	0.225	4	-12.25	7.8125	10.877
VALID	1.636	0.23	4	-12.25	11.188	13.803
VALID	1.666	0.214	4	-15	11.188	14.023
VALID	1.668	0.231	4	-12.25	12.875	15.266
VALID	1.672	0.215	4	-12.25	6.125	9.4136
VALID	1.674	0.199	3	-13.625	11.188	14.435
VALID	1.678	0.198	3	-13.625	9.5	12.972
VALID	1.686	0.2	3	-13.625	12.875	15.899
VALID	1.691	0.223	4	-13.625	6.125	9.0029
VALID	1.7	0.211	4	-15	9.5	12.569
VALID	1.711	0.194	3	-13.625	7.8125	11.509
VALID	1.716	0.233	4	-15	7.8125	10.088
VALID	1.737	0.184	3	-12.25	9.5	13.426
VALID	1.742	0.186	3	-12.25	11.188	14.898
VALID	1.753	0.181	3	-12.25	7.8125	11.954
VALID	1.754	0.261	4	-16.375	11.188	12.642
VALID	1.763	0.186	3	-12.25	12.875	16.37
VALID	1.786	0.202	4	-15	7.8125	11.115
VALID	1.792	0.166	3	-13.625	11.188	15.506
VALID	1.793	0.269	4	-15	6.125	7.625
VALID	1.804	0.165	3	-13.625	9.5	14.033
VALID	1.81	0.176	3	-15	9.5	13.605
VALID	1.813	0.188	3	-13.625	6.125	10.046
VALID	1.818	0.176	3	-12.25	6.125	10.482
VALID	1.847	0.218	4	-15	6.125	8.6428
VALID	1.849	0.163	3	-13.625	7.8125	12.561
VALID	1.855	0.249	4	-16.375	9.5	11.206
VALID	1.87	0.157	3	-12.25	11.188	15.994
VALID	1.871	0.155	3	-12.25	9.5	14.513
VALID	1.88	0.157	3	-12.25	12.875	17.475
VALID	1.89	0.175	3	-15	7.8125	12.142
VALID	1.894	0.152	3	-12.25	7.8125	13.032
VALID	1.91	0.204	4	-16.375	9.5	12.216
VALID	1.936	0.152	3	-15	9.5	14.641
VALID	1.937	0.156	3	-13.625	6.125	11.089
VALID	1.941	0.184	3	-16.375	9.5	13.227
VALID	1.941	0.142	3	-13.625	9.5	15.095
VALID	1.957	0.146	3	-12.25	6.125	11.551

VALID	1.975	0.182	3	-15	6.125	9.6607
VALID	1.986	0.14	3	-13.625	7.8125	13.613
VALID	2.006	0.136	3	-12.25	11.188	17.089
VALID	2.009	0.15	3	-15	7.8125	13.169
VALID	2.016	0.135	3	-12.25	9.5	15.599
VALID	2.044	0.162	3	-15	6.125	10.679
VALID	2.045	0.131	3	-12.25	7.8125	14.109
VALID	2.058	0.197	3	-16.375	7.8125	10.771
VALID	2.076	0.134	3	-13.625	6.125	12.132
VALID	2.085	0.228	4	-16.375	7.8125	9.7695
VALID	2.086	0.125	3	-13.625	9.5	16.156
VALID	2.108	0.124	3	-12.25	6.125	12.619
VALID	2.115	0.171	3	-16.375	7.8125	11.773
VALID	2.134	0.122	3	-13.625	7.8125	14.666
VALID	2.138	0.131	3	-15	7.8125	14.195
VALID	2.154	0.144	3	-15	6.125	11.696
VALID	2.16	0.157	3	-16.375	7.8125	12.774
VALID	2.163	0.119	3	-12.25	9.5	16.685
VALID	2.202	0.116	3	-12.25	7.8125	15.186
VALID	2.226	0.117	3	-13.625	6.125	13.176
VALID	2.273	0.126	3	-15	6.125	12.714
VALID	2.275	0.109	3	-12.25	6.125	13.687
VALID	2.287	0.109	3	-13.625	7.8125	15.718
VALID	2.352	0.163	3	-16.375	6.125	10.125
VALID	2.356	0.103	3	-12.25	7.8125	16.264
VALID	2.367	0.18	3	-16.375	6.125	9.125
VALID	2.371	0.102	3	-13.625	6.125	14.219
VALID	2.409	0.112	3	-15	6.125	13.732
VALID	2.419	0.142	3	-16.375	6.125	11.125
VALID	2.434	0.097	2	-12.25	6.125	14.756
VALID	2.458	0.135	3	-16.375	6.125	12.125
VALID	2.504	0.202	4	-16.375	6.125	8.125
VALID	2.514	0.093	2	-12.25	7.8125	17.341
VALID	2.53	0.092	2	-13.625	6.125	15.262
VALID	2.537	0.122	3	-16.375	6.125	13.125
VALID	2.54	0.1	2	-15	6.125	14.75
VALID	2.584	0.16	3	-17.75	7.8125	11.813
VALID	2.589	0.087	2	-12.25	6.125	15.824
VALID	2.589	0.201	4	-17.75	9.5	11.5
VALID	2.681	0.083	2	-13.625	6.125	16.305
VALID	2.753	0.078	2	-12.25	6.125	16.893
VALID	2.769	0.17	3	-17.75	7.8125	10.813
VALID	2.93	0.125	3	-17.75	6.125	12.125
VALID	2.974	0.138	3	-17.75	6.125	11.125
VALID	3.175	0.143	3	-17.75	6.125	10.125
VALID	3.34	0.173	3	-17.75	7.8125	9.8125

VALID	3.56	0.144	3	-17.75	6.125	9.125
VALID	5.028	0.133	3	-17.75	6.125	8.125

Tab. 3.3 – Analisi statica - Sezione n.90

Le analisi in condizioni sismiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.269 .

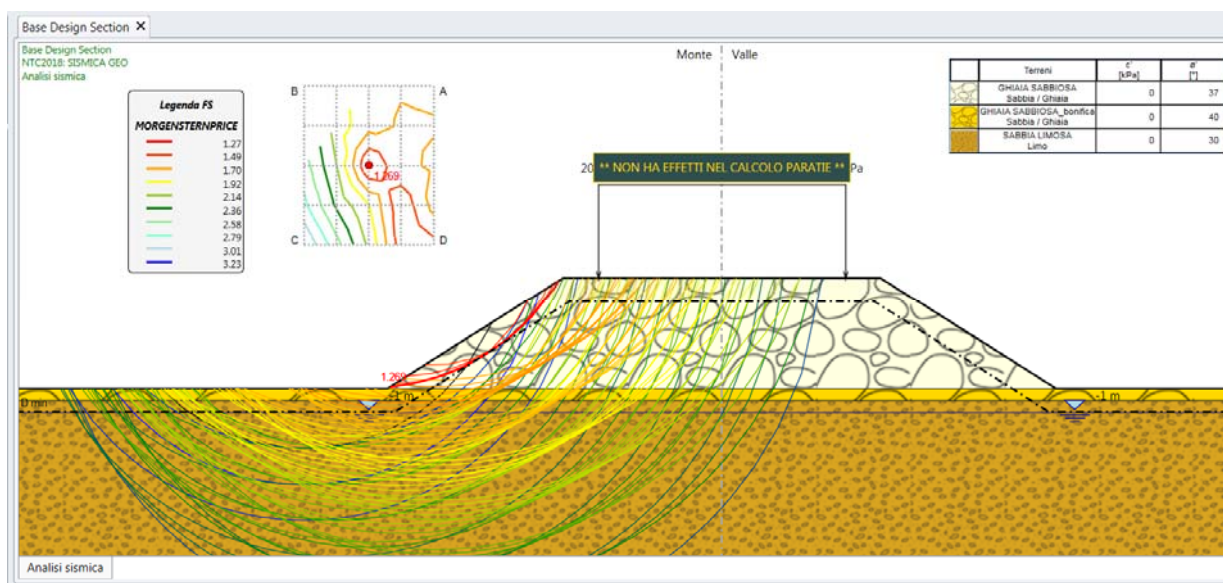


Fig. 3.5 – Traccia superfici analizzate e contour dei coefficienti F_s

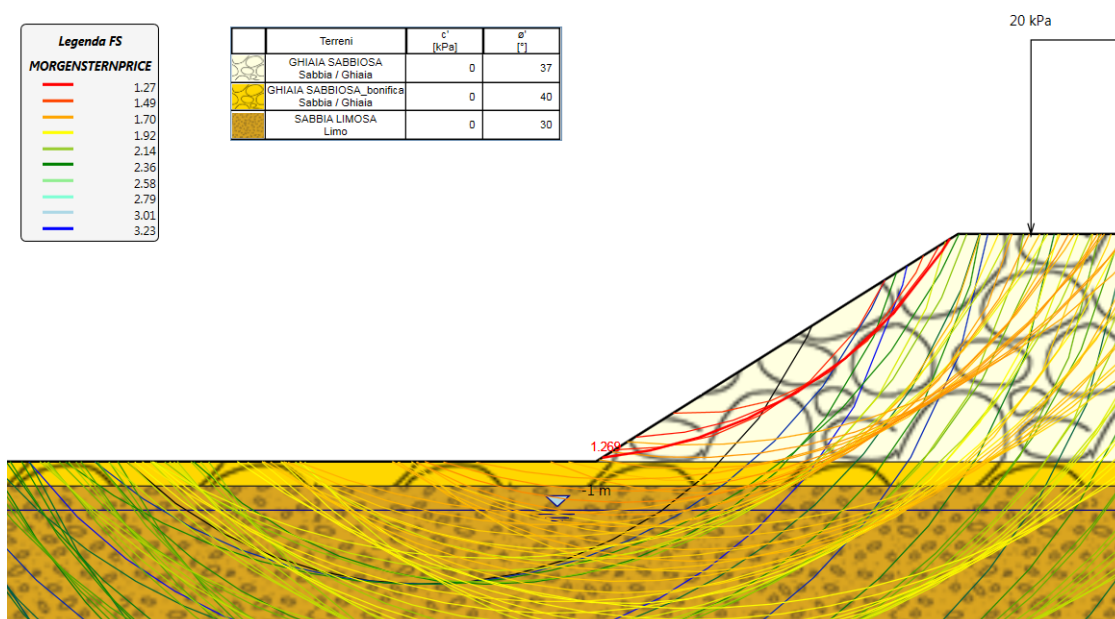


Fig.3.6 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con F_s minimo ($F_s \text{ min} = 1.269$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati di seguito (Tab.3.4):

Totale Superfici analizzate:100						
Classificazione	Fs	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.269	0.619	8	-15	9.4975	9.4594
VALID	1.315	0.6	7	-13.625	7.8113	7.2996
VALID	1.364	0.575	7	-13.625	6.125	5.8735
VALID	1.409	0.58	7	-12.25	6.125	5.1398
VALID	1.66	0.408	6	-13.625	9.4975	10.345
VALID	1.683	0.435	6	-13.625	11.184	11.785
VALID	1.693	0.468	6	-12.25	11.184	11.09
VALID	1.716	0.364	5	-13.625	7.8113	8.9055
VALID	1.72	0.444	6	-13.625	12.87	13.225
VALID	1.731	0.465	6	-12.25	6.125	6.7706
VALID	1.732	0.482	6	-12.25	9.4975	9.6503
VALID	1.737	0.452	6	-12.25	12.87	12.53
VALID	1.764	0.341	5	-15	12.87	13.92
VALID	1.772	0.338	5	-13.625	6.125	7.4657
VALID	1.783	0.322	5	-15	11.184	12.48
VALID	1.783	0.308	5	-12.25	7.8113	9.855
VALID	1.785	0.317	5	-12.25	9.4975	11.308
VALID	1.808	0.485	6	-12.25	7.8113	8.2105
VALID	1.82	0.326	5	-12.25	11.184	12.762
VALID	1.825	0.266	4	-13.625	11.184	13.418
VALID	1.826	0.26	4	-13.625	9.4975	11.965
VALID	1.844	0.295	4	-15	9.4975	11.04
VALID	1.849	0.273	4	-13.625	12.87	14.872
VALID	1.85	0.296	4	-12.25	6.125	8.4014
VALID	1.87	0.252	4	-13.625	7.8113	10.511
VALID	1.875	0.336	5	-12.25	12.87	14.216
VALID	1.923	0.276	4	-15	7.8113	9.6005
VALID	1.932	0.226	4	-15	11.184	14.075
VALID	1.961	0.221	4	-12.25	9.4975	12.967
VALID	1.965	0.224	4	-12.25	11.184	14.434
VALID	1.973	0.223	4	-15	9.4975	12.621
VALID	1.985	0.214	4	-12.25	7.8113	11.499
VALID	1.987	0.228	4	-12.25	12.87	15.901
VALID	1.987	0.235	4	-13.625	6.125	9.0578
VALID	2.01	0.196	3	-13.625	11.184	15.052
VALID	2.026	0.193	3	-13.625	9.4975	13.584
VALID	2.034	0.249	4	-16.375	11.184	13.175
VALID	2.066	0.206	4	-12.25	6.125	10.032
VALID	2.071	0.212	4	-15	7.8113	11.168
VALID	2.081	0.189	3	-13.625	7.8113	12.117
VALID	2.101	0.252	4	-15	6.125	8.1607
VALID	2.145	0.233	4	-16.375	9.4975	11.735

VALID	2.163	0.175	3	-15	9.4975	14.202
VALID	2.165	0.174	3	-12.25	11.184	16.106
VALID	2.168	0.176	3	-12.25	12.87	17.587
VALID	2.178	0.171	3	-12.25	9.4975	14.625
VALID	2.192	0.18	3	-13.625	6.125	10.65
VALID	2.215	0.194	3	-16.375	9.4975	13.278
VALID	2.216	0.165	3	-12.25	7.8113	13.144
VALID	2.247	0.155	3	-13.625	9.4975	15.204
VALID	2.251	0.171	3	-15	7.8113	12.735
VALID	2.272	0.191	3	-15	6.125	9.7143
VALID	2.304	0.157	3	-12.25	6.125	11.663
VALID	2.309	0.151	3	-13.625	7.8113	13.723
VALID	2.324	0.221	4	-16.375	7.8113	10.296
VALID	2.398	0.182	3	-16.375	7.8113	11.824
VALID	2.413	0.141	3	-12.25	9.4975	16.283
VALID	2.425	0.162	3	-15	6.125	11.268
VALID	2.427	0.144	3	-13.625	6.125	12.242
VALID	2.464	0.142	3	-15	7.8113	14.302
VALID	2.469	0.137	3	-12.25	7.8113	14.788
VALID	2.507	0.158	3	-16.375	7.8113	13.353
VALID	2.551	0.127	3	-13.625	7.8113	15.329
VALID	2.569	0.128	3	-12.25	6.125	13.294
VALID	2.63	0.136	3	-15	6.125	12.821
VALID	2.65	0.171	3	-16.375	6.125	10.178
VALID	2.67	0.12	3	-13.625	6.125	13.834
VALID	2.674	0.205	4	-17.75	9.4975	12.024
VALID	2.691	0.198	3	-16.375	6.125	8.6513
VALID	2.717	0.116	3	-12.25	7.8113	16.433
VALID	2.759	0.149	3	-16.375	6.125	11.704
VALID	2.819	0.107	3	-12.25	6.125	14.925
VALID	2.833	0.114	3	-15	6.125	14.375
VALID	2.847	0.169	3	-17.75	7.8113	11.864
VALID	2.887	0.131	3	-16.375	6.125	13.23
VALID	2.914	0.102	3	-13.625	6.125	15.427
VALID	3.087	0.094	2	-12.25	6.125	16.555
VALID	3.193	0.181	3	-17.75	7.8113	10.338
VALID	3.23	0.141	3	-17.75	6.125	11.704
VALID	3.399	0.152	3	-17.75	6.125	10.178
VALID	4.15	0.152	3	-17.75	6.125	8.6513

Tab.3.4 – Analisi sismica - Sezione n.90

Le analisi condotte mostrano che in tali condizioni la verifica di stabilità del pendio è soddisfatta con un adeguato margine di sicurezza.

SCHEDA 4_CASO 4 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=7.00, B=13.22) (sezione di riferimento 151)

CASO 4 – SEZIONE TIPO C1 CORRENTE

La sezione 151 è rappresentativa di un rilevato alto circa 7.00 m e largo alla base circa 34.00 m, realizzato con ghiaia sabbiosa. Al di sotto dello strato di bonifica, il terreno di imposta risulta costituito da litoti grossolani (sabbie e ghiaie). I dati del modello geometrico e della stratigrafia (Tabb.4.1 e 4.2) assunti nel calcolo sono i seguenti:

Linea di scavo [m]		Falda acquifera [m]	
sinistra	destra	sinistra	destra
(-30.00;0.00)	(0.00;7.00)	-1.00	-1.00
(-17.00;0.00)	(6.75;7.00)		
(-6.75;7.00)	(17.00;0.00)		
(0.00;7.00)	(30.00;0.00)		

Tab.4.1 - Dati di input del modello geometrico

Parametro	Valore	Valore	Valore
Name	GHIAIA SABBIOSA	GHIAIA SABBIOSA_bonifica	SABBIA LIMOSA
InitialStressK0nc	0.398	0.357	0.427
InitialStressNocr	0.5	0.5	0.5
UnitWeightGammaDry	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
UnitWeightGammaSat	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
ResistanceMohrCoulombC	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ResistanceMohrCoulombFi	37 °	40 °	35 °
WallAdhesion	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ElasticConstantEvc	200000 kPa	250000 kPa	200000 kPa
ElasticConstantEur	320000 kPa	400000 kPa	320000 kPa

Tab.4.2 - Dati di input della stratigrafia (parametri geotecnici)

In Fig.4.1 è riportata la rappresentazione grafica del modello geometrico e della stratigrafia assunti alla base del calcolo.

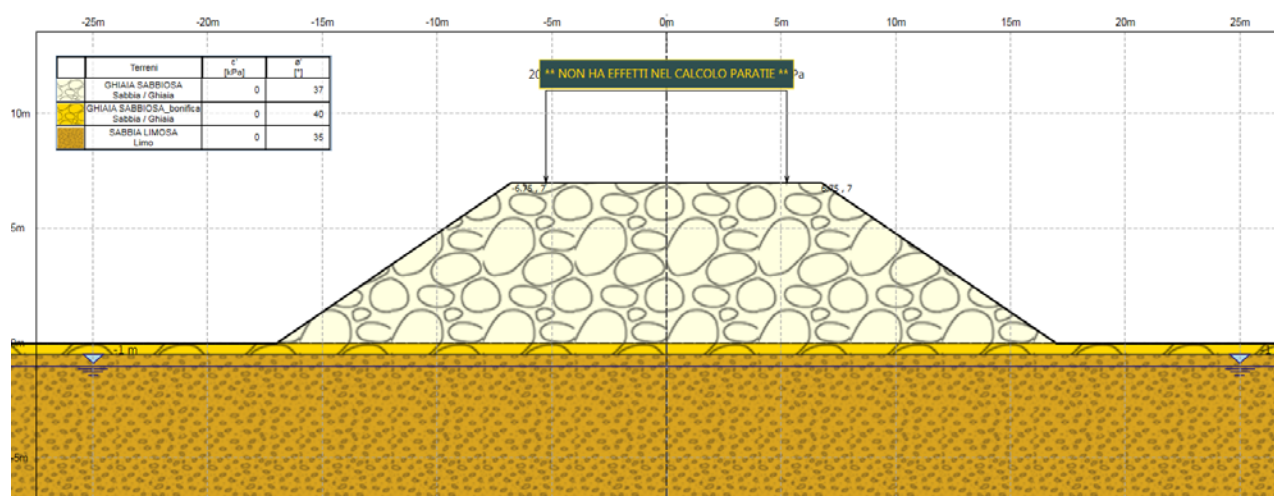


Fig.4.1 – Modello geometrico di calcolo

In Fig.4.2 sono riportati i parametri geotecnici inseriti nel software.

	Terreni	VDRY [kN/m ³]	YSAT [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	Moduli Elastici [kPa] or [kN/m ²]
	GHIAIA SABBIOSA Sabbia / Ghiaia	19	19	0	37	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000
	GHIAIA SABBIOSA_bonifica Sabbia / Ghiaia	19	19	0	40	E _{vc} = 250000 E _{ur} = 400000
	SABBIA LIMOSA Limo	19	19	0	35	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000

Fig.4.2 – Parametri geotecnici di calcolo

Le analisi sono state eseguite considerando sia le condizioni statiche sia le condizioni sismiche. Il programma HARPACEAS PARATIE Plus 2018 prevede la stampa del listato dei dati di input, ma non la stampa dei grafici che evidenziano le superfici di scorrimento ed i rispettivi coefficienti di sicurezza. Pertanto, si sono estratte dal software immagini rappresentative con la traccia di tutte le superfici analizzate con il contour dei coefficienti di sicurezza sovrapposto alla griglia dei centri (Figg.4.3 e 4.4).

Le analisi in condizioni statiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.135 .

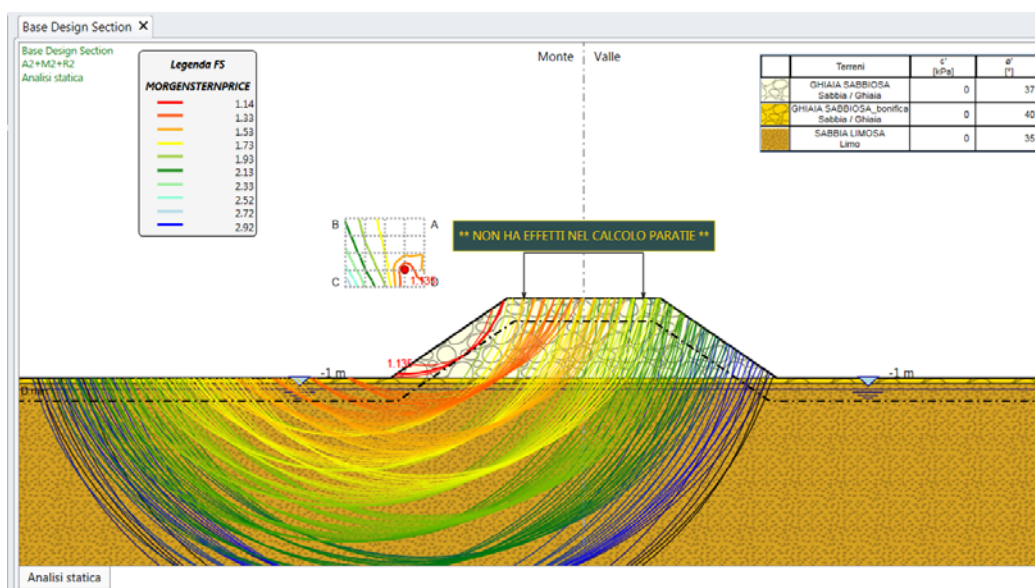


Fig. 4.3 – Traccia superfici critiche analizzate e contour dei coefficienti Fs

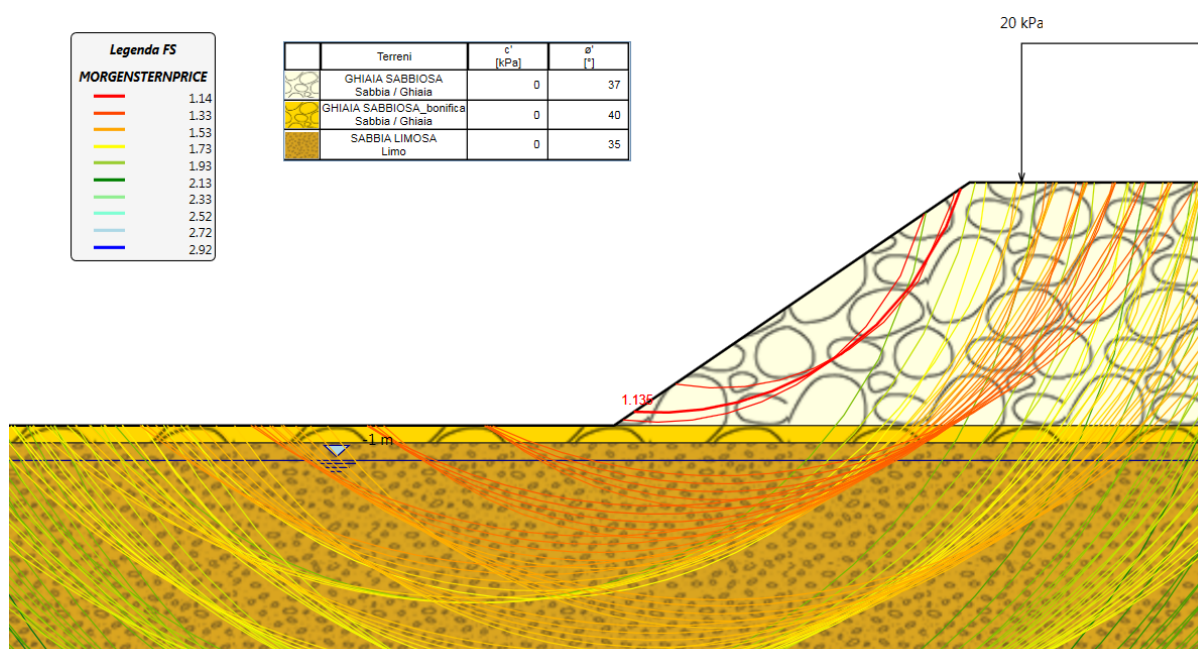


Fig. 4.4 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con F_s minimo ($F_s \text{ min} = 1.135$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati di seguito (Tab.4.3):

Totale Superfici analizzate:172						
Classificazione	F_s	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.135	0.583	7	-15.75	9.5	9.1402
VALID	1.182	0.568	7	-15.75	8	7.9015
VALID	1.242	0.565	7	-14	8	6.9145
VALID	1.554	0.362	5	-14	11	12.904
VALID	1.558	0.366	5	-14	12.5	14.172
VALID	1.565	0.308	5	-15.75	14	16.317
VALID	1.567	0.302	5	-15.75	12.5	15.049
VALID	1.568	0.355	5	-14	9.5	11.636
VALID	1.575	0.37	5	-14	14	15.439
VALID	1.584	0.296	4	-15.75	11	13.781
VALID	1.62	0.344	5	-14	8	10.368
VALID	1.625	0.287	4	-15.75	9.5	12.513
VALID	1.658	0.257	4	-17.5	14	17.194
VALID	1.684	0.254	4	-17.5	12.5	15.926
VALID	1.707	0.27	4	-15.75	8	11.246
VALID	1.733	0.248	4	-17.5	11	14.658
VALID	1.814	0.237	4	-17.5	9.5	13.391
VALID	1.838	0.224	4	-19.25	14	18.071
VALID	1.899	0.22	4	-19.25	12.5	16.803
VALID	1.922	0.205	4	-14	14	19.009

VALID	1.924	0.202	4	-14	12.5	17.713
VALID	1.937	0.199	3	-14	11	16.416
VALID	1.945	0.218	4	-17.5	8	12.123
VALID	1.961	0.183	3	-15.75	14	19.777
VALID	1.964	0.194	3	-14	9.5	15.119
VALID	1.973	0.181	3	-15.75	12.5	18.48
VALID	1.994	0.214	4	-19.25	11	15.536
VALID	2	0.178	3	-15.75	11	17.184
VALID	2.022	0.188	3	-14	8	13.822
VALID	2.042	0.174	3	-15.75	9.5	15.887
VALID	2.055	0.167	3	-17.5	14	20.545
VALID	2.083	0.166	3	-17.5	12.5	19.248
VALID	2.111	0.199	3	-21	14	18.948
VALID	2.12	0.167	3	-15.75	8	14.59
VALID	2.127	0.164	3	-17.5	11	17.951
VALID	2.137	0.197	3	-19.25	9.5	14.268
VALID	2.196	0.16	3	-17.5	9.5	16.654
VALID	2.204	0.156	3	-19.25	14	21.312
VALID	2.218	0.195	3	-21	12.5	17.611
VALID	2.253	0.155	3	-19.25	12.5	20.016
VALID	2.299	0.154	3	-17.5	8	15.358
VALID	2.313	0.188	3	-19.25	8	13
VALID	2.322	0.153	3	-19.25	11	18.719
VALID	2.372	0.131	3	-14	12.5	21.254
VALID	2.375	0.187	3	-21	11	16.111
VALID	2.376	0.134	3	-14	11	19.928
VALID	2.381	0.129	3	-14	14	22.58
VALID	2.402	0.125	3	-15.75	14	23.238
VALID	2.406	0.128	3	-15.75	12.5	21.912
VALID	2.41	0.132	3	-14	9.5	18.602
VALID	2.412	0.148	3	-21	14	22.08
VALID	2.428	0.15	3	-19.25	9.5	17.422
VALID	2.433	0.127	3	-15.75	11	20.586
VALID	2.47	0.125	3	-14	8	17.276
VALID	2.47	0.124	3	-17.5	14	23.895
VALID	2.48	0.148	3	-21	12.5	20.722
VALID	2.485	0.123	3	-15.75	9.5	19.26
VALID	2.498	0.123	3	-17.5	12.5	22.57
VALID	2.545	0.121	3	-17.5	11	21.244
VALID	2.566	0.118	3	-15.75	8	17.934
VALID	2.568	0.148	3	-21	11	19.222
VALID	2.578	0.182	3	-21	9.5	14.611
VALID	2.583	0.145	3	-19.25	8	16.125
VALID	2.594	0.119	3	-19.25	14	24.553
VALID	2.608	0.118	3	-17.5	9.5	19.918
VALID	2.64	0.118	3	-19.25	12.5	23.228

VALID	2.697	0.112	3	-17.5	8	18.592
VALID	2.701	0.116	3	-19.25	11	21.902
VALID	2.712	0.147	3	-21	9.5	17.722
VALID	2.764	0.116	3	-21	14	25.211
VALID	2.788	0.113	3	-19.25	9.5	20.576
VALID	2.82	0.115	3	-21	12.5	23.833
VALID	2.886	0.115	3	-21	11	22.333
VALID	2.919	0.109	3	-19.25	8	19.25
VALID	2.922	0.167	3	-21	8	13.111
VALID	2.931	0.088	2	-14	9.5	22.085
VALID	2.935	0.086	2	-14	11	23.44
VALID	2.938	0.088	2	-15.75	11	23.988
VALID	2.944	0.086	2	-15.75	12.5	25.343
VALID	2.949	0.14	3	-21	8	16.222
VALID	2.962	0.089	2	-15.75	9.5	22.633
VALID	2.963	0.083	2	-14	12.5	24.795
VALID	2.966	0.087	2	-14	8	20.73
VALID	2.97	0.083	2	-15.75	14	26.698
VALID	2.981	0.088	2	-17.5	12.5	25.891
VALID	2.986	0.086	2	-17.5	14	27.246
VALID	2.993	0.114	3	-21	9.5	20.833
VALID	2.999	0.09	2	-17.5	11	24.537
VALID	3.006	0.079	2	-14	14	26.15
VALID	3.01	0.088	2	-15.75	8	21.279
VALID	3.037	0.09	2	-17.5	9.5	23.182
VALID	3.051	0.089	2	-19.25	14	27.795
VALID	3.069	0.09	2	-19.25	12.5	26.44
VALID	3.105	0.092	2	-19.25	11	25.085
VALID	3.124	0.088	2	-17.5	8	21.827
VALID	3.163	0.112	3	-21	8	19.333
VALID	3.165	0.09	2	-21	14	28.343
VALID	3.18	0.09	2	-19.25	9.5	23.73
VALID	3.194	0.093	2	-21	12.5	26.944
VALID	3.254	0.093	2	-21	11	25.444
VALID	3.289	0.086	2	-19.25	8	22.375
VALID	3.341	0.091	2	-21	9.5	23.944
VALID	3.462	0.088	2	-21	8	22.444
VALID	3.566	0.061	2	-15.75	8	24.623
VALID	3.568	0.059	2	-15.75	9.5	26.007
VALID	3.574	0.064	2	-17.5	9.5	26.445
VALID	3.579	0.062	2	-17.5	11	27.829
VALID	3.597	0.056	2	-14	8	24.184
VALID	3.604	0.056	2	-15.75	11	27.391
VALID	3.606	0.065	2	-17.5	8	25.062
VALID	3.613	0.059	2	-17.5	12.5	29.213
VALID	3.614	0.067	2	-19.25	11	28.268

VALID	3.619	0.064	2	-19.25	12.5	29.652
VALID	3.631	0.054	2	-14	9.5	25.568
VALID	3.639	0.068	2	-19.25	9.5	26.884
VALID	3.664	0.053	2	-15.75	12.5	28.774
VALID	3.668	0.055	2	-17.5	14	30.597
VALID	3.68	0.072	2	-21	11	28.556
VALID	3.695	0.051	2	-14	11	26.952

Tab. 4.3 – Analisi statica – n.151

Le analisi in condizioni sismiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.347 .

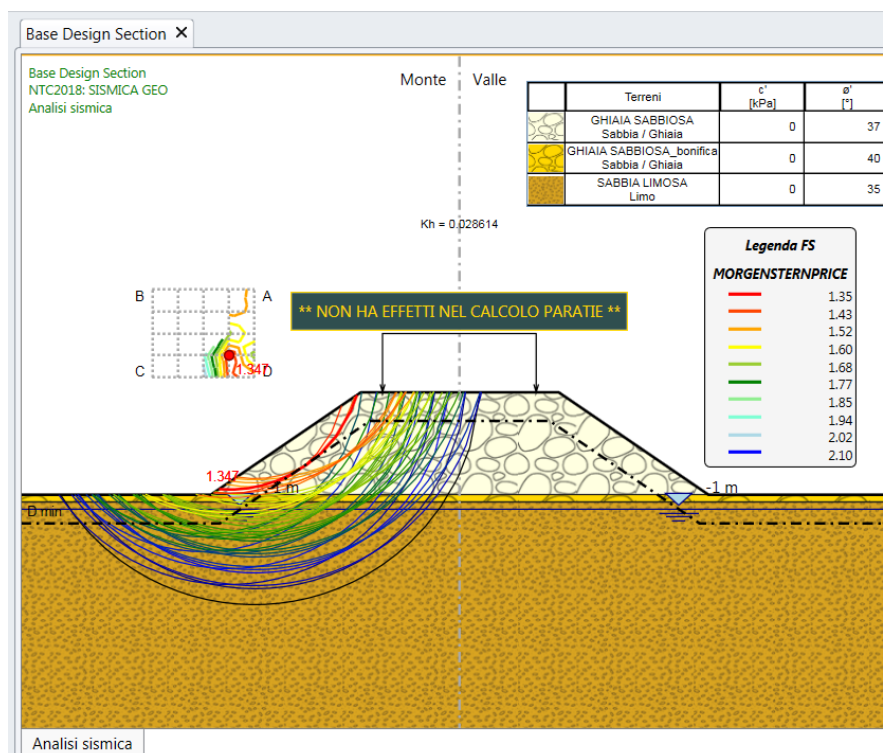


Fig.4.5 – Traccia superfici analizzate e contour dei coefficienti Fs

In condizioni sismiche, il fattore di sicurezza minimo ottenuto è pari a 1.347 (Fig.4.5).

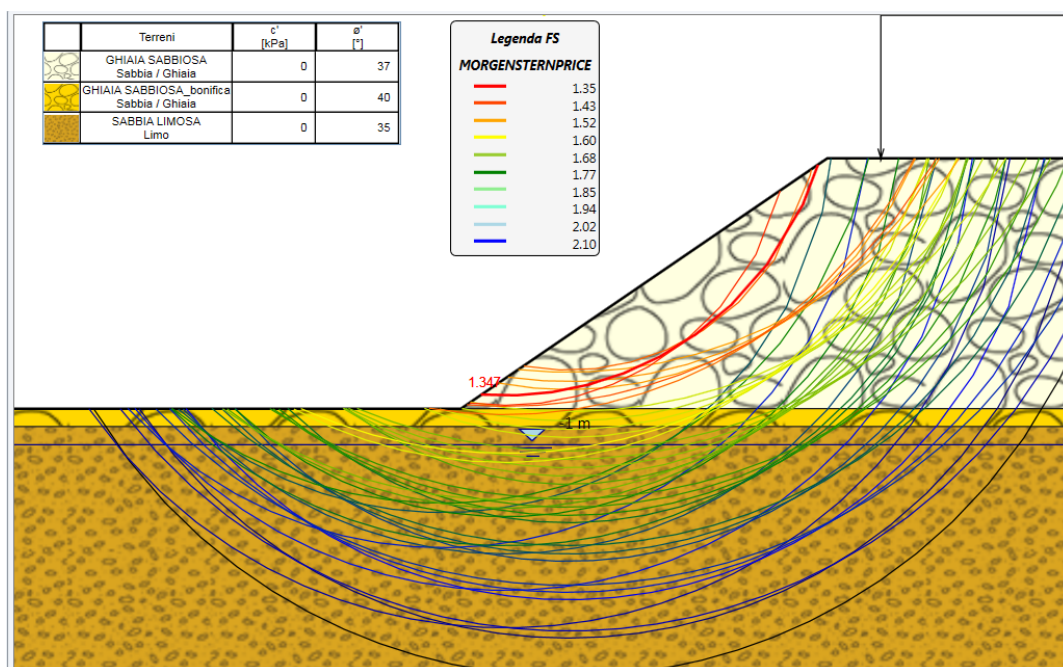


Fig.4.6 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con F_s minimo ($F_s \text{ min} = 1.347$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati qui di seguito (Tab.4.4):

Totale Superfici analizzate:64						
Classificazione	F_s	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.347	0.618	8	-15.75	9.5	9.1402
VALID	1.404	0.602	8	-15.75	8	7.9015
VALID	1.448	0.557	7	-15.75	14	13.93
VALID	1.475	0.597	7	-14	8	6.9145
VALID	1.485	0.552	7	-15.75	12.5	12.682
VALID	1.532	0.534	7	-14	12.5	11.73
VALID	1.538	0.54	7	-14	11	10.482
VALID	1.546	0.519	7	-14	14	12.977
VALID	1.675	0.43	6	-15.75	12.5	13.747
VALID	1.7	0.413	6	-15.75	11	12.491
VALID	1.72	0.505	7	-14	9.5	10.315
VALID	1.724	0.501	7	-14	11	11.572
VALID	1.729	0.479	6	-14	14	14.085
VALID	1.752	0.485	6	-14	12.5	12.829
VALID	1.812	0.41	6	-14	11	12.662
VALID	1.816	0.419	6	-14	12.5	13.927
VALID	1.831	0.399	5	-14	9.5	11.396
VALID	1.834	0.425	6	-14	14	15.193
VALID	1.839	0.33	5	-15.75	11	13.547
VALID	1.891	0.317	5	-15.75	9.5	12.281

VALID	1.891	0.383	5	-14	8	10.13
VALID	1.928	0.337	5	-14	12.5	15.026
VALID	1.932	0.329	5	-14	11	13.752
VALID	1.959	0.32	5	-14	9.5	12.477
VALID	1.968	0.292	4	-17.5	9.5	12.153
VALID	1.989	0.296	4	-15.75	8	11.015
VALID	2.031	0.265	4	-15.75	9.5	13.328
VALID	2.031	0.309	5	-14	8	11.202
VALID	2.066	0.273	4	-14	11	14.842
VALID	2.103	0.266	4	-14	9.5	13.558
VALID	2.104	0.276	4	-17.5	8	10.896
VALID	2.135	0.254	4	-15.75	8	12.053
VALID	2.164	0.254	4	-14	8	12.274
VALID	2.206	0.233	4	-14	11	15.932
VALID	2.241	0.236	4	-17.5	8	11.9
VALID	2.243	0.226	4	-14	9.5	14.639
VALID	2.269	0.217	4	-15.75	8	13.091
VALID	2.324	0.218	4	-14	8	13.346
VALID	2.396	0.198	3	-14	9.5	15.72
VALID	2.421	0.19	3	-15.75	8	14.129
VALID	2.467	0.188	3	-14	8	14.418
VALID	2.624	0.166	3	-14	8	15.49

Tab.4.4 – Analisi sismica - Sezione 151

Le analisi condotte mostrano che in tali condizioni la verifica di stabilità del pendio è soddisfatta con un adeguato margine di sicurezza.

SCHEDA 5_CASO 5 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=6.00, B=31.60) (sezione di riferimento 201)

CASO 5 – SEZIONE TIPO C1 CORRENTE

La sezione 201 è rappresentativa di un rilevato alto circa 6.00 m e largo alla base circa 31.60 m, realizzato con ghiaia sabbiosa. Al di sotto dello strato di bonifica, il terreno di imposta risulta costituito da litoti grossolani (sabbie e ghiaie). I dati del modello geometrico e della stratigrafia (Tabb.6.1 e 6.2) assunti nel calcolo sono i seguenti:

Linea di scavo [m]		Falda acquifera [m]	
sinistra	destra	sinistra	destra
(-30.00;0.00)	(0.00;6.00)	-1.00	-1.00
(-15.80;0.00)	(6.75;6.00)		
(-6.75;6.00)	(15.80;0.00)		
(0.00;6.00)	(30.00;0.00)		

Tab.6.1 - Dati input modello geometrico

Parametro	Valore	Valore	Valore
Name	GHIAIA SABBIOSA	GHIAIA SABBIOSA_bonifica	SABBIA LIMOSA
InitialStressK0nc	0.398	0.357	0.427
InitialStressNocr	0.5	0.5	0.5
UnitWeightGammaDry	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
UnitWeightGammaSat	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
ResistanceMohrCoulombC	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ResistanceMohrCoulombFi	37 °	40 °	35 °
WallAdhesion	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ElasticConstantEvc	200000 kPa	250000 kPa	200000 kPa
ElasticConstantEur	320000 kPa	400000 kPa	320000 kPa

Tab.6.2 - Dati input stratigrafia (parametri geotecnici)

In Fig.6.1 è riportata la rappresentazione grafica del modello geometrico e della stratigrafia assunti alla base del calcolo.

In Fig.6.2 sono riportati i parametri geotecnici inseriti nel software.

Le analisi sono state eseguite considerando sia le condizioni statiche sia le condizioni sismiche. Il programma HARPACEAS PARATIE Plus 2018 prevede la stampa del listato dei dati di input, ma non la stampa dei grafici che evidenziano le superfici di scorrimento ed i rispettivi coefficienti di sicurezza. Pertanto, si sono estratte dal software immagini rappresentative con la traccia di tutte le superfici analizzate con il contour dei coefficienti di sicurezza sovrapposto alla griglia dei centri (Fig.6.3).

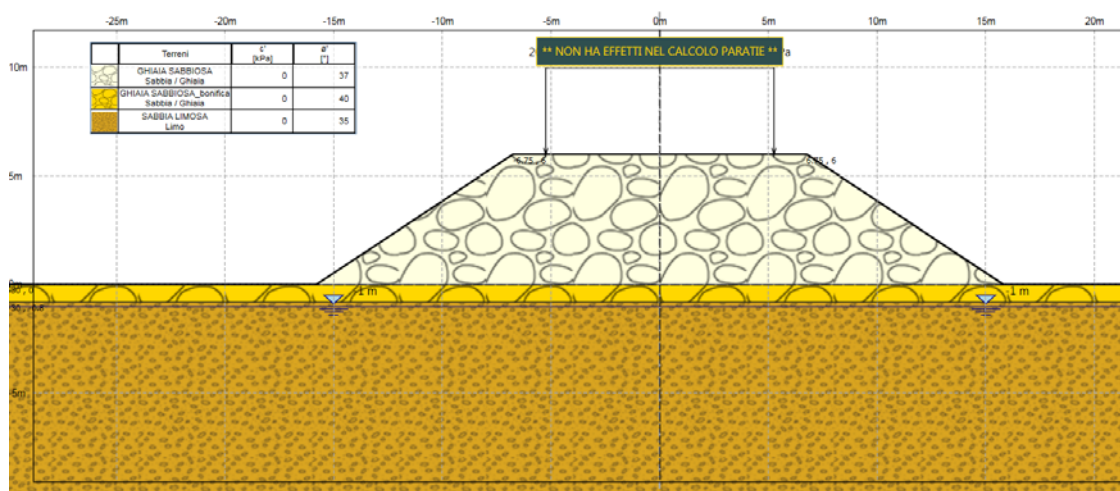


Fig.6.1 – Modello geometrico di calcolo

Terreni	VDRY [kN/m ³]	YSAT [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	Moduli Elastici [kPa] or [kN/m ²]
GHIAIA SABBIOSA Sabbia / Ghiaia	19	19	0	37	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000
GHIAIA SABBIOSA_bonifica Sabbia / Ghiaia	19	19	0	40	E _{vc} = 250000 E _{ur} = 400000
SABBIA LIMOSA Limo	19	19	0	35	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000

Fig.6.2 – Parametri geotecnici di calcolo

Le analisi in condizioni statiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.113 .

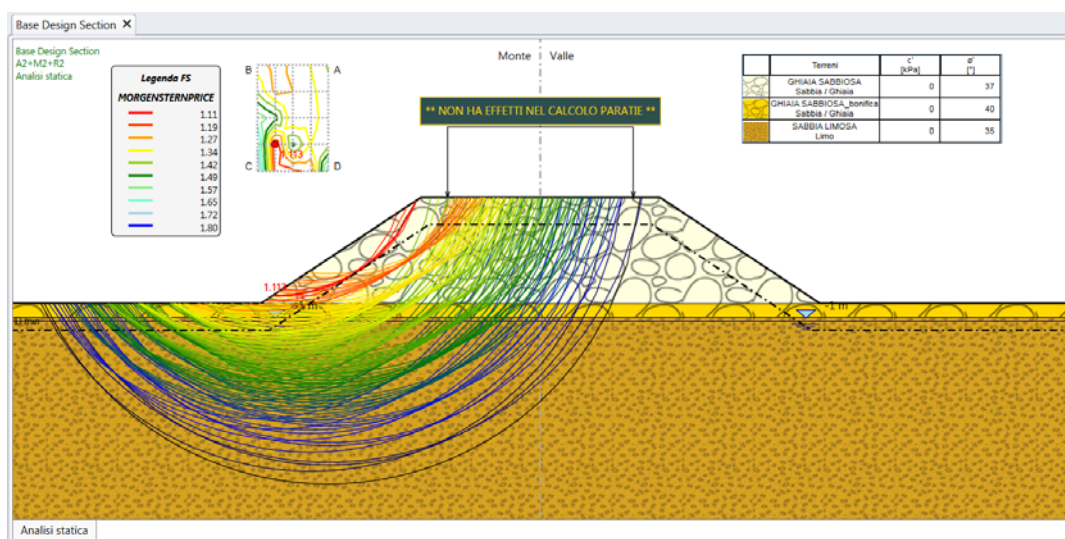


Fig.6.3 – Traccia superfici critiche analizzate e contour dei coefficienti Fs

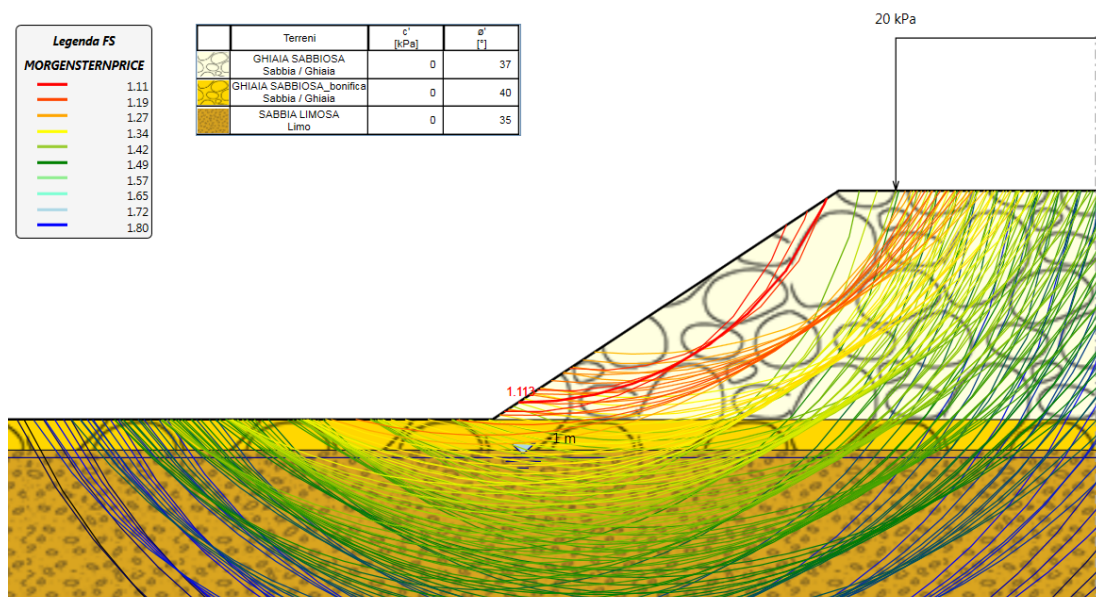


Fig.6.4 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con F_s minimo ($F_s \text{ min} = 1.113$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati di seguito (Tab.6.3):

Totale Superfici analizzate:170						
Classificazione	F_s	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.113	0.592	7	-15	9	8.5591
VALID	1.148	0.569	7	-15	7.5	7.3089
VALID	1.177	0.575	7	-14	7.5	6.7564
VALID	1.201	0.556	7	-13	7.5	6.2038
VALID	1.232	0.501	7	-15	13.5	13.385
VALID	1.249	0.506	7	-15	12	12.126
VALID	1.265	0.5	6	-14	12	11.593
VALID	1.266	0.507	7	-14	10.5	10.334
VALID	1.282	0.481	6	-14	13.5	12.852
VALID	1.308	0.453	6	-16	13.5	13.919
VALID	1.312	0.486	6	-13	10.5	9.8006
VALID	1.318	0.474	6	-13	12	11.059
VALID	1.34	0.486	6	-13	9	8.5418
VALID	1.345	0.453	6	-13	13.5	12.318
VALID	1.375	0.462	6	-12	10.5	9.2671
VALID	1.39	0.469	6	-12	9	8.0083
VALID	1.391	0.447	6	-12	12	10.526
VALID	1.401	0.418	6	-16	12	12.66
VALID	1.426	0.426	6	-12	13.5	11.787
VALID	1.479	0.42	6	-13	13.5	13.432
VALID	1.483	0.429	6	-14	13.5	13.946
VALID	1.491	0.428	6	-14	10.5	11.411
VALID	1.506	0.387	5	-15	13.5	14.461

VALID	1.506	0.429	6	-14	12	12.679
VALID	1.506	0.432	6	-13	12	12.164
VALID	1.508	0.378	5	-15	12	13.193
VALID	1.511	0.411	6	-14	9	10.144
VALID	1.524	0.364	5	-15	10.5	11.926
VALID	1.524	0.444	6	-13	10.5	10.897
VALID	1.529	0.421	6	-12	10.5	10.383
VALID	1.542	0.408	6	-12	12	11.65
VALID	1.565	0.453	6	-13	9	9.6296
VALID	1.57	0.396	5	-12	13.5	12.92
VALID	1.574	0.343	5	-15	9	10.658
VALID	1.578	0.323	5	-16	12	13.708
VALID	1.592	0.434	6	-12	9	9.1151
VALID	1.607	0.323	5	-14	10.5	12.489
VALID	1.611	0.33	5	-14	12	13.765
VALID	1.612	0.445	6	-13	7.5	8.3621
VALID	1.616	0.366	5	-13	10.5	11.993
VALID	1.618	0.36	5	-13	9	10.717
VALID	1.62	0.309	5	-16	10.5	12.44
VALID	1.626	0.315	5	-14	9	11.213
VALID	1.628	0.335	5	-14	13.5	15.041
VALID	1.635	0.368	5	-13	12	13.269
VALID	1.638	0.29	4	-15	12	14.26
VALID	1.653	0.285	4	-15	10.5	12.984
VALID	1.656	0.32	5	-15	7.5	9.3911
VALID	1.659	0.351	5	-13	7.5	9.4413
VALID	1.668	0.372	5	-13	13.5	14.545
VALID	1.685	0.3	4	-14	7.5	9.9367
VALID	1.686	0.389	5	-12	9	10.222
VALID	1.696	0.276	4	-15	9	11.708
VALID	1.703	0.443	6	-12	7.5	7.8477
VALID	1.705	0.283	4	-16	9	11.173
VALID	1.708	0.388	5	-12	10.5	11.498
VALID	1.709	0.386	5	-12	7.5	8.9459
VALID	1.725	0.286	4	-13	10.5	13.09
VALID	1.733	0.261	4	-14	12	14.851
VALID	1.734	0.29	4	-13	12	14.374
VALID	1.736	0.281	4	-13	9	11.805
VALID	1.737	0.257	4	-14	10.5	13.566
VALID	1.745	0.254	4	-16	10.5	13.48
VALID	1.755	0.293	4	-13	13.5	15.659
VALID	1.761	0.251	4	-14	9	12.282
VALID	1.761	0.312	5	-12	9	11.329
VALID	1.762	0.316	5	-12	10.5	12.613
VALID	1.778	0.272	4	-13	7.5	10.52
VALID	1.781	0.318	5	-12	12	13.898

VALID	1.785	0.26	4	-15	7.5	10.432
VALID	1.789	0.233	4	-15	10.5	14.043
VALID	1.79	0.303	5	-12	7.5	10.044
VALID	1.795	0.379	5	-12	12	12.774
VALID	1.797	0.269	4	-16	7.5	9.9055
VALID	1.798	0.369	5	-12	13.5	14.052
VALID	1.812	0.32	5	-12	13.5	15.185
VALID	1.818	0.246	4	-16	9	12.204
VALID	1.827	0.245	4	-14	7.5	10.997
VALID	1.831	0.228	4	-15	9	12.758
VALID	1.853	0.232	4	-13	10.5	14.186
VALID	1.855	0.235	4	-13	12	15.479
VALID	1.867	0.215	4	-14	12	15.937
VALID	1.868	0.238	4	-13	13.5	16.773
VALID	1.868	0.255	4	-12	10.5	13.729
VALID	1.871	0.228	4	-13	9	12.893
VALID	1.876	0.251	4	-12	9	12.436
VALID	1.877	0.213	4	-14	10.5	14.644
VALID	1.877	0.258	4	-12	12	15.022
VALID	1.896	0.26	4	-12	13.5	16.317
VALID	1.907	0.209	4	-14	9	13.35
VALID	1.912	0.244	4	-12	7.5	11.142
VALID	1.916	0.22	4	-13	7.5	11.6
VALID	1.919	0.22	4	-15	7.5	11.473
VALID	1.942	0.209	4	-16	9	13.234
VALID	1.947	0.222	4	-16	7.5	10.928
VALID	1.965	0.202	4	-14	7.5	12.057
VALID	1.979	0.194	3	-15	9	13.808
VALID	1.987	0.198	3	-13	12	16.584
VALID	1.993	0.195	3	-13	10.5	15.283
VALID	1.995	0.214	4	-12	12	16.146
VALID	1.995	0.212	4	-12	10.5	14.844
VALID	2.006	0.216	4	-12	13.5	17.45
VALID	2.01	0.208	4	-12	9	13.542
VALID	2.013	0.191	3	-13	9	13.981
VALID	2.021	0.181	3	-14	10.5	15.721
VALID	2.05	0.201	4	-12	7.5	12.241
VALID	2.053	0.178	3	-14	9	14.419
VALID	2.054	0.186	3	-15	7.5	12.514
VALID	2.059	0.201	4	-16	7.5	11.95

Tab.6.3 – Analisi statica - Sezione 201

Le analisi in condizioni sismiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.318 .

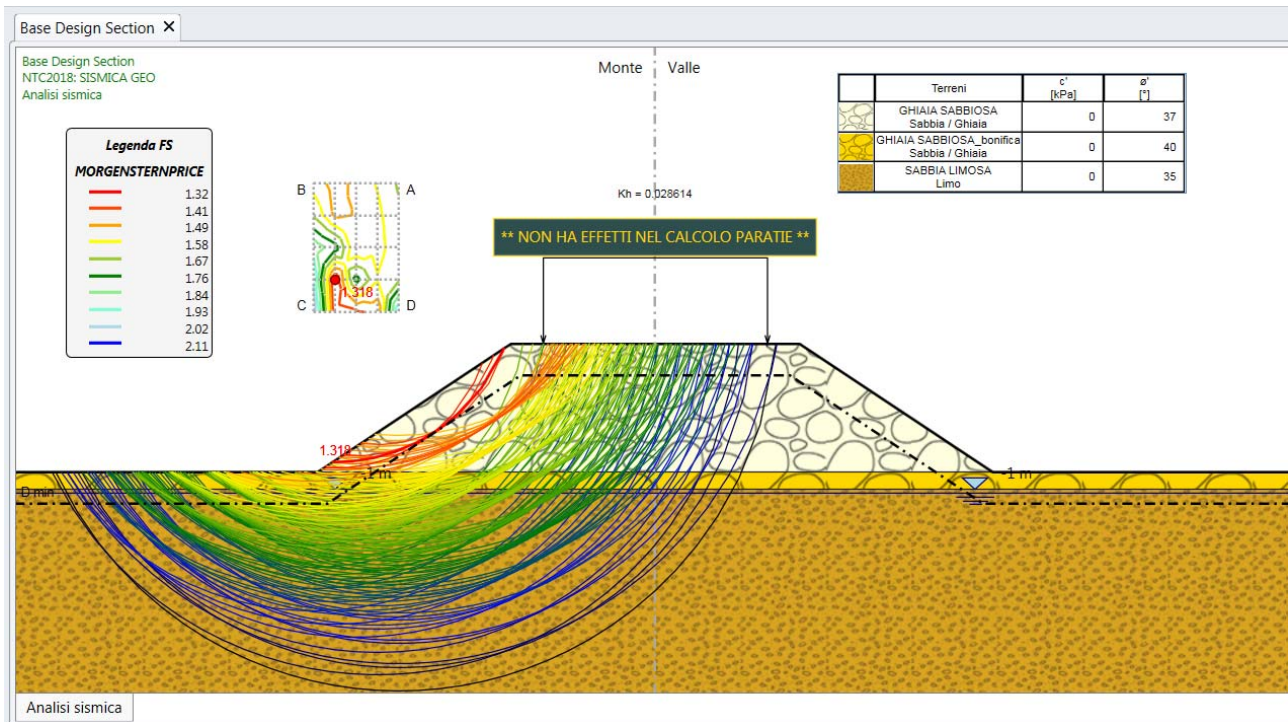


Fig.6.5 – Traccia superfici analizzate e contour dei coefficienti Fs

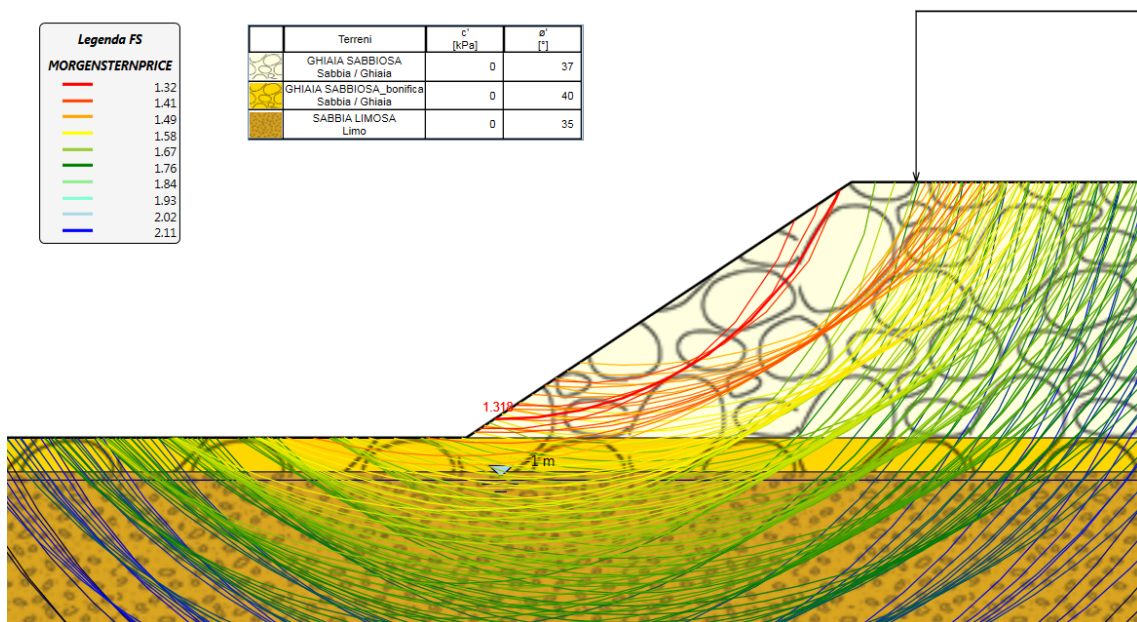


Fig.6.6- Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con Fs minimo (Fs min =1.318)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati qui di seguito (Tab.6.4):

Totale Superfici analizzate:170						
Classificazione	Fs	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.318	0.626	8	-15	9	8.5591
VALID	1.36	0.602	8	-15	7.5	7.3089
VALID	1.394	0.607	8	-14	7.5	6.7564
VALID	1.424	0.589	7	-13	7.5	6.2038
VALID	1.457	0.543	7	-15	13.5	13.385
VALID	1.479	0.543	7	-15	12	12.126
VALID	1.497	0.54	7	-14	12	11.593
VALID	1.5	0.546	7	-14	10.5	10.334
VALID	1.516	0.522	7	-14	13.5	12.852
VALID	1.547	0.48	6	-16	13.5	13.919
VALID	1.554	0.524	7	-13	10.5	9.8006
VALID	1.56	0.513	7	-13	12	11.059
VALID	1.588	0.524	7	-13	9	8.5418
VALID	1.589	0.496	6	-13	13.5	12.318
VALID	1.628	0.499	6	-12	10.5	9.2671
VALID	1.645	0.487	6	-12	12	10.526
VALID	1.647	0.504	7	-12	9	8.0083
VALID	1.655	0.44	6	-16	12	12.66
VALID	1.683	0.469	6	-12	13.5	11.787
VALID	1.746	0.462	6	-13	13.5	13.432
VALID	1.754	0.465	6	-14	13.5	13.946
VALID	1.767	0.456	6	-14	10.5	11.411
VALID	1.777	0.414	6	-15	13.5	14.461
VALID	1.78	0.401	6	-15	12	13.193
VALID	1.783	0.469	6	-13	12	12.164
VALID	1.785	0.461	6	-14	12	12.679
VALID	1.791	0.436	6	-14	9	10.144
VALID	1.8	0.384	5	-15	10.5	11.926
VALID	1.808	0.478	6	-13	10.5	10.897
VALID	1.811	0.458	6	-12	10.5	10.383
VALID	1.822	0.448	6	-12	12	11.65
VALID	1.851	0.438	6	-12	13.5	12.92
VALID	1.855	0.34	5	-16	12	13.708
VALID	1.858	0.361	5	-15	9	10.658
VALID	1.861	0.485	6	-13	9	9.6296
VALID	1.892	0.467	6	-12	9	9.1151
VALID	1.897	0.346	5	-14	10.5	12.489
VALID	1.898	0.356	5	-14	12	13.765
VALID	1.903	0.324	5	-16	10.5	12.44
VALID	1.911	0.396	5	-13	10.5	11.993
VALID	1.915	0.364	5	-14	13.5	15.041
VALID	1.917	0.476	6	-13	7.5	8.3621
VALID	1.917	0.386	5	-13	9	10.717
VALID	1.924	0.31	5	-15	12	14.26
VALID	1.924	0.334	5	-14	9	11.213

VALID	1.928	0.402	6	-13	12	13.269
VALID	1.945	0.302	5	-15	10.5	12.984
VALID	1.955	0.336	5	-15	7.5	9.3911
VALID	1.964	0.409	6	-13	13.5	14.545
VALID	1.971	0.373	5	-13	7.5	9.4413
VALID	1.997	0.317	5	-14	7.5	9.9367
VALID	1.998	0.292	4	-15	9	11.708
VALID	1.999	0.422	6	-12	9	10.222
VALID	1.999	0.298	4	-16	9	11.173
VALID	2.019	0.423	6	-12	10.5	11.498
VALID	2.027	0.474	6	-12	7.5	7.8477
VALID	2.032	0.311	5	-13	10.5	13.09
VALID	2.032	0.416	6	-12	7.5	8.9459
VALID	2.033	0.283	4	-14	12	14.851
VALID	2.037	0.318	5	-13	12	14.374
VALID	2.042	0.277	4	-14	10.5	13.566
VALID	2.043	0.268	4	-16	10.5	13.48
VALID	2.052	0.303	5	-13	9	11.805
VALID	2.056	0.323	5	-13	13.5	15.659
VALID	2.076	0.269	4	-14	9	12.282
VALID	2.077	0.347	5	-12	10.5	12.613
VALID	2.083	0.339	5	-12	9	11.329
VALID	2.093	0.352	5	-12	12	13.898
VALID	2.096	0.249	4	-15	10.5	14.043

Tab.6.4 – Analisi sismica - Sezione 201

Le analisi condotte mostrano che in tali condizioni la verifica stabilità del pendio è soddisfatta con un adeguato margine di sicurezza.

SCHEDA 6_CASO 6 : SEZIONE TIPO C1 CORRENTE (H=6.60, B=13.22) (sezione di riferimento 202)

CASO 6 – SEZIONE TIPO C1 CORRENTE

La sezione 202 è rappresentativa di un rilevato alto circa 6.60 m e largo alla base circa 32.30 m, realizzato con ghiaia sabbiosa. Lo strato di bonifica è portato alla profondità di -1.50m dal piano campagna in sostituzione della lente L5 (limi sabbiosi), riscontrabile dal profilo geologico. Al di sotto dello strato di bonifica, il terreno di imposta risulta costituito da sabbie limose. I dati del modello geometrico e della stratigrafia (Tabb.7.1 e 7.2) assunti nel calcolo sono i seguenti:

Linea di scavo [m]		Falda acquifera [m]	
sinistra	destra	sinistra	destra
(-70.00;0.00)	(0.00;6.60)	-1	-1
(-50.00;0.00)	(6.60;6.36)		
(-30.00;0.00)	(16.10;0.00)		
(-16.20;0.00)	(30.00;0.00)		
(-6.75;6.40)	(50.00;0.00)		
(0.00;6.60)	(70.00;0.00)		

Tab.7.1 - Dati input modello geometrico

Parametro	Valore	Valore	Valore
Name	GHIAIA SABBIOSA	GHIAIA SABBIOSA_bonifica	SABBIA LIMOSA
InitialStressK0nc	0.398	0.357	0.427
InitialStressNocr	0.5	0.5	0.5
UnitWeightGammaDry	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
UnitWeightGammaSat	19 kN/m ³	19 kN/m ³	19 kN/m ³
ResistanceMohrCoulombC	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ResistanceMohrCoulombFi	37 *	40 *	35 *
WallAdhesion	0 kPa	0 kPa	0 kPa
ElasticConstantEvc	200000 kPa	250000 kPa	200000 kPa
ElasticConstantEur	320000 kPa	400000 kPa	320000 kPa

Tab.7.2 - Dati input stratigrafia (parametri geotecnici)

In Fig.7.1 è riportata la rappresentazione grafica del modello geometrico e della stratigrafia assunti alla base del calcolo.

In Fig.7.2 sono riportati i parametri geotecnici inseriti nel software.

Le analisi sono state eseguite considerando sia le condizioni statiche sia le condizioni sismiche. Il programma HARPACEAS PARATIE Plus 2018 prevede la stampa del listato dei dati di input, ma non la stampa dei grafici che evidenziano le superfici di scorrimento ed i rispettivi coefficienti di sicurezza. Pertanto, si sono estratte dal software immagini rappresentative con la traccia di tutte le superfici analizzate con il contour dei coefficienti di sicurezza sovrapposto alla griglia dei centri (Fig.7.3).

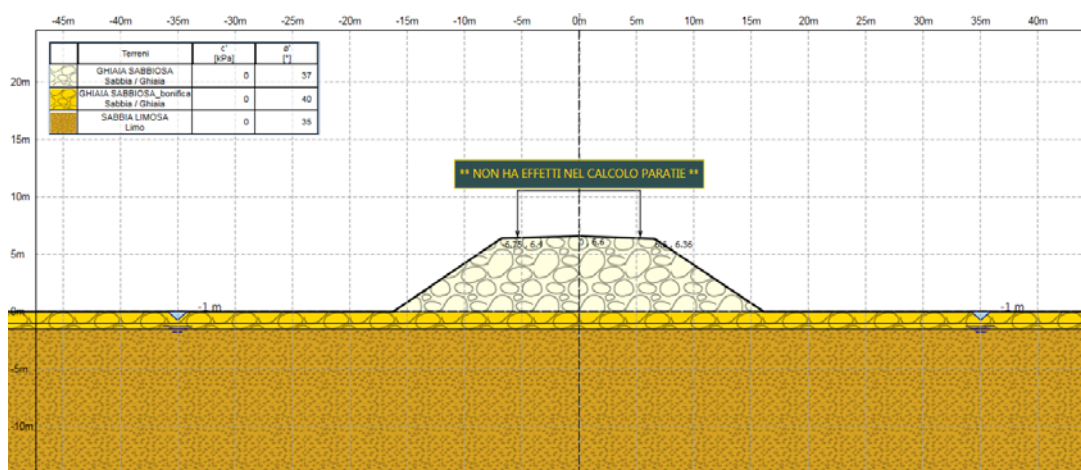


Fig.7.1 – Modello geometrico di calcolo

	Terreni	YDRY [kN/m ³]	YSAT [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	Moduli Elastici [kPa] or [kN/m ³]
	GHIAIA SABBIOSA Sabbia / Ghiaia	19	19	0	37	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000
	GHIAIA SABBIOSA_bonifica Sabbia / Ghiaia	19	19	0	40	E _{vc} = 250000 E _{ur} = 400000
	SABBIA LIMOSA Limo	19	19	0	35	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000

Fig.7.2 – Parametri geotecnici di calcolo

Le analisi in condizioni statiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.153 .

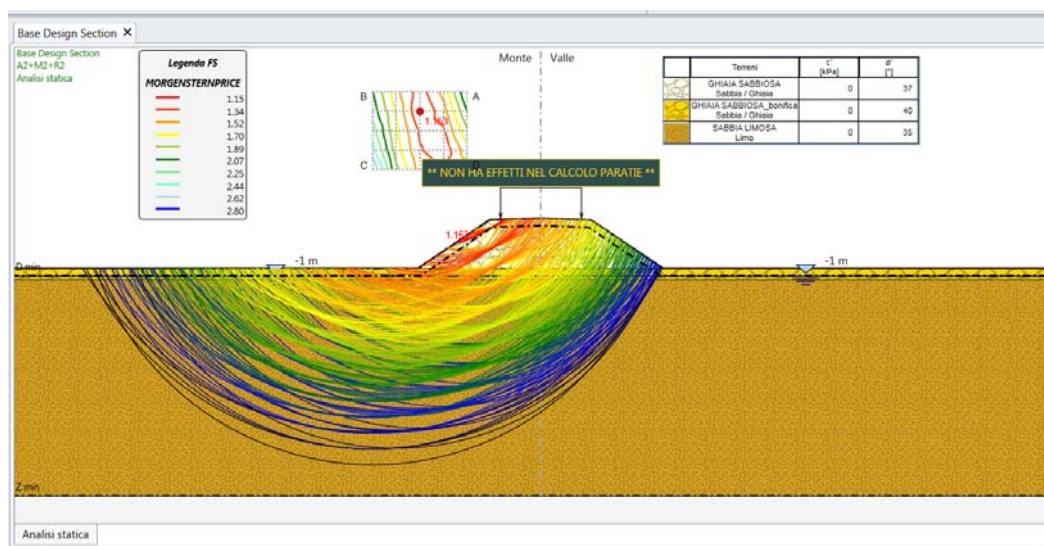


Fig.7.3 – Traccia superfici critiche analizzate e contour dei coefficienti Fs

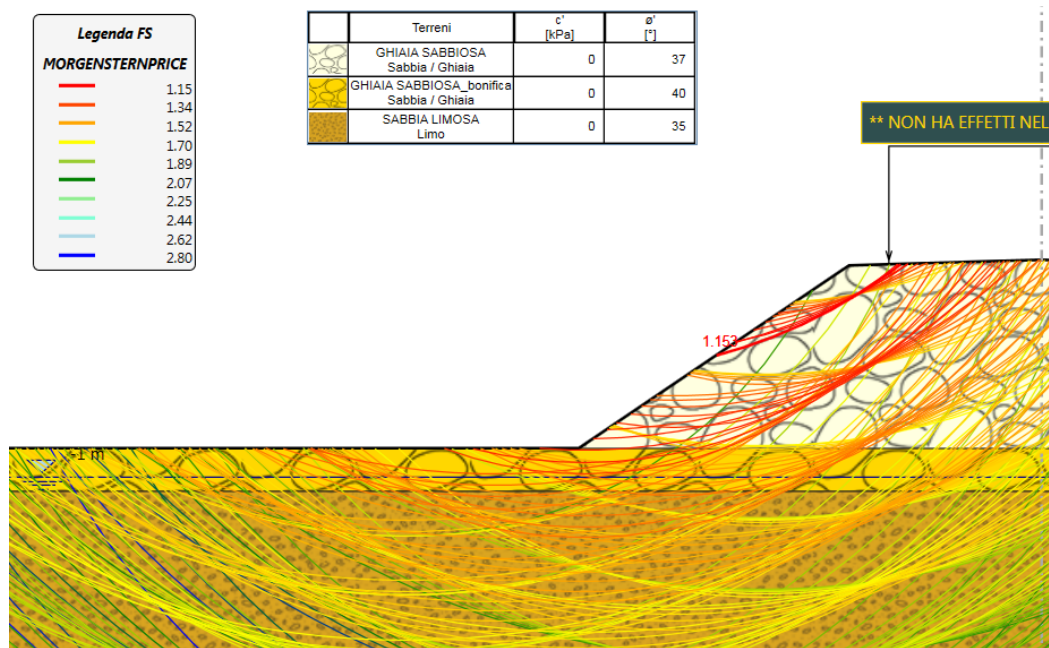


Fig.7.4 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con F_s minimo ($F_s \text{ min} = 1.153$)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati di seguito (Tab.7.3):

Totale Superfici analizzate:355						
Classificazione	F_s	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.153	0.475	6	-16	20.725	18.06
VALID	1.198	0.451	6	-12.875	15.575	12.037
VALID	1.241	0.407	6	-16	23.3	20.29
VALID	1.304	0.36	5	-12.875	18.15	14.278
VALID	1.305	0.464	6	-16	18.15	18.218
VALID	1.351	0.444	6	-16	20.725	20.393
VALID	1.353	0.439	6	-16	15.575	16.055
VALID	1.394	0.448	6	-12.875	13	12.264
VALID	1.42	0.42	6	-16	23.3	22.648
VALID	1.433	0.351	5	-9.75	13	8.2853
VALID	1.439	0.328	5	-12.875	20.725	16.617
VALID	1.446	0.423	6	-12.875	15.575	14.432
VALID	1.45	0.412	6	-16	13	13.891
VALID	1.526	0.396	5	-12.875	18.15	16.698
VALID	1.574	0.318	5	-19.125	23.3	24.173
VALID	1.581	0.335	5	-12.875	23.3	19.016
VALID	1.621	0.371	5	-12.875	20.725	19.053
VALID	1.634	0.293	4	-9.75	15.575	10.694
VALID	1.691	0.303	5	-19.125	20.725	22.009
VALID	1.725	0.348	5	-12.875	23.3	21.465
VALID	1.73	0.291	4	-19.125	18.15	19.845
VALID	1.734	0.252	4	-16	13	16.13

VALID	1.734	0.259	4	-16	15.575	18.325
VALID	1.748	0.356	5	-9.75	13	10.765
VALID	1.762	0.35	5	-12.875	13	14.628
VALID	1.762	0.266	4	-16	18.15	20.521
VALID	1.794	0.277	4	-19.125	15.575	17.682
VALID	1.809	0.273	4	-16	20.725	22.726
VALID	1.851	0.35	5	-12.875	15.575	16.828
VALID	1.853	0.266	4	-9.75	18.15	13.166
VALID	1.86	0.332	5	-9.75	15.575	13.186
VALID	1.877	0.277	4	-16	23.3	25.005
VALID	1.889	0.342	5	-12.875	18.15	19.117
VALID	1.913	0.226	4	-12.875	13	16.992
VALID	1.933	0.207	4	-19.125	20.725	24.218
VALID	1.935	0.256	4	-19.125	13	15.518
VALID	1.939	0.21	4	-19.125	23.3	26.413
VALID	1.94	0.331	5	-12.875	20.725	21.489
VALID	1.945	0.229	4	-12.875	15.575	19.224
VALID	1.946	0.205	4	-19.125	18.15	22.023
VALID	1.979	0.183	3	-16	15.575	20.596
VALID	1.986	0.202	4	-19.125	15.575	19.827
VALID	1.991	0.308	5	-9.75	18.15	15.665
VALID	1.991	0.182	3	-16	13	18.369
VALID	1.992	0.184	3	-16	18.15	22.823
VALID	2	0.228	4	-12.875	18.15	21.537
VALID	2.005	0.319	5	-12.875	23.3	23.914
VALID	2.02	0.185	3	-16	20.725	25.06
VALID	2.067	0.183	3	-16	23.3	27.363
VALID	2.07	0.239	4	-9.75	20.725	15.672
VALID	2.072	0.198	3	-19.125	13	17.632
VALID	2.08	0.228	4	-22.25	23.3	25.8
VALID	2.094	0.217	4	-12.875	20.725	23.926
VALID	2.129	0.288	4	-9.75	20.725	18.175
VALID	2.146	0.32	5	-9.75	13	13.245
VALID	2.166	0.272	4	-9.75	13	15.724
VALID	2.173	0.158	3	-19.125	20.725	26.427
VALID	2.175	0.221	4	-22.25	20.725	23.636
VALID	2.176	0.164	3	-12.875	13	19.357
VALID	2.178	0.158	3	-19.125	23.3	28.654
VALID	2.182	0.305	5	-9.75	15.575	15.677
VALID	2.183	0.158	3	-19.125	18.15	24.2
VALID	2.199	0.206	4	-12.875	23.3	26.363
VALID	2.217	0.159	3	-19.125	15.575	21.973
VALID	2.22	0.157	3	-12.875	15.575	21.619
VALID	2.231	0.291	4	-9.75	18.15	18.164
VALID	2.246	0.175	3	-22.25	23.3	27.915
VALID	2.246	0.257	4	-9.75	15.575	18.169

VALID	2.253	0.143	3	-16	15.575	22.867
VALID	2.267	0.271	4	-9.75	23.3	20.704
VALID	2.271	0.142	3	-16	13	20.608
VALID	2.276	0.138	3	-16	18.15	25.126
VALID	2.282	0.239	4	-9.75	23.3	18.196
VALID	2.291	0.158	3	-19.125	13	19.746
VALID	2.295	0.149	3	-12.875	18.15	23.956
VALID	2.298	0.174	3	-22.25	20.725	25.72
VALID	2.304	0.278	4	-9.75	20.725	20.679
VALID	2.321	0.133	3	-16	20.725	27.393
VALID	2.339	0.217	4	-22.25	18.15	21.221
VALID	2.363	0.182	3	-9.75	13	18.204
VALID	2.369	0.238	4	-9.75	18.15	20.663
VALID	2.37	0.177	3	-22.25	18.15	23.293
VALID	2.39	0.127	3	-16	23.3	29.721
VALID	2.398	0.139	3	-12.875	20.725	26.362
VALID	2.436	0.127	3	-19.125	20.725	28.636
VALID	2.439	0.258	4	-9.75	23.3	23.211
VALID	2.439	0.129	3	-19.125	18.15	26.377
VALID	2.451	0.142	3	-22.25	23.3	30.031
VALID	2.463	0.122	3	-19.125	23.3	30.894
VALID	2.471	0.167	3	-9.75	15.575	20.66
VALID	2.471	0.13	3	-19.125	15.575	24.119
VALID	2.488	0.143	3	-22.25	20.725	27.804
VALID	2.51	0.22	4	-9.75	20.725	23.183
VALID	2.515	0.179	3	-22.25	15.575	20.718
VALID	2.52	0.129	3	-12.875	23.3	28.812
VALID	2.532	0.146	3	-22.25	18.15	25.364
VALID	2.537	0.13	3	-19.125	13	21.86
VALID	2.538	0.116	3	-12.875	13	21.721
VALID	2.578	0.113	3	-16	13	22.847
VALID	2.593	0.108	3	-16	15.575	25.138
VALID	2.603	0.109	3	-12.875	15.575	24.015
VALID	2.615	0.151	3	-9.75	18.15	23.162
VALID	2.617	0.15	3	-22.25	15.575	22.789
VALID	2.642	0.102	3	-16	18.15	27.428
VALID	2.666	0.204	4	-9.75	23.3	25.719
VALID	2.676	0.208	4	-22.25	15.575	18.646
VALID	2.678	0.119	3	-22.25	23.3	32.146
VALID	2.706	0.1	3	-12.875	18.15	26.375
VALID	2.708	0.121	3	-22.25	20.725	29.888
VALID	2.713	0.096	2	-16	20.725	29.726
VALID	2.74	0.124	3	-22.25	18.15	27.436
VALID	2.743	0.109	3	-19.125	15.575	26.264
VALID	2.747	0.104	3	-19.125	18.15	28.555
VALID	2.748	0.119	3	-9.75	13	20.683

VALID	2.777	0.099	2	-19.125	20.725	30.845
VALID	2.78	0.137	3	-9.75	20.725	25.687
VALID	2.798	0.127	3	-22.25	15.575	24.861
VALID	2.803	0.109	3	-19.125	13	23.974
VALID	2.803	0.153	3	-22.25	13	20.214
VALID	2.809	0.09	2	-16	23.3	32.079
VALID	2.829	0.094	2	-19.125	23.3	33.135
VALID	2.84	0.092	2	-12.875	20.725	28.798
VALID	2.861	0.169	3	-22.25	13	18.143
VALID	2.896	0.106	3	-9.75	15.575	23.152
VALID	2.931	0.13	3	-22.25	13	22.286
VALID	2.954	0.086	2	-16	13	25.087
VALID	2.958	0.124	3	-9.75	23.3	28.226
VALID	2.974	0.106	3	-22.25	18.15	29.507
VALID	2.975	0.101	3	-22.25	20.725	31.971
VALID	2.984	0.097	2	-22.25	23.3	34.262
VALID	2.987	0.081	2	-12.875	13	24.085
VALID	2.995	0.083	2	-12.875	23.3	31.261
VALID	3.007	0.08	2	-16	15.575	27.409
VALID	3.019	0.109	3	-22.25	15.575	26.932
VALID	3.081	0.094	2	-9.75	18.15	25.661
VALID	3.087	0.087	2	-19.125	15.575	28.41
VALID	3.095	0.074	2	-16	18.15	29.73
VALID	3.097	0.074	2	-12.875	15.575	26.41
VALID	3.099	0.091	2	-19.125	13	26.088
VALID	3.122	0.112	3	-22.25	13	24.357
VALID	3.125	0.081	2	-19.125	18.15	30.732
VALID	3.192	0.075	2	-19.125	20.725	33.054
VALID	3.206	0.068	2	-16	20.725	32.059
VALID	3.247	0.066	2	-12.875	18.15	28.795
VALID	3.264	0.095	2	-22.25	15.575	29.004
VALID	3.272	0.088	2	-22.25	18.15	31.579
VALID	3.28	0.07	2	-19.125	23.3	35.376
VALID	3.289	0.075	2	-9.75	13	23.163
VALID	3.292	0.083	2	-9.75	20.725	28.191
VALID	3.314	0.082	2	-22.25	20.725	34.055

Tab.7.3 – Analisi statica - Sezione 202

Le analisi in condizioni sismiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.405 .

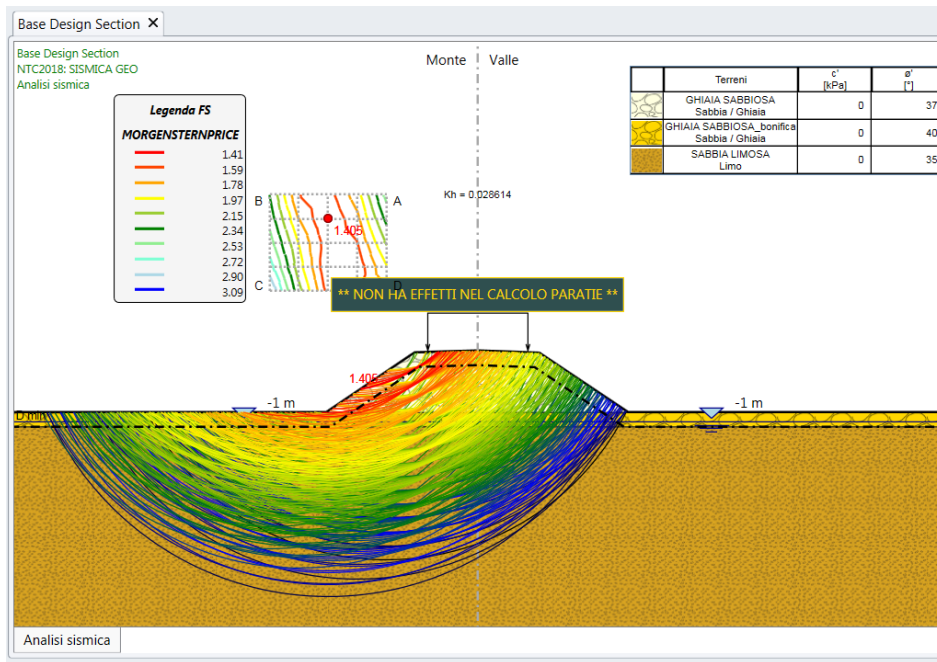


Fig.7.5 – Traccia superfici analizzate e contour dei coefficienti Fs

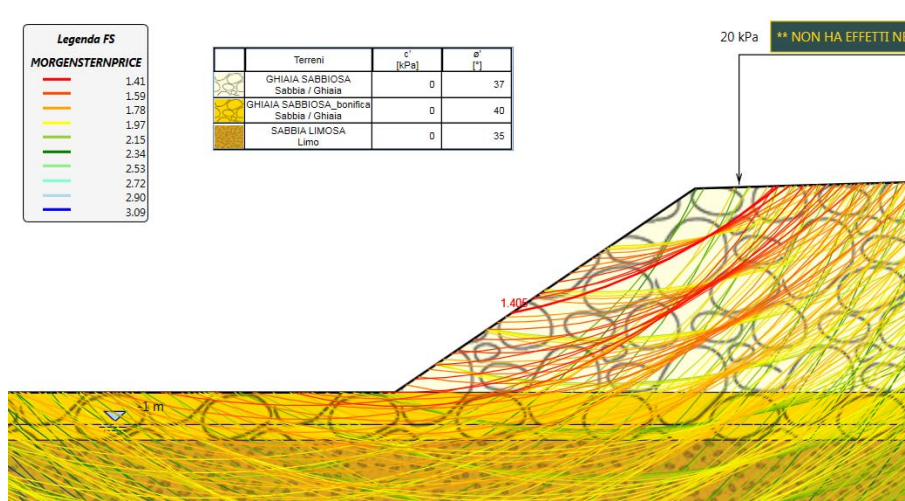


Fig.7.6– Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con Fs minimo (Fs min =1.405)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati qui di seguito (Tab.7.4):

Totale Superfici analizzate:336						
Classificazione	Fs	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.405	0.538	7	-16	20.725	18.565
VALID	1.429	0.554	7	-16	15.575	15.588
VALID	1.459	0.51	7	-12.875	15.575	12.542
VALID	1.478	0.531	7	-16	18.15	17.738
VALID	1.503	0.5	6	-16	23.3	20.802

VALID	1.523	0.504	7	-16	13	13.437
VALID	1.545	0.507	7	-16	20.725	19.905
VALID	1.577	0.507	7	-12.875	13	11.758
VALID	1.582	0.473	6	-12.875	18.15	14.793
VALID	1.596	0.397	5	-19.125	23.3	23.718
VALID	1.628	0.489	6	-16	23.3	22.156
VALID	1.641	0.48	6	-12.875	15.575	13.918
VALID	1.731	0.438	6	-12.875	20.725	17.136
VALID	1.739	0.455	6	-12.875	18.15	16.183
VALID	1.747	0.422	6	-9.75	13	8.8035
VALID	1.78	0.348	5	-19.125	20.725	21.568
VALID	1.788	0.44	6	-16	23.3	23.51
VALID	1.796	0.418	6	-16	20.725	21.245
VALID	1.813	0.448	6	-12.875	15.575	15.294
VALID	1.817	0.459	6	-12.875	13	13.116
VALID	1.853	0.392	5	-16	18.15	19.06
VALID	1.856	0.431	6	-12.875	20.725	18.535
VALID	1.886	0.417	6	-12.875	23.3	19.537
VALID	1.889	0.429	6	-12.875	18.15	17.573
VALID	1.894	0.355	5	-16	13	14.722
VALID	1.909	0.373	5	-16	15.575	16.891
VALID	1.959	0.374	5	-9.75	15.575	11.215
VALID	1.962	0.327	5	-19.125	18.15	19.417
VALID	1.975	0.405	6	-9.75	13	10.228
VALID	1.979	0.408	6	-12.875	23.3	20.944
VALID	1.986	0.411	6	-12.875	20.725	19.935
VALID	2.014	0.286	4	-16	15.575	18.195
VALID	2.016	0.275	4	-16	13	16.008
VALID	2.044	0.297	4	-16	18.15	20.383
VALID	2.061	0.308	5	-19.125	15.575	17.267
VALID	2.08	0.274	4	-19.125	20.725	22.836
VALID	2.084	0.285	4	-19.125	23.3	25.005
VALID	2.091	0.393	5	-12.875	23.3	22.35
VALID	2.098	0.264	4	-19.125	18.15	20.667
VALID	2.1	0.308	5	-16	20.725	22.585
VALID	2.117	0.379	5	-9.75	15.575	12.647
VALID	2.124	0.303	5	-12.875	13	15.833
VALID	2.132	0.393	5	-12.875	13	14.474
VALID	2.146	0.396	5	-12.875	15.575	16.671
VALID	2.151	0.255	4	-19.125	15.575	18.498
VALID	2.156	0.232	4	-16	15.575	19.499
VALID	2.17	0.226	4	-16	13	17.293
VALID	2.172	0.237	4	-16	18.15	21.705
VALID	2.172	0.312	5	-12.875	15.575	18.047
VALID	2.174	0.39	5	-12.875	18.15	18.963
VALID	2.182	0.356	5	-9.75	18.15	13.686

VALID	2.188	0.315	5	-16	23.3	24.865
VALID	2.189	0.381	5	-9.75	13	11.653
VALID	2.208	0.243	4	-16	20.725	23.925
VALID	2.211	0.226	4	-19.125	20.725	24.103
VALID	2.217	0.231	4	-19.125	23.3	26.291
VALID	2.226	0.279	4	-19.125	13	15.116
VALID	2.226	0.221	4	-19.125	18.15	21.916
VALID	2.228	0.382	5	-12.875	20.725	21.334
VALID	2.251	0.315	5	-12.875	18.15	20.352
VALID	2.257	0.243	4	-12.875	13	17.191
VALID	2.263	0.247	4	-16	23.3	26.219
VALID	2.271	0.243	4	-19.125	13	16.329
VALID	2.272	0.357	5	-9.75	18.15	15.122
VALID	2.273	0.217	4	-19.125	15.575	19.728
VALID	2.28	0.249	4	-12.875	15.575	19.424
VALID	2.287	0.362	5	-9.75	15.575	14.078
VALID	2.298	0.371	5	-12.875	23.3	23.757
VALID	2.312	0.197	3	-16	15.575	20.803
VALID	2.318	0.2	3	-16	18.15	23.027
VALID	2.334	0.25	4	-12.875	18.15	21.742
VALID	2.335	0.193	3	-16	13	18.578
VALID	2.342	0.203	4	-16	20.725	25.265
VALID	2.344	0.314	5	-12.875	20.725	22.734
VALID	2.347	0.25	4	-22.25	23.3	25.398
VALID	2.348	0.194	3	-19.125	20.725	25.371
VALID	2.351	0.196	3	-19.125	23.3	27.577
VALID	2.363	0.192	3	-19.125	18.15	23.165
VALID	2.374	0.212	4	-19.125	13	17.541
VALID	2.393	0.201	4	-16	23.3	27.573
VALID	2.399	0.328	5	-9.75	20.725	16.19
VALID	2.409	0.346	5	-9.75	18.15	16.558
VALID	2.409	0.19	3	-19.125	15.575	20.959
VALID	2.417	0.203	4	-12.875	13	18.549
VALID	2.427	0.214	4	-22.25	23.3	26.611
VALID	2.429	0.242	4	-12.875	20.725	24.133
VALID	2.434	0.204	4	-12.875	15.575	20.8
VALID	2.435	0.335	5	-9.75	20.725	17.629
VALID	2.447	0.359	5	-9.75	13	13.078
VALID	2.456	0.347	5	-9.75	15.575	15.51
VALID	2.458	0.308	5	-12.875	23.3	25.164
VALID	2.463	0.24	4	-22.25	20.725	23.247
VALID	2.474	0.174	3	-16	18.15	24.349
VALID	2.477	0.172	3	-16	15.575	22.107
VALID	2.49	0.171	3	-19.125	23.3	28.863
VALID	2.491	0.171	3	-19.125	20.725	26.639
VALID	2.497	0.21	4	-22.25	20.725	24.442

VALID	2.499	0.199	3	-12.875	18.15	23.132
VALID	2.502	0.186	3	-19.125	13	18.753
VALID	2.508	0.169	3	-16	13	19.864
VALID	2.508	0.17	3	-19.125	18.15	24.414
VALID	2.512	0.17	3	-16	20.725	26.605
VALID	2.526	0.3	5	-9.75	13	15.928
VALID	2.536	0.235	4	-12.875	23.3	26.571
VALID	2.537	0.332	5	-9.75	20.725	19.068
VALID	2.546	0.336	5	-9.75	18.15	17.994
VALID	2.553	0.169	3	-19.125	15.575	22.19
VALID	2.568	0.167	3	-16	23.3	28.927
VALID	2.577	0.187	3	-22.25	20.725	25.637
VALID	2.591	0.192	3	-12.875	20.725	25.533
VALID	2.596	0.32	5	-9.75	23.3	20.154
VALID	2.602	0.171	3	-12.875	13	19.908
VALID	2.608	0.317	5	-9.75	23.3	18.713
VALID	2.608	0.288	4	-9.75	15.575	18.373
VALID	2.61	0.21	4	-22.25	18.15	22.025
VALID	2.627	0.242	4	-9.75	13	17.353
VALID	2.631	0.168	3	-12.875	15.575	22.176
VALID	2.638	0.153	3	-19.125	20.725	27.906
VALID	2.643	0.166	3	-19.125	13	19.966
VALID	2.645	0.152	3	-19.125	23.3	30.149
VALID	2.646	0.325	5	-9.75	20.725	20.507
VALID	2.651	0.152	3	-16	15.575	23.41
VALID	2.655	0.188	3	-22.25	18.15	23.213
VALID	2.658	0.153	3	-19.125	18.15	25.664
VALID	2.666	0.32	5	-9.75	23.3	21.595
VALID	2.668	0.148	3	-16	18.15	25.672
VALID	2.672	0.232	4	-22.25	18.15	20.838
VALID	2.678	0.168	3	-22.25	20.725	26.831
VALID	2.684	0.15	3	-16	13	21.149
VALID	2.701	0.185	3	-12.875	23.3	27.978
VALID	2.701	0.163	3	-12.875	18.15	24.522
VALID	2.704	0.152	3	-19.125	15.575	23.421
VALID	2.708	0.145	3	-16	20.725	27.945
VALID	2.716	0.231	4	-9.75	15.575	19.805
VALID	2.726	0.274	4	-9.75	18.15	20.866
VALID	2.74	0.17	3	-22.25	18.15	24.4
VALID	2.748	0.342	5	-9.75	13	14.503
VALID	2.773	0.141	3	-16	23.3	30.281
VALID	2.775	0.311	5	-9.75	23.3	23.036
VALID	2.79	0.15	3	-19.125	13	21.178
VALID	2.794	0.335	5	-9.75	15.575	16.942
VALID	2.801	0.156	3	-12.875	20.725	26.933
VALID	2.803	0.195	3	-9.75	13	18.777

VALID	2.808	0.19	3	-22.25	15.575	20.638
VALID	2.811	0.136	3	-19.125	20.725	29.174
VALID	2.813	0.139	3	-19.125	18.15	26.913
VALID	2.818	0.144	3	-12.875	13	21.266
VALID	2.843	0.218	4	-9.75	18.15	22.302
VALID	2.845	0.155	3	-22.25	18.15	25.588
VALID	2.852	0.173	3	-22.25	15.575	21.825
VALID	2.854	0.132	3	-16	15.575	24.714
VALID	2.858	0.141	3	-12.875	15.575	23.553
VALID	2.859	0.139	3	-19.125	15.575	24.652
VALID	2.861	0.204	4	-22.25	15.575	19.45
VALID	2.864	0.135	3	-16	13	22.434
VALID	2.867	0.261	4	-9.75	20.725	23.385
VALID	2.88	0.129	3	-16	18.15	26.994
VALID	2.884	0.323	5	-9.75	18.15	19.43
VALID	2.904	0.184	3	-9.75	15.575	21.237
VALID	2.92	0.149	3	-12.875	23.3	29.384
VALID	2.931	0.124	3	-16	20.725	29.285
VALID	2.936	0.158	3	-22.25	15.575	23.013
VALID	2.939	0.135	3	-12.875	18.15	25.912
VALID	2.943	0.137	3	-19.125	13	22.39
VALID	2.964	0.143	3	-22.25	18.15	26.775
VALID	2.989	0.206	4	-9.75	20.725	24.824
VALID	2.995	0.124	3	-19.125	18.15	28.162
VALID	3.002	0.121	3	-19.125	20.725	30.442
VALID	3.007	0.12	3	-16	23.3	31.635
VALID	3.016	0.307	5	-9.75	20.725	21.946
VALID	3.018	0.127	3	-19.125	15.575	25.882
VALID	3.02	0.249	4	-9.75	23.3	25.919
VALID	3.031	0.158	3	-9.75	13	20.202
VALID	3.042	0.173	3	-9.75	18.15	23.738
VALID	3.042	0.146	3	-22.25	15.575	24.2
VALID	3.05	0.128	3	-12.875	20.725	28.332
VALID	3.059	0.123	3	-12.875	13	22.625
VALID	3.065	0.222	4	-22.25	15.575	18.263
VALID	3.073	0.118	3	-16	13	23.72
VALID	3.075	0.115	3	-16	15.575	26.018
VALID	3.091	0.172	3	-22.25	13	19.25
VALID	3.102	0.126	3	-19.125	13	23.603
VALID	3.113	0.118	3	-12.875	15.575	24.929
VALID	3.115	0.111	3	-16	18.15	28.316
VALID	3.124	0.16	3	-22.25	13	20.438
VALID	3.147	0.195	3	-9.75	23.3	27.36
VALID	3.148	0.148	3	-9.75	15.575	22.668
VALID	3.154	0.179	3	-22.25	13	18.063
VALID	3.16	0.134	3	-22.25	15.575	25.388

VALID	3.161	0.294	4	-9.75	23.3	24.477
VALID	3.178	0.122	3	-12.875	23.3	30.791
VALID	3.179	0.107	3	-16	20.725	30.625
VALID	3.19	0.111	3	-19.125	18.15	29.411
VALID	3.198	0.162	3	-9.75	20.725	26.263
VALID	3.201	0.147	3	-22.25	13	21.625
VALID	3.201	0.114	3	-19.125	15.575	27.113
VALID	3.21	0.112	3	-12.875	18.15	27.302
VALID	3.264	0.116	3	-19.125	13	24.815
VALID	3.268	0.102	3	-16	23.3	32.989
VALID	3.289	0.125	3	-22.25	15.575	26.575
VALID	3.297	0.104	3	-16	13	25.005
VALID	3.3	0.136	3	-22.25	13	22.813
VALID	3.301	0.139	3	-9.75	18.15	25.174
VALID	3.305	0.128	3	-9.75	13	21.627
VALID	3.318	0.101	3	-16	15.575	27.322
VALID	3.319	0.191	3	-22.25	13	16.875
VALID	3.327	0.104	3	-12.875	13	23.983
VALID	3.336	0.106	3	-12.875	20.725	29.732
VALID	3.367	0.153	3	-9.75	23.3	28.801
VALID	3.376	0.096	2	-16	18.15	29.638
VALID	3.399	0.103	3	-19.125	15.575	28.344
VALID	3.402	0.099	2	-12.875	15.575	26.306
VALID	3.407	0.099	2	-19.125	18.15	30.661
VALID	3.412	0.125	3	-22.25	13	24
VALID	3.441	0.105	3	-19.125	13	26.027
VALID	3.443	0.12	3	-9.75	15.575	24.1
VALID	3.456	0.092	2	-16	20.725	31.965
VALID	3.473	0.129	3	-9.75	20.725	27.702
VALID	3.482	0.1	3	-12.875	23.3	32.198
VALID	3.519	0.094	2	-12.875	18.15	28.692
VALID	3.541	0.117	3	-22.25	13	25.188

Tab.6.4 – Analisi sismica - Sezione 202

Le analisi condotte mostrano che in tali condizioni la verifica stabilità del pendio è soddisfatta con un adeguato margine di sicurezza.

SCHEDA 7_CASO 7 : SEZIONE IN STERRO (H=7.44) (sezione di riferimento 74 – Tratta C_2°_tratto)

CASO 7 – SEZIONE IN STERRO

La sezione in sterro, profonda poco più di 7.44 m, interessa terreni costituiti da sabbia limosa. I dati del modello geometrico e della stratigrafia (Tabb.8.1 e 8.2) assunti nel calcolo sono i seguenti:

Linea di scavo [m]		Falda acquifera [m]	
sinistra	destra	sinistra	destra
(-50.00;0.00)	(0.00;-7.44)	-7.44	-7.44
(-19.12;0.00)	(7.85;7.44)		
(-7.85;-7.44)	(19.00;0.00)		
(0.00;-7.44)	(50.00;0.00)		

Tab.8.1 - Dati di input del modello geometrico

Parametro	Valore
Name	SABBIA LIMOSA
InitialStressK0nc	0.427
InitialStressNocr	0.5
UnitWeightGammaDry	19 kN/m ³
UnitWeightGammaSat	19 kN/m ³
ResistanceMohrCoulombC	0 kPa
ResistanceMohrCoulombFi	35 °
WallAdhesion	0 kPa
ElasticConstantEvc	200000 kPa
ElasticConstantEur	320000 kPa

Tab.8.2 – Dati di input della stratigrafia (parametri geotecnici)

In Figura 8.1 è riportata la rappresentazione grafica del modello geometrico e della stratigrafia assunti alla base del calcolo. Dal profilo geotecnico (cfr. P00.GE00.GET.FP.08_B) si desume una profondità del livello di falda pari a -7 m dal piano campagna. Nel caso in esame, il livello di falda è posizionato a quota di fondo scavo, in quanto i lavori verranno eseguiti in stagione meteorologica favorevole per cui si può ritenere che il livello della falda non superi detto piano. Comunque, in corso d'opera, qualora dovesse verificarsi un livello di falda superiore al livello di scavo si provvederà a deprimere la falda con idoneo sistema di cui si è tenuto conto nelle valutazioni economiche.

In Figura 8.2 sono riportati i parametri geotecnici inseriti nel software.

Le analisi sono state eseguite solo in condizioni statiche, in quanto trattasi di fase di scavo provvisoria e quindi, a norma delle NTC, è possibile trascurare le azioni sismiche.

Il programma HARPACEAS PARATIE Plus 2018 prevede la stampa del listato dei dati di input, ma non la stampa dei grafici che evidenziano le superfici di scorrimento ed i rispettivi coefficienti di sicurezza. Pertanto, si sono estratte dal software immagini rappresentative con la traccia di tutte le

superfici analizzate con il contour dei coefficienti di sicurezza sovrapposto alla griglia dei centri (Fig.8.3).

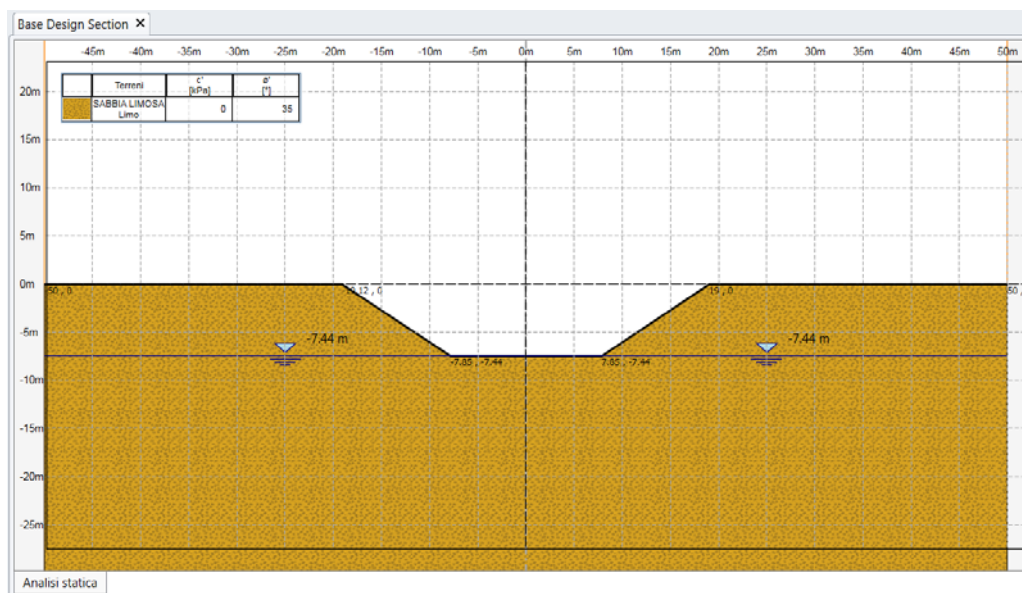


Fig.8.1 – Modello geometrico di calcolo

	Terreni	YDRY [kN/m ³]	YSAT [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	Moduli Elastici [kPa] or [kN/m ³]
	SABBIA LIMOSA Limo	19	19	0	35	E _{vc} = 200000 E _{ur} = 320000

Fig.8.2 – Parametri geotecnici di calcolo

Le analisi in condizioni statiche, secondo Morgenstern e Price, hanno condotto all'individuazione di un numero definito di superfici critiche con valori del coefficiente di sicurezza ≥ 1.105 .

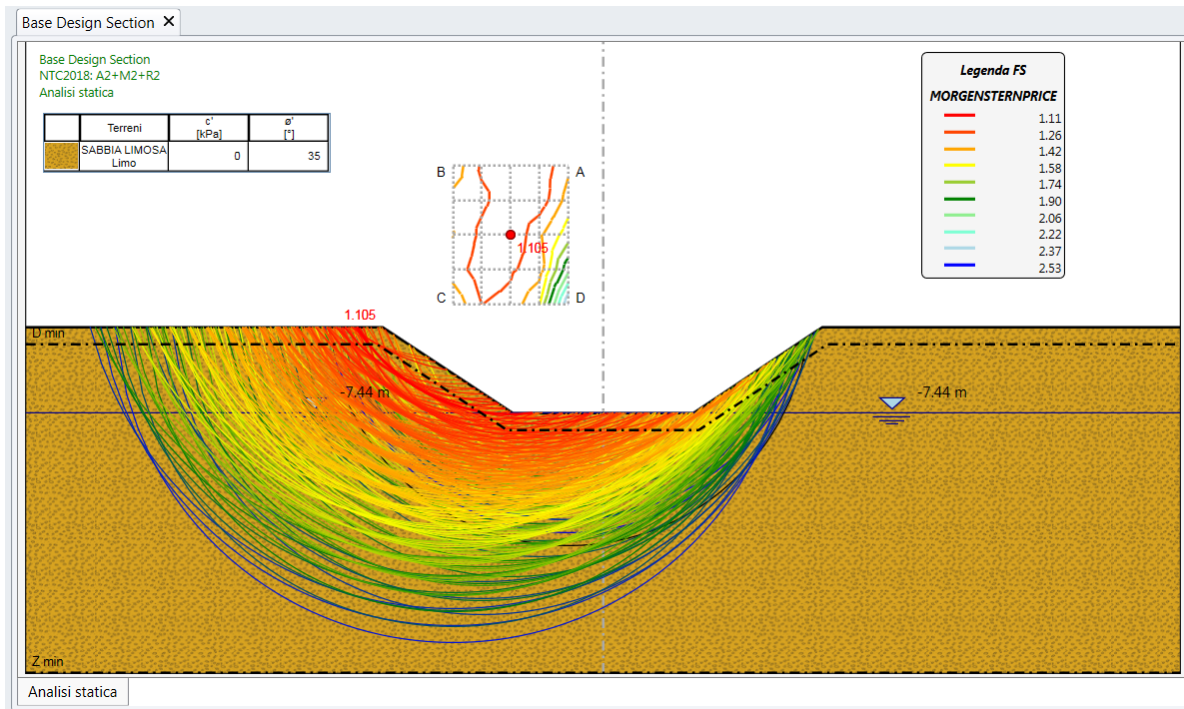


Fig.8.3 – Traccia superfici critiche analizzate e contour dei coefficienti Fs

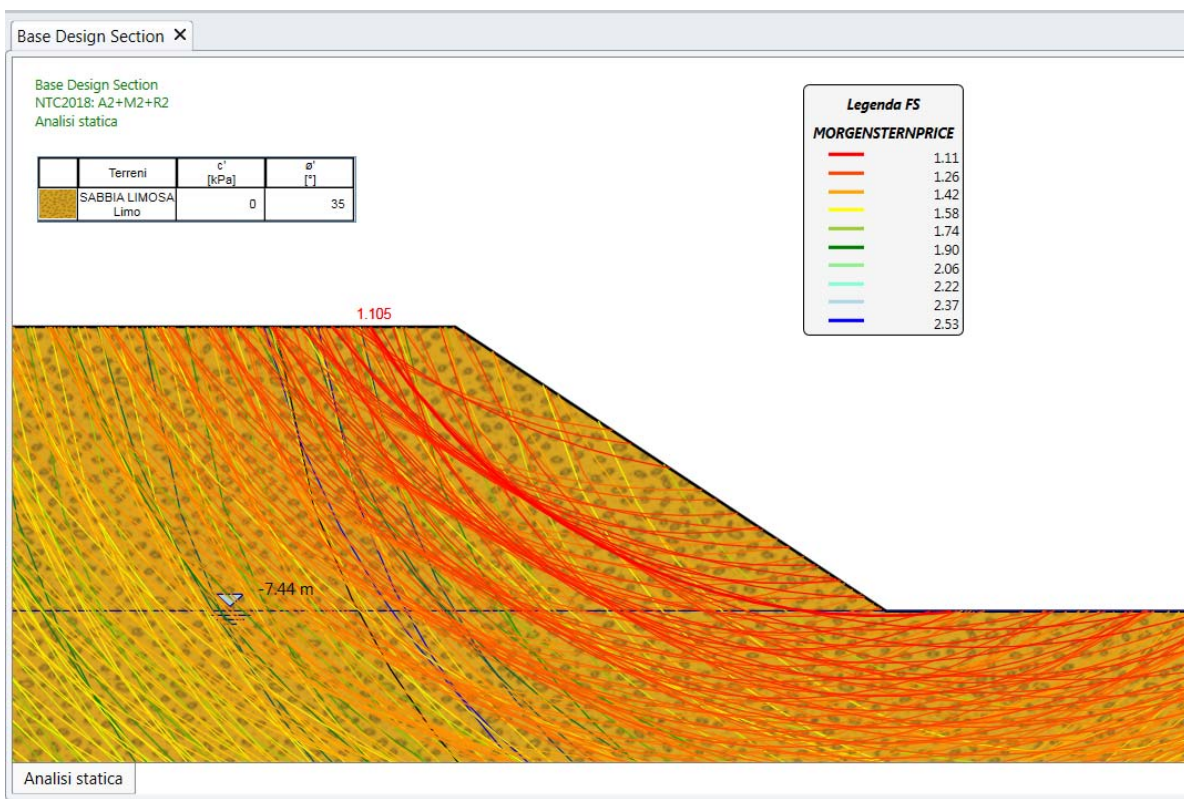


Fig.8.4 – Dettaglio piede rilevato con la superficie di scorrimento con Fs minimo (Fs min =1.105)

I tabulati di calcolo ottenuti dal software in termini di coefficienti di sicurezza sono riportati di seguito (Tab.8.3):

Totale Superfici analizzate:483						
Classificazione	Fs	λ	Iterazioni	X	Z	R
VALID	1.105	0.525	7	-8	8	15.55
VALID	1.155	0.49	6	-8	11	18.08
VALID	1.156	0.428	6	-5.5	14	21.914
VALID	1.17	0.378	5	-5.5	11	19.385
VALID	1.177	0.504	7	-10.5	5	11.715
VALID	1.218	0.461	6	-8	14	20.61
VALID	1.226	0.469	6	-10.5	8	14.245
VALID	1.236	0.446	6	-10.5	14	17.959
VALID	1.242	0.351	5	-8	5	14.241
VALID	1.245	0.371	5	-8	8	16.797
VALID	1.26	0.463	6	-10.5	2	10.453
VALID	1.28	0.393	5	-8	11	19.353
VALID	1.288	0.455	6	-10.5	5	13.009
VALID	1.3	0.436	6	-10.5	11	16.775
VALID	1.309	0.32	5	-8	2	11.685
VALID	1.331	0.409	6	-8	14	21.909
VALID	1.341	0.3	4	-5.5	5	14.325
VALID	1.348	0.436	6	-13	5	10.411
VALID	1.354	0.291	4	-5.5	14	23.141
VALID	1.359	0.276	4	-5.5	11	20.585
VALID	1.364	0.412	6	-13	11	14.122
VALID	1.367	0.426	6	-10.5	8	15.565
VALID	1.377	0.344	5	-10.5	2	11.721
VALID	1.381	0.354	5	-10.5	5	14.303
VALID	1.387	0.405	6	-10.5	14	19.33
VALID	1.389	0.272	4	-3	14	23.219
VALID	1.391	0.267	4	-5.5	8	18.03
VALID	1.402	0.277	4	-8	8	18.044
VALID	1.406	0.269	4	-8	5	15.462
VALID	1.425	0.286	4	-8	11	20.626
VALID	1.43	0.403	6	-13	8	12.94
VALID	1.43	0.361	5	-10.5	8	16.885
VALID	1.435	0.4	5	-10.5	11	18.121
VALID	1.462	0.298	4	-8	14	23.208
VALID	1.474	0.258	4	-8	2	12.88
VALID	1.483	0.256	4	-5.5	5	15.474
VALID	1.488	0.258	4	-3	11	20.689
VALID	1.499	0.364	5	-10.5	11	19.467
VALID	1.511	0.379	5	-10.5	14	20.7
VALID	1.519	0.273	4	-10.5	5	15.596

VALID	1.526	0.228	4	-5.5	14	24.368
VALID	1.529	0.224	4	-5.5	11	21.786
VALID	1.531	0.264	4	-10.5	2	12.988
VALID	1.536	0.381	5	-13	14	16.835
VALID	1.54	0.409	6	-13	2	9.2207
VALID	1.541	0.389	5	-13	5	11.777
VALID	1.544	0.373	5	-13	11	15.536
VALID	1.548	0.278	4	-10.5	8	18.204
VALID	1.556	0.221	4	-5.5	8	19.204
VALID	1.562	0.223	4	-8	8	19.292
VALID	1.573	0.22	4	-8	5	16.684
VALID	1.578	0.227	4	-8	11	21.9
VALID	1.58	0.246	4	-5.5	2	11.795
VALID	1.582	0.36	5	-10.5	14	22.071
VALID	1.596	0.283	4	-10.5	11	20.812
VALID	1.6	0.368	5	-13	8	14.333
VALID	1.607	0.231	4	-8	14	24.508
VALID	1.619	0.369	5	-13	2	10.561
VALID	1.633	0.218	4	-5.5	5	16.622
VALID	1.642	0.213	4	-8	2	14.075
VALID	1.651	0.359	5	-13	5	13.143
VALID	1.656	0.288	4	-10.5	14	23.441
VALID	1.659	0.322	5	-13	2	11.901
VALID	1.667	0.239	4	-3	8	18.048
VALID	1.672	0.324	5	-13	5	14.509
VALID	1.673	0.221	4	-10.5	5	16.89
VALID	1.68	0.341	5	-13	14	18.265
VALID	1.689	0.224	4	-10.5	8	19.524
VALID	1.69	0.347	5	-13	11	16.951
VALID	1.697	0.214	4	-10.5	2	14.255
VALID	1.708	0.184	3	-5.5	11	22.987
VALID	1.711	0.223	4	-5.5	2	12.918
VALID	1.716	0.19	3	-5.5	8	20.379
VALID	1.724	0.226	4	-10.5	11	22.158
VALID	1.725	0.188	3	-8	8	20.539
VALID	1.729	0.321	5	-13	8	17.117
VALID	1.732	0.345	5	-13	8	15.725
VALID	1.735	0.19	3	-8	11	23.173
VALID	1.74	0.186	3	-8	5	17.905
VALID	1.756	0.164	3	-5.5	14	25.595
VALID	1.758	0.191	3	-8	14	25.807
VALID	1.764	0.265	4	-13	5	15.875
VALID	1.77	0.26	4	-13	2	13.241
VALID	1.771	0.228	4	-10.5	14	24.812
VALID	1.786	0.189	3	-5.5	5	17.771
VALID	1.799	0.267	4	-13	8	18.509

VALID	1.8	0.325	5	-13	14	19.695
VALID	1.803	0.201	4	-3	8	19.157
VALID	1.805	0.164	3	-3	11	21.818
VALID	1.81	0.314	5	-13	11	19.78
VALID	1.812	0.181	3	-8	2	15.27
VALID	1.816	0.328	5	-13	11	18.366
VALID	1.827	0.204	4	-5.5	2	14.04
VALID	1.834	0.131	3	-3	14	24.374
VALID	1.835	0.185	3	-10.5	5	18.183
VALID	1.842	0.187	3	-10.5	8	20.844
VALID	1.857	0.265	4	-13	11	21.195
VALID	1.868	0.188	3	-10.5	11	23.504
VALID	1.87	0.179	3	-10.5	2	15.523
VALID	1.888	0.164	3	-8	8	21.786
VALID	1.892	0.218	4	-13	5	17.241
VALID	1.896	0.163	3	-8	11	24.447
VALID	1.901	0.303	5	-13	14	22.554
VALID	1.905	0.312	5	-13	14	21.124
VALID	1.907	0.189	3	-10.5	14	26.182
VALID	1.909	0.162	3	-8	5	19.126
VALID	1.912	0.213	4	-13	2	14.581
VALID	1.913	0.22	4	-13	8	19.901
VALID	1.929	0.26	4	-13	14	23.984
VALID	1.953	0.15	3	-8	14	27.107
VALID	1.956	0.219	4	-13	11	22.61
VALID	1.957	0.183	3	-5.5	2	15.163
VALID	1.983	0.158	3	-8	2	16.465
VALID	1.988	0.154	3	-5.5	5	18.92
VALID	2.002	0.161	3	-10.5	8	22.163
VALID	2.003	0.16	3	-10.5	5	19.477
VALID	2.016	0.215	4	-13	14	25.413
VALID	2.017	0.2	3	-3	5	16.157
VALID	2.021	0.162	3	-10.5	11	24.85
VALID	2.036	0.126	3	-5.5	8	21.554
VALID	2.04	0.183	3	-13	5	18.607
VALID	2.041	0.204	4	-3	5	15.048
VALID	2.045	0.154	3	-10.5	2	16.79
VALID	2.049	0.185	3	-13	8	21.294
VALID	2.053	0.161	3	-10.5	14	27.553
VALID	2.071	0.178	3	-13	2	15.921
VALID	2.079	0.143	3	-8	5	20.347
VALID	2.083	0.184	3	-13	11	24.024
VALID	2.096	0.163	3	-5.5	2	16.285
VALID	2.116	0.128	3	-8	8	23.033
VALID	2.134	0.181	3	-13	14	26.843
VALID	2.153	0.139	3	-8	2	17.66

VALID	2.166	0.142	3	-10.5	8	23.483
VALID	2.171	0.095	2	-5.5	11	24.188
VALID	2.173	0.14	3	-10.5	5	20.771
VALID	2.182	0.141	3	-10.5	11	26.196
VALID	2.199	0.158	3	-13	5	19.973
VALID	2.2	0.159	3	-13	8	22.686
VALID	2.204	0.161	3	-3	5	17.265
VALID	2.223	0.135	3	-10.5	2	18.058
VALID	2.225	0.158	3	-13	11	25.439
VALID	2.238	0.103	3	-8	11	25.72
VALID	2.239	0.153	3	-13	2	17.26
VALID	2.257	0.129	3	-10.5	14	28.924
VALID	2.269	0.156	3	-13	14	28.273
VALID	2.331	0.126	3	-5.5	2	17.408
VALID	2.334	0.122	3	-8	2	18.855
VALID	2.346	0.125	3	-10.5	5	22.064
VALID	2.359	0.139	3	-13	8	24.078
VALID	2.359	0.105	3	-8	5	21.568
VALID	2.364	0.099	2	-5.5	5	20.068
VALID	2.365	0.138	3	-13	5	21.339
VALID	2.37	0.118	3	-10.5	8	24.803
VALID	2.376	0.064	2	-5.5	14	26.822
VALID	2.377	0.139	3	-13	11	26.854
VALID	2.386	0.106	3	-3	8	20.265
VALID	2.401	0.12	3	-10.5	2	19.325
VALID	2.413	0.133	3	-13	2	18.6
VALID	2.416	0.137	3	-13	14	29.703
VALID	2.428	0.075	2	-8	14	28.406
VALID	2.491	0.098	2	-10.5	11	27.542
VALID	2.509	0.079	2	-8	8	24.281
VALID	2.524	0.124	3	-13	8	25.47
VALID	2.533	0.165	3	-3	2	14.265
VALID	2.536	0.123	3	-13	5	22.705
VALID	2.538	0.07	2	-5.5	8	22.729
VALID	2.548	0.121	3	-13	11	28.268
VALID	2.581	0.108	3	-10.5	2	20.593
VALID	2.584	0.101	3	-10.5	5	23.358
VALID	2.591	0.118	3	-13	2	19.94
VALID	2.607	0.166	3	-3	2	13.157
VALID	2.616	0.069	2	-3	11	22.946
VALID	2.623	0.089	2	-8	2	20.05
VALID	2.67	0.104	3	-13	14	31.132
VALID	2.693	0.072	2	-10.5	14	30.294
VALID	2.706	0.084	2	-5.5	2	18.53
VALID	2.712	0.11	3	-13	5	24.071
VALID	2.721	0.079	2	-10.5	8	26.123

VALID	2.731	0.105	3	-13	8	26.862
VALID	2.737	0.135	3	-3	2	15.374
VALID	2.74	0.1	2	-3	5	18.374
VALID	2.755	0.053	2	-8	11	26.993
VALID	2.757	0.066	2	-8	5	22.789
VALID	2.772	0.106	3	-13	2	21.28
VALID	2.823	0.042	2	-5.5	11	25.389
VALID	2.825	0.087	2	-10.5	2	21.86
VALID	2.858	0.058	2	-5.5	5	21.217
VALID	2.869	0.086	2	-13	11	29.683
VALID	2.9	0.039	2	-3	14	25.528
VALID	2.94	0.158	3	-3	2	12.048
VALID	2.94	0.091	2	-13	5	25.437
VALID	2.942	0.068	2	-10.5	5	24.651
VALID	2.955	0.095	2	-13	2	22.62
VALID	2.96	0.055	2	-10.5	11	28.887
VALID	3.011	0.057	2	-8	2	21.245
VALID	3.027	0.042	2	-8	8	25.528
VALID	3.078	0.073	2	-13	8	28.255
VALID	3.101	0.027	2	-8	14	29.706
VALID	3.125	0.061	2	-13	14	32.562
VALID	3.173	0.059	2	-10.5	2	23.128
VALID	3.174	0.055	2	-3	8	21.374
VALID	3.175	0.051	2	-5.5	2	19.653
VALID	3.179	0.033	2	-5.5	8	23.903
VALID	3.182	0.08	2	-13	2	23.96
VALID	3.194	0.046	2	-10.5	8	27.442
VALID	3.197	0.093	2	-3	2	16.482
VALID	3.231	0.017	2	-5.5	14	28.049
VALID	3.257	0.036	2	-8	5	24.01
VALID	3.291	0.064	2	-13	5	26.804
VALID	3.309	0.031	2	-10.5	14	31.665
VALID	3.34	0.051	2	-13	11	31.097
VALID	3.4	0.04	2	-10.5	5	25.945
VALID	3.429	0.019	2	-8	11	28.267
VALID	3.444	0.058	2	-3	5	19.482
VALID	3.466	0.029	2	-5.5	5	22.365
VALID	3.482	0.032	2	-8	2	22.44
VALID	3.521	0.057	2	-13	2	25.3
VALID	3.548	0.044	2	-13	8	29.647
VALID	3.576	0.024	2	-10.5	11	30.233
VALID	3.608	0.034	2	-10.5	2	24.395
VALID	3.672	0.01	2	-5.5	11	26.59
VALID	3.676	0.016	2	-8	8	26.775
VALID	3.686	0.025	2	-3	11	24.075
VALID	3.743	0.026	2	-5.5	2	20.775

VALID	3.747	0.039	2	-13	5	28.17
VALID	3.751	0.028	2	-13	14	33.992
VALID	3.791	0.02	2	-10.5	8	28.762
VALID	3.817	0.061	2	-3	2	17.591
VALID	3.866	0.014	2	-8	5	25.231
VALID	3.955	0.035	2	-13	2	26.64

Tab. 8.3 – Analisi statica - Sezione in sterro

L'analisi condotta mostra che in tali condizioni la verifica stabilità del pendio è soddisfatta con un adeguato margine di sicurezza.

APPENDICE A: CASI DI PROVA (Fonte : Ce.A.S. s.r.l.)

CASO PROVA 1 – Un esempio passo dopo passo

Per familiarizzare con la procedura, consideriamo il semplice esempio proposto da Abramson et al (2005) (paragrafo 6.9.6, Figura 6.25). Si tratta di un versante d'altezza pari a 20 m e pendenza 2H:1V in terreno omogeneo ed in assenza di falda.

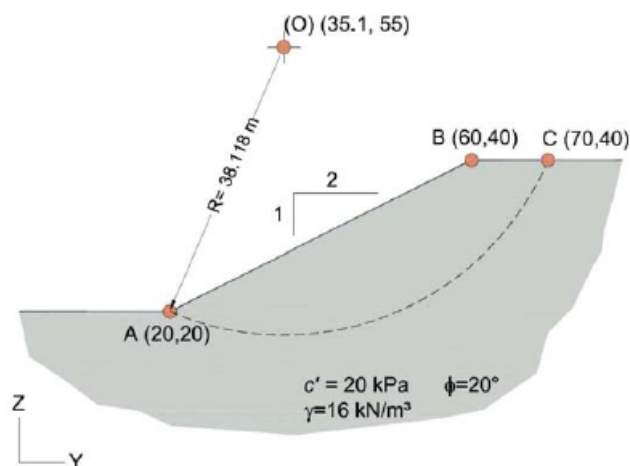
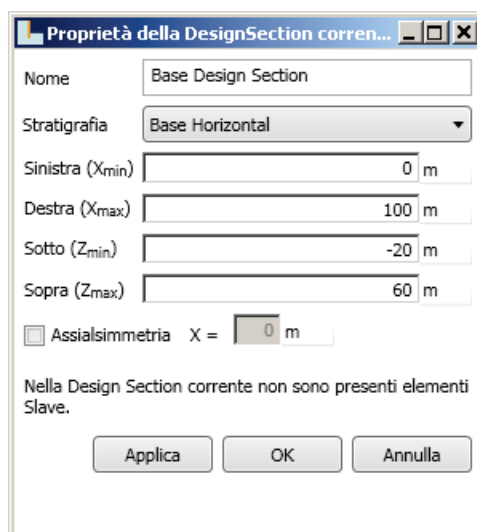


Fig. A.1 – Esempio(da Abramson et al 2002)

Il coefficiente di sicurezza è valutato per la superficie circolare prestabilita indicata nella Figura A.1 in cui sono riportati anche i parametri del terreno.

Partiamo con un nuovo modello di default proposto da PARATIE PLUS.

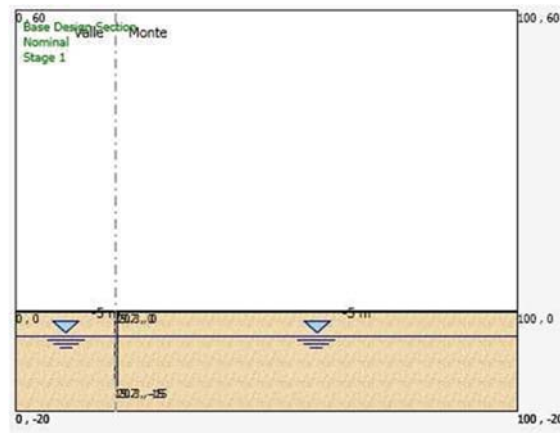
Estendiamo i limiti del modello, adattandoci alla geometria di Figura A.1. I limiti minimo e massimo per le coordinate orizzontali possono essere 0 e 100, mentre per le quote possiamo prevedere, ad esempio, limiti compresi tra -20 e 60. Per ridefinire tali limiti possiamo aggiustare le proprietà della DS corrente



Ora, anche se non strettamente necessario, facciamo in modo che il monte sia a destra, utilizzando l'opzione .

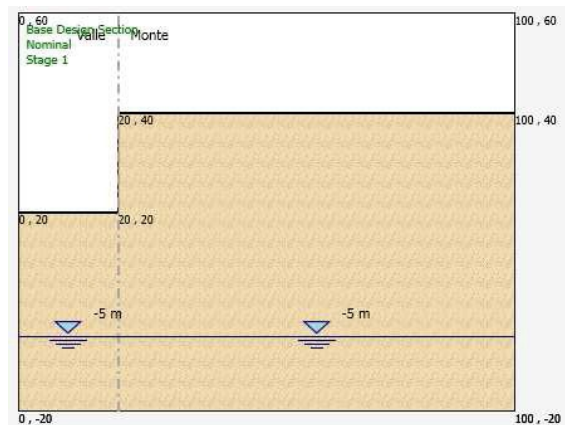
Poniamo inoltre l'ordinata della parete a +20, cliccando sulla traccia della parete stessa e attivando la dialog box che ne permette la ridefinizione della coordinata.

Per chiarezza, attiviamo l'opzione Mostra Punti del menu Vista: otterremo il seguente modello.

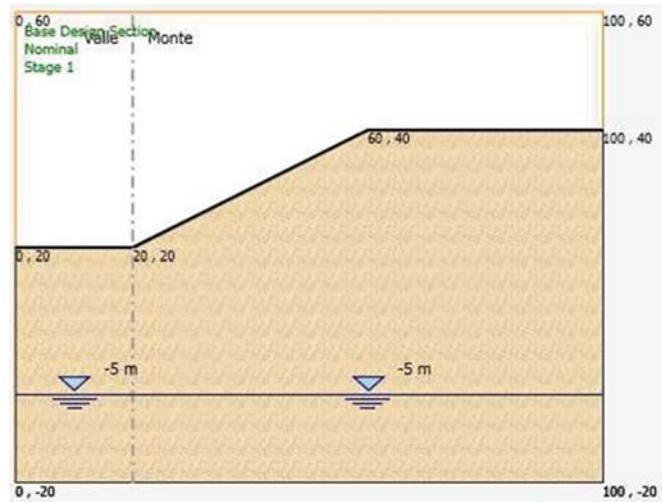


Ora la parete vera è propria può anche essere rimossa (ciò non è tuttavia strettamente necessario). Portiamo il piano campagna a quota +20 a sinistra e a +40 a destra. PARATIE PLUS ci avverte che il terreno è posto al di sopra della massima quota (+0) al di sotto della quale è definita la stratigrafia.

Sarà quindi necessario innalzare la quota sommitale dell'unico strato presente, trascinando verso l'alto l'handler della quota sommitale. Dovremmo ottenere più o meno la seguente rappresentazione:



Non ci resta che modellare la superficie del pendio: selezioniamo la linea del piano campagna di destra, quindi, con il tasto destro del mouse, chiediamo di aggiungere un punto. Possiamo ora aggiustare la posizione dei punti della linea di superficie.

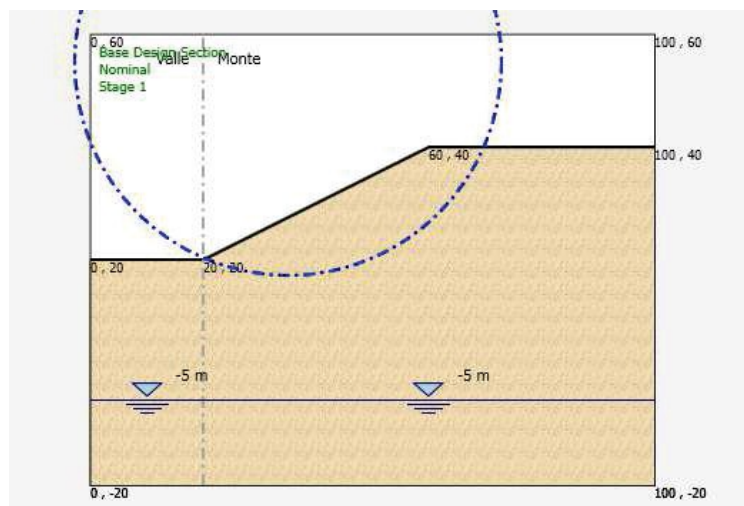


Ovviamente ridefiniamo i parametri dello strato (di default) assegnando i valori indicati in Figura 8-21. Siamo pronti per eseguire il calcolo di stabilità del pendio.

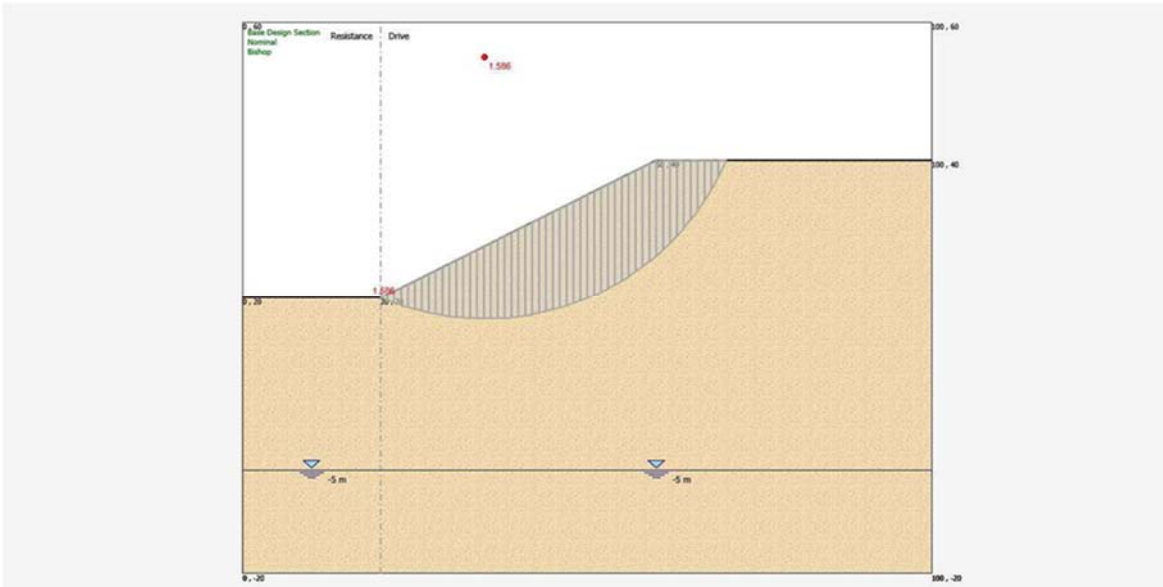
Nel Menu VSP, utilizziamo il comando Proprietà . Definiamo i parametri come indicato.

Attivo	<input checked="" type="checkbox"/>
Metodo di stabilità del pendio	BISHOP
Definizione Superficie Critica	
Massimo numero di iterazioni	100
Passo Conci	1 m
Contributo del muro all'analisi di stabilità	Ignora muro
Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo	<input type="checkbox"/>
Superficie Critica Semplice	
Xc	35.1 m
Zc	55 m
Numero Raggi	1
Raggio Minimo	38.118 m
Raggio Massimo	38.118 m

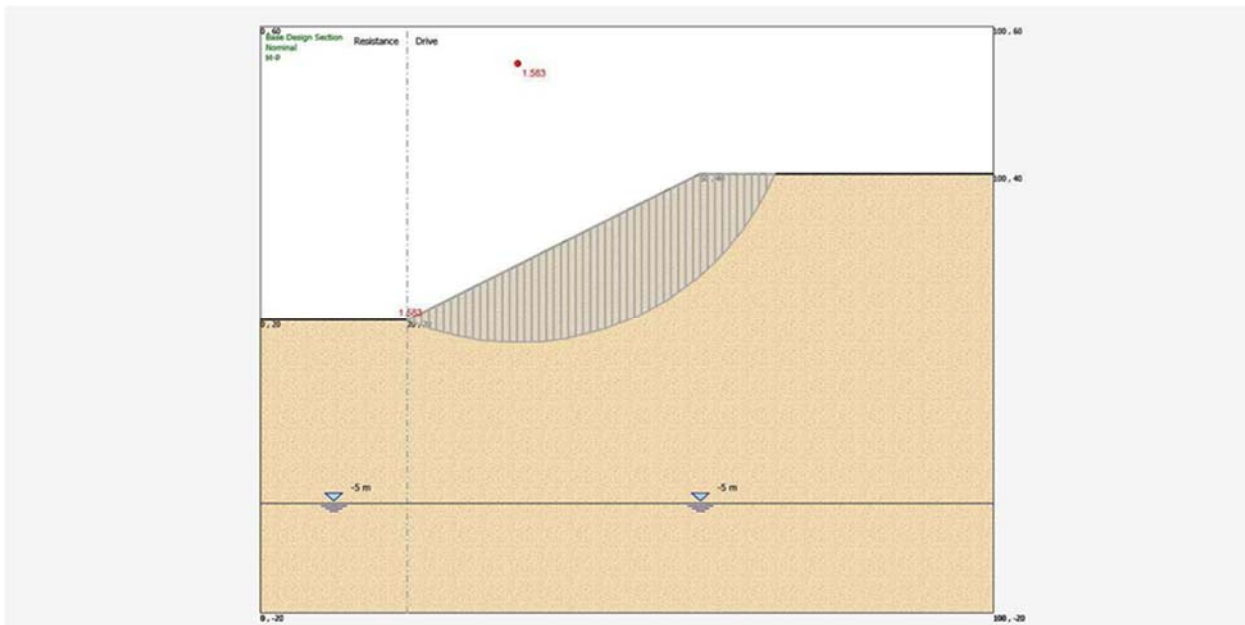
PARATIE PLUS rappresenta graficamente i criteri di definizione della superficie di scivolamento. In questo caso si ha la seguente rappresentazione. Il centro e il raggio possono essere modificati graficamente, agendo sugli handler che appaiono dopo aver selezionato gli oggetti grafici.



Possiamo ora eseguire il calcolo, con il comando , quindi rappresentare il coefficiente di sicurezza e la suddivisione in conci con il comando . Si ottiene il seguente risultato.



Possiamo ora, dalla dialog box delle proprietà del modello, cambiare il metodo di calcolo, vale a dire passare dal metodo di Bishop a M&P, scegliendo una funzione di forma $f(x)$ costante. Dopo avere rieseguito l'analisi, si ottengono i seguenti risultati.



Per conoscere, oltre a F_s , il valore del parametro λ , è necessario attivare la tabella di dettaglio dei conci, nella cui intestazione si riporta il valore di $\lambda=0.301$.

Nella seguente tabella, i risultati in termini di F_s forniti da PARATIE PLUS sono confrontati con quelli riportati da Abramson et al (2002).

	Abramson et al (2002)	PARATIE PLUS
Bishop semplificato	1.544	1.586
M&P f(x) costante	1.589	1.583
M&P f(x) sinuosoidale	1.588	
Janbu semplificato	1.373 (*)	1.424(*)

(*) senza coeff. correttivo di Figura 8-3 ($f_0 \approx 1.07$)

Le soluzioni di Bishop e Janbu indicate da Abramson et al (2002) si riferiscono a calcolo manuali basato sulla suddivisione in 10 conci della larghezza di 5 m e sull'introduzione di alcune approssimazioni non del tutto trascurabili riguardanti, ad esempio, l'altezza del generico concio.

Sempre con riferimento all'esempio di letteratura, i risultati riguardanti il metodo di M&P si riferiscono a coefficienti di sicurezza calcolati con il codice XSTABL (per i riferimenti si veda testo citato) (suddivisione con 11 conci).

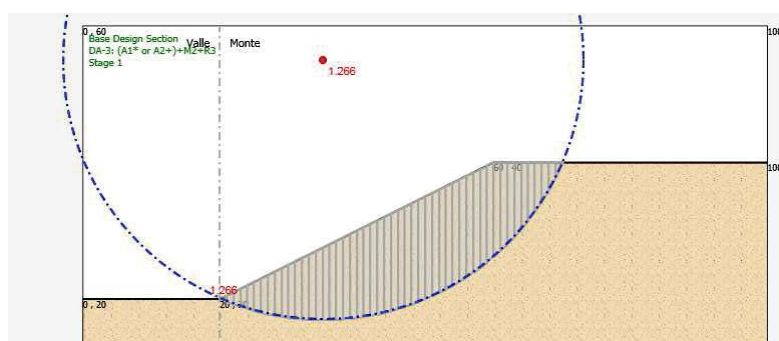
Nel complesso il confronto è molto buono. Per questo tipo particolare di superficie di scivolamento, si può apprezzare come le differenze tra il classico metodo Bishop e quello di M&P siano molto piccole.

Consideriamo ora la verifica di stabilità in rapporto ad un calcolo agli stati limite. Con la procedura usuale, definiamo una serie di Design Assumptions (DA), recuperando, ad esempio, quelle precodificate secondo le indicazioni degli Eurocodici.

Selezioniamo una DA di tipo A2+M2, per la quale sono previsti i seguenti coefficienti di sicurezza parziali:

$$\gamma_f = \gamma_{c'} = 1.25$$

Dopo avere eseguito il calcolo (con M&P, funzione di forma costante), si ottiene il seguente risultato:



Il valore di $F_s=1.266$ è coerente con i coefficienti parziali assunti in questo calcolo. Infatti, il coefficiente di sicurezza riferito a un calcolo con parametri caratteristici, sarebbe pari a $1.266 \cdot 1.25 = 1.5825$, in completo accordo con il valore 1.583 prodotto da PARATIE PLUS.

Secondo la Normativa Italiana, il fattore di sicurezza prodotto considerando i valori d'angolo d'attrito e coesioni abbattuti tramite i coefficienti parziali, deve di regola essere pari a 1.1, ossia pari al coefficiente γ_R indicato dalla Norma stessa.

CASO PROVA 2 – Un esempio con l'inserimento di un tirante

Consideriamo l'esempio in Figura A.2, riguardante uno scavo in condizioni non drenate in argilla sovra-consolidata, la cui resistenza è espressa in termini di una resistenza a taglio non drenata $S_u=100$ kPa costante per l'altezza d'interesse.

Per il sostegno dello scavo si prevede una parete, le cui caratteristiche, tuttavia, non vengono prese in conto al fine della stabilità del fronte.

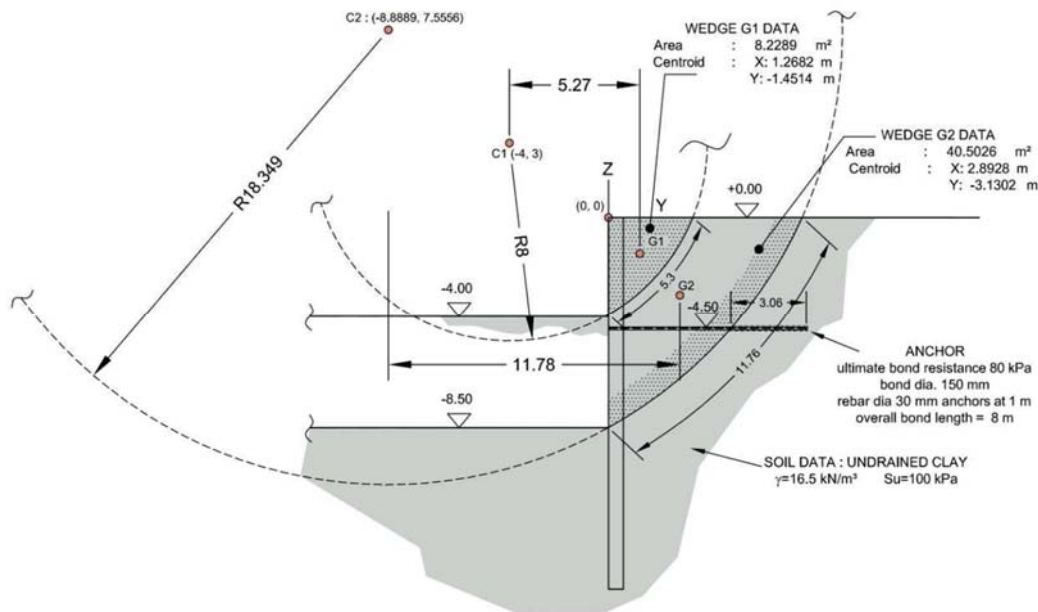


Figura A.2: Scavo non drenato in argilla con inserimento di un tirante

Consideriamo tre situazioni

1. altezza di scavo di 4 m, senza alcun tirante
2. altezza di scavo di 8.5 m, senza tirante
3. inserimento tirante passivo a quota -4.50 m.

Se partiamo, come al solito, dal modello di default, abbiamo una parete (infissa 15 m) posta alla coordinata orizzontale $X=0$. Facciamo in modo che il terreno di monte sia a destra: dobbiamo cambiare la scelta di default, per prevedere il monte a sinistra (comando).

Definiamo i parametri dell'unico strato che chiameremo "Clay", ricordando che, nel caso di un'argilla, sia i parametri drenati sia quelli non drenati vanno distinti da quelli utilizzati dal modello CLAY di PARATIE. In questo caso, assegniamo (nella tab resistenza) i seguenti valori, assicurandoci che sia attivo il comportamento non drenato.

For Slope Stability Analysis

ϕ' slope °

c' slope kN/m²

C_u slope kN/m²

Default Clay Behaviour

Drained

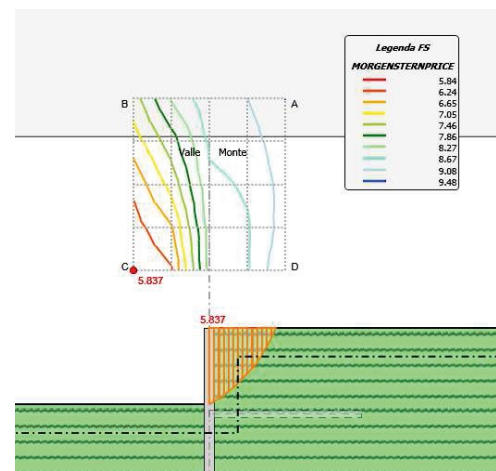
Undrained

TSP not in use in current DS

Facciamo inoltre in modo che la falda non interferisca con lo scavo; assegniamo inoltre a entrambi i pesi specifici il valore del peso totale $\gamma=16.5$ kN/m³. Nel caso di materiale completamente non drenato, in linea di massima, gli effetti dell'acqua non entrerebbero mai in gioco, a meno che non si determini una zona di acqua libera (un lago). Quindi, in un caso del genere, sarebbe possibile, in linea di principio, assegnare a monte una quota della freatica diversa da valle, anche senza dover eseguire un calcolo di filtrazione.

Definiamo una fase nella quale, a sinistra, abbassiamo lo scavo a quota -4.00 e ricerchiamo il coefficiente di sicurezza minimo associato a diverse superfici circolari con centri in una griglia. Utilizzando un passo di conci pari a 25 cm, e selezionando il metodo di M&P, otteniamo il seguente risultato.

Con la griglia ipotizzata, il coefficiente di sicurezza minimo è associato a un arco di circonferenza di raggio circa pari a 8 m e centro nel punto C1 e quindi alla porzione G1 in Figura A.2. È immediato ricalcolare il coefficiente di sicurezza imponendo l'equilibrio alla rotazione attorno a C1



Si ha

$$M_{stab,C1} = S_u \cdot L_{arc} \cdot R = (100\text{kPa}) \cdot (5.30\text{m}) \cdot (8\text{m}) = 4240 \cdot \text{kNm} / \text{m}$$

$$M_{instab,C1} = W_{G1} \cdot (x_{G1} - x_{C1}) = (8.2289\text{m}^2 \cdot 16.5\text{kN} / \text{m}^3) \cdot (5.27\text{m}) = 715.5 \cdot \text{kNm} / \text{m}$$

da cui

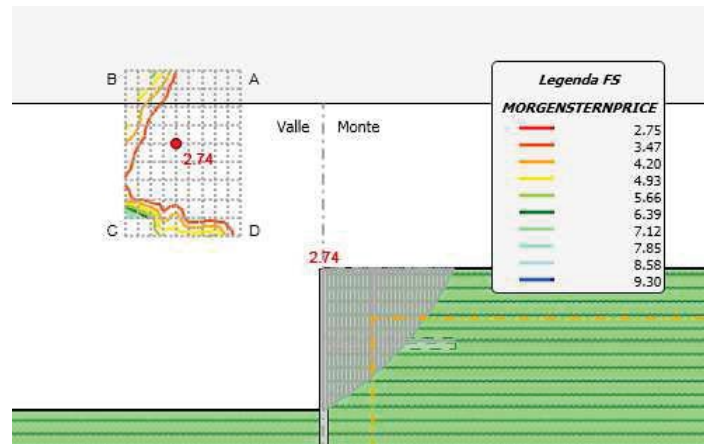
$$F_s = \frac{M_{stab,C1}}{M_{instab,C1}} = \frac{4240}{715.5} = 5.926$$

Tra PARATIE PLUS e il risultato atteso si ha una differenza trascurabile, legata anche alla leggera differenza tra il valore del raggio introdotto nel calcolo manuale rispetto al valore preso in considerazione da PARATIE PLUS. Nella pratica, ovviamente, dovrebbero essere analizzate anche altre possibili situazioni, oltre a differenti superfici di scivolamento, comprese superfici non circolari. Alla luce dei fini dimostrativi di questo manuale, ci limitiamo tuttavia a quest'analisi.

Come l'utente potrà verificare, il medesimo coefficiente di sicurezza può essere ottenuto con il metodo di Bishop, mentre, per questa superficie, la soluzione con il metodo di Janbu non converge.

Passiamo ora alla configurazione con un'altezza di scavo di 8.5 m, senza l'applicazione di alcun tirante.

Con il medesimo approccio, ma con una griglia dei centri spostata a sinistra otteniamo i risultati a lato, associati al centro C2 e quindi alla porzione G2 in Figura A.2.



Si ha

$$M_{stab,C2} = S_u \cdot L_{arc} \cdot R = (100\text{kPa}) \cdot (11.76\text{m}) \cdot (18.349\text{m}) = 21578 \cdot \text{kNm/m}$$

$$M_{instab,C2} = W_{G2} \cdot (x_{G2} - x_{C2}) = (40.5\text{m}^2 \cdot 16.5\text{kN/m}^3) \cdot (11.78\text{m}) = 7872 \cdot \text{kNm/m}$$

da cui

$$F_s = \frac{M_{stab,C1}}{M_{instab,C1}} = \frac{21578}{7872} = 2.741$$

Ancora lo stesso risultato fornito da PARATIE PLUS. Consideriamo ora il tirante passivo e valutiamone il contributo alla resistenza, basandoci, per il momento, sulla medesima superficie di scorrimento C2, G2.

La resistenza disponibile messa in conto da PARATIE PLUS corrisponde a quella offerta dalla quota parte di bulbo (di lunghezza $L_{B,Avl}$) esterna alla superficie di scivolamento, pari in questo caso a 3.06 m.

Con i dati in Figura A.2, ed assumendo un coefficiente di sicurezza sulla resistenza a sfilamento $FS=2$, la resistenza disponibile, per metro di parete è pari a

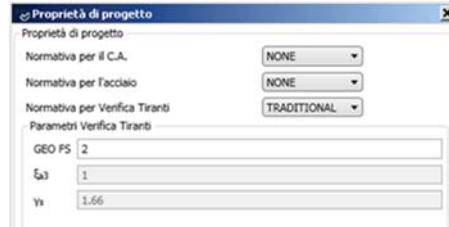
$$F_{avl} = \left(\pi \cdot D \cdot \frac{q_s}{FS} \cdot L_{B,Avl} \right) \cdot \frac{1}{\text{step}} = \left(\pi \cdot (0.15\text{m}) \cdot \frac{80\text{kPa}}{2} \cdot (3.06\text{m}) \right) \frac{1}{1\text{m}} = 57.67 \text{ kN/m}$$

quindi

$$M_{instab,C2} = W_{G2} \cdot (x_{G2} - x_{C2}) - F_{avl} \cdot (z_F - z_{C2}) = 7872 - 57.67 \cdot (7.5556 + 4.50) = 7176 \cdot \text{kNm/m}$$

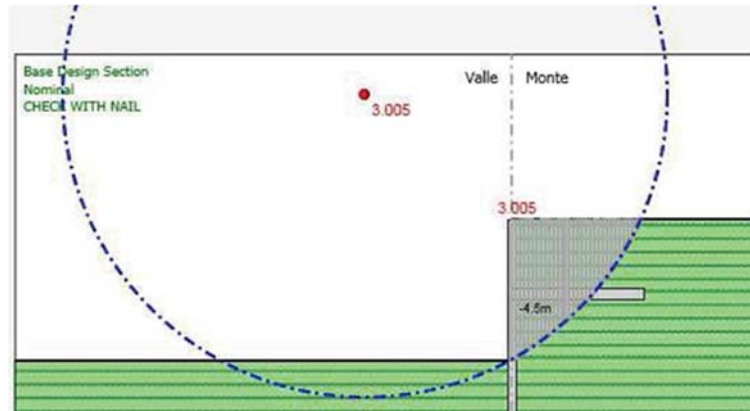
$$F_s = \frac{M_{stab,C1}}{M_{instab,C1}} = \frac{21578}{7176} = 3.007$$

È possibile riprodurre questo calcolo, imponendo una superficie ben precisa, di raggio e centro noti. Possiamo attivare il tirante e rieseguire l'analisi, dopo avere definito, per la resistenza dei tiranti, il coefficiente di sicurezza, nel Menu Verifiche → Proprietà verifiche, come segue.



Si ottiene il seguente risultato, che conferma le attese.

Tramite l'esame dei risultati riguardanti i singoli conci, è possibile individuare l'azione del tirante considerata PARATIE PLUS, che coincide con il valore predeterminato sopra.



CASO PROVA 3 – La stabilità di un argine in presenza di filtrazione

Consideriamo ora un esempio più complesso. In Figura A.3 si riporta un problema assimilabile a un argine che contiene, sulla destra, un corpo d'acqua. Si studia dapprima, con il modulo SEEPAGE, il regime di filtrazione per determinare la portata da prelevare tramite una schiera di well points posti in prossimità dell'unghia di valle dell'argine, affinché l'area a valle dell'argine sia all'asciutto.

Successivamente sarà possibile studiare la sicurezza dell'argine, nei riguardi della stabilità.

Per una valutazione della qualità dei risultati forniti da PARATIE-PLUS, lo stesso modello sarà studiato con un metodo di calcolo alternativo, tramite una modellazione numerica con FLAC 7.00 (Itasca (2015)).

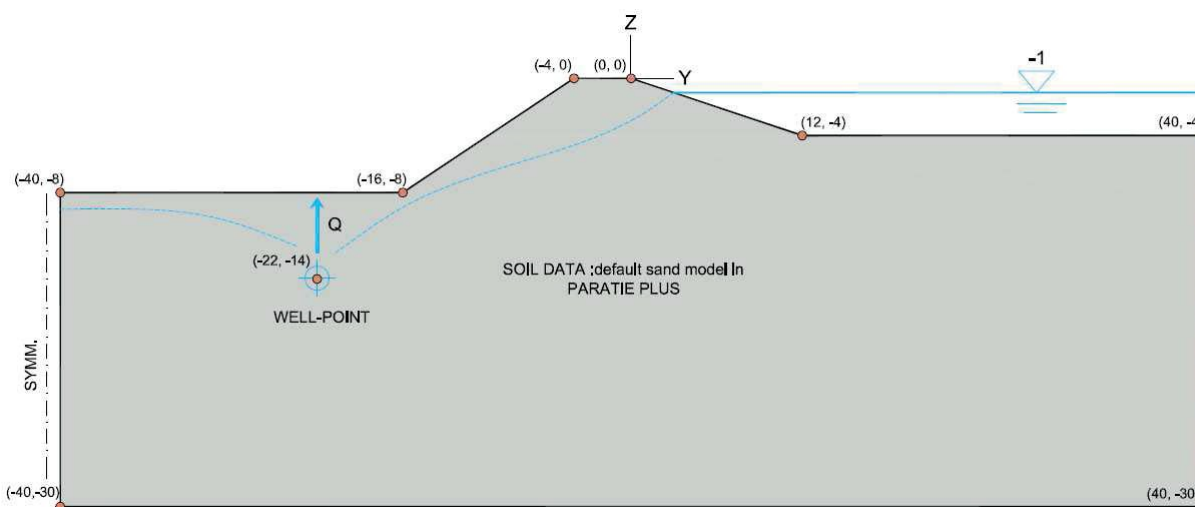


Figura A.3: dyke - stabilità di un argine

CASO PROVA 3.1 – Calcolo della portata dei well points

Una volta definita la geometria del problema, assegniamo le condizioni al contorno idrauliche che, per questo caso, possono essere le seguenti:

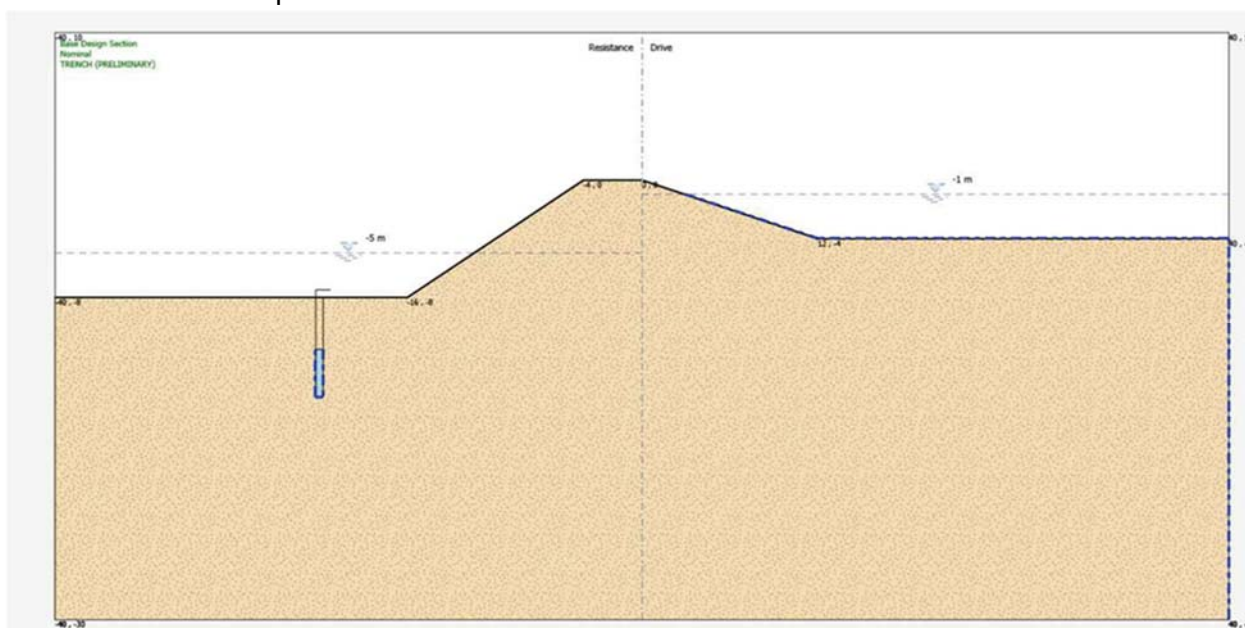
- sulla frontiera verticale di sinistra, si può ipotizzare una condizione di flusso nullo: in altre parole, si ipotizza che tale frontiera sia la traccia un piano di simmetria ;
- sulla frontiera verticale di destra, è possibile assumere una distribuzione di pressioni idrostatiche regolate dal battente di destra: questo simula una sorta di invaso di estensione infinita;
- sulle superfici superiori da entrambi i lati non è necessario specificare alcuna condizione particolare: le freatiche devono essere lasciate libere di muoversi; a destra, quando la superficie si trova al di sotto della freatica, PARATIE PLUS assegna comunque una condizione di pressione nota.

Per valutare la portata da emungere con la schiera di well-points potremmo operare in via iterativa aumentando progressivamente il flusso assegnato al well-point fino a raggiungere una condizione soddisfacente, una freatica che si collochi sufficientemente al di sotto del piano di fondo scavo.

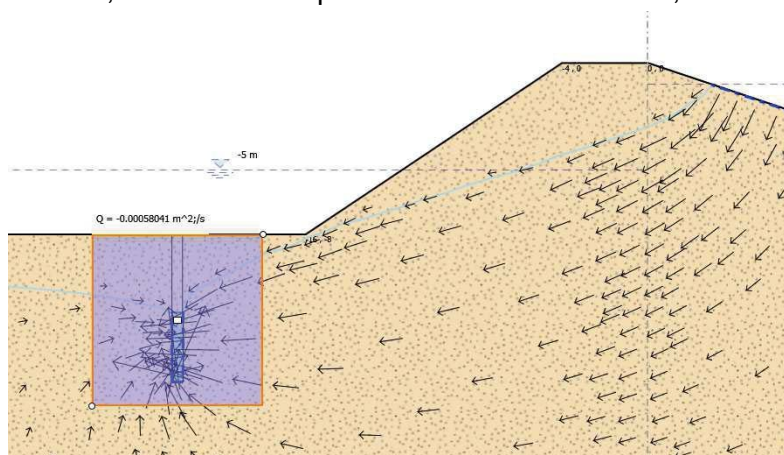
Un modo più semplice per stimare tale quantità, che dipende dalla geometria del problema e dal coefficiente di permeabilità dell'acquifero, consiste nell'utilizzare lo strumento delle trincee

drenanti: invece che assegnare una condizione di flusso noto, possiamo porre una trincea drenante in prossimità della regione ove saranno installati i well-points, con la quale è possibile imporre che la freatica nell'acquifero passi per una posizione ben precisa. Nota la soluzione, possiamo facilmente dedurre la risultante dei flussi uscenti da tale trincea, per mezzo dello strumento flow inspector; infine possiamo sostituire, alla trincea drenante, un wellpoint al quale assegnare la portata così predefinita.

Il modello con trincea drenate è il seguente: dobbiamo sottolineare che anche il posizionamento della trincea drenante richiede qualche tentativo, al fine di riprodurre una freatica mobile che non interferisca con la superficie del terreno.



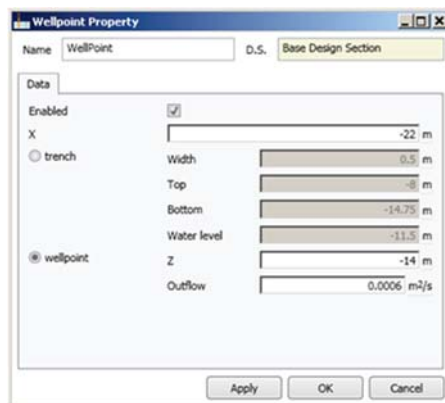
Per mezzo di uno strumento flow inspector che abbracci la trincea drenante si può facilmente stimare un flusso totale uscente (negativo) pari a $5.8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ (circa 35 litri/minuto per metro di trincea). L'utente può verificare che il flusso totale entrante dall'invaso di monte e dalla frontiera verticale a destra coincide, a meno di una piccola tolleranza numerica, con il flusso uscente.



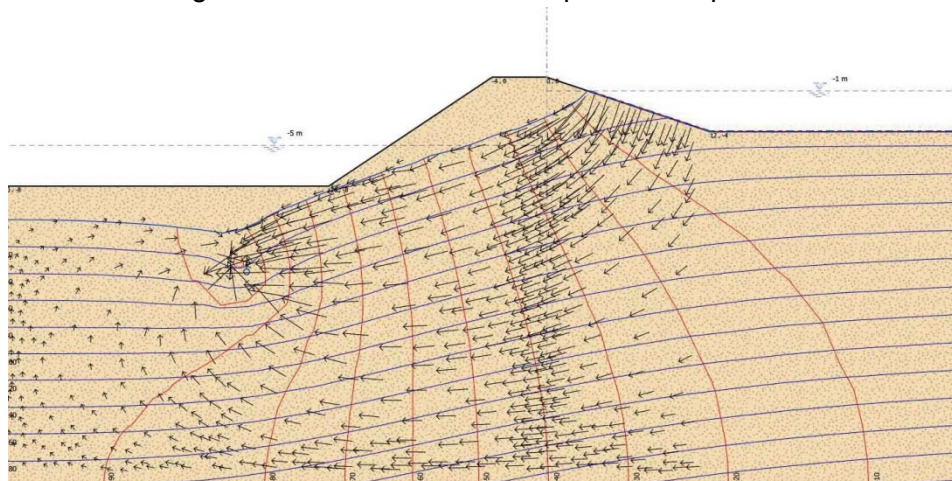
Possiamo ora modificare la condizione d'innesco, passando a un well-point di portata nota.

CASO PROVA 3.2 – Calcolo filtrazione con well points

Con un doppio click sulla la trincea drenante, appare una finestrella, tramite la quale possiamo trasformare la trincea in un well-point a cui assegniamo un prelievo pari a $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ come segue.



La nuova soluzione è la seguente, molto simile nel complesso alla precedente.

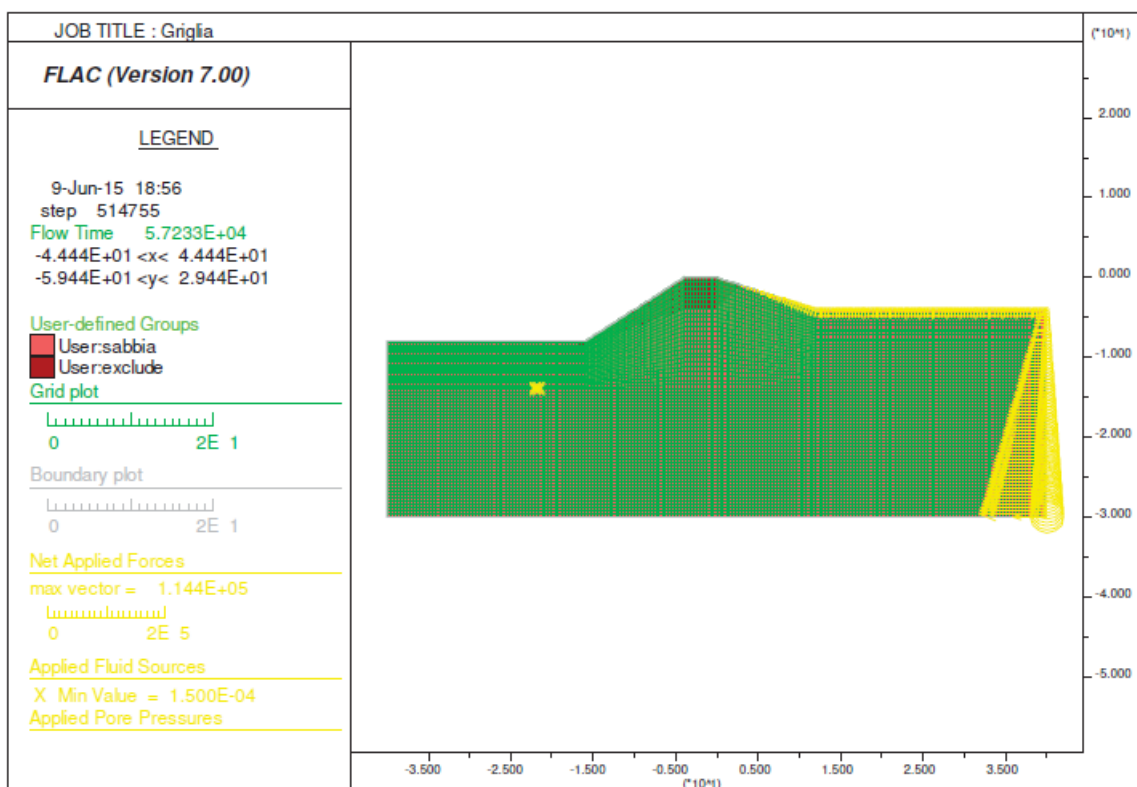


CASO PROVA 3.3– Verifica della soluzione

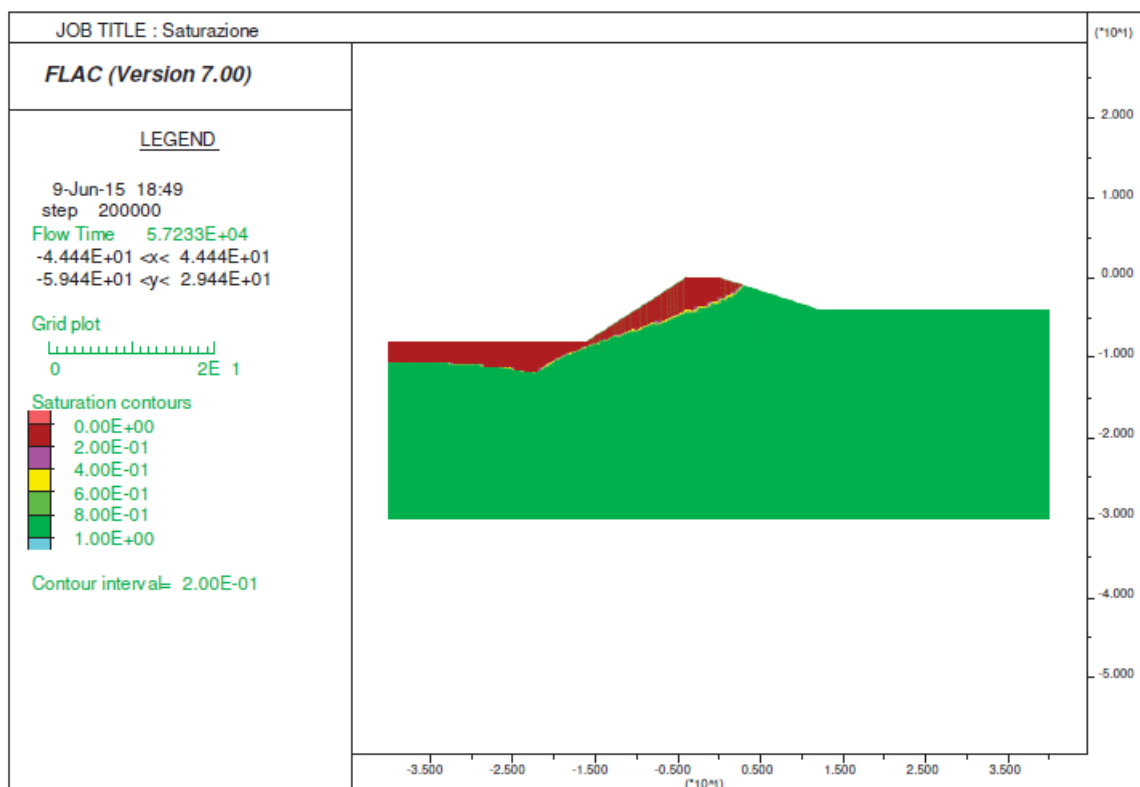
Per verificare la qualità dei risultati di PARATIE PLUS, possiamo riprodurre il medesimo esempio con un altro codice di calcolo. Utilizzeremo, in questo caso, in particolare, le opzioni di filtrazione del codice di calcolo FLAC 7.00 (Itasca (2015)) (i dati FLAC sono contenuti in Appendice B).

Il modello è riportato nella seguente figura, in cui sono riassunte le condizioni al contorno idrauliche imposte, corrispondenti con quelle prima discusse. Il prelievo dalla falda è ottenuto per mezzo di una condizione di flusso estratto, in una posizione ben precisa e di entità complessiva pari a quella assegnata a PARATIE PLUS.

Benché FLAC consenta un'analisi completamente accoppiata tra comportamento dello scheletro solido e idraulico dell'acqua nei pori, in questo caso è stata attivata la sola componente idraulica. FLAC, pur con una tecnica numerica differente da PARATIE PLUS, consente di modellare una freatica mobile, la cui posizione è individuata al confine tra le zone a saturazione totale e quella a saturazione nulla.



La freatica determinata da FLAC è la seguente, da cui si può osservare una corrispondenza molto soddisfacente con il risultato di PARATIE PLUS.



Le due freatiche sono meglio evidenziate nella figura che segue.

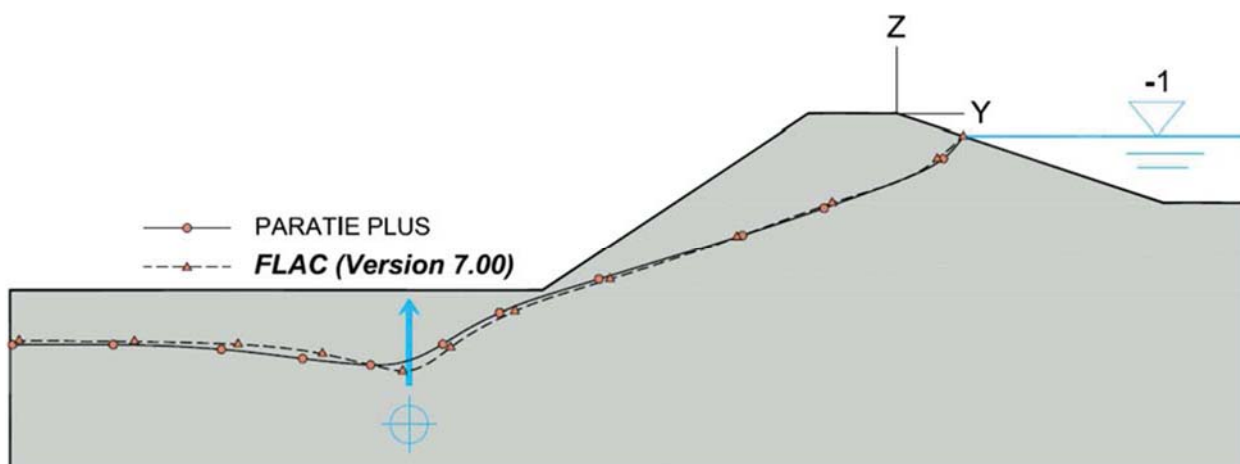


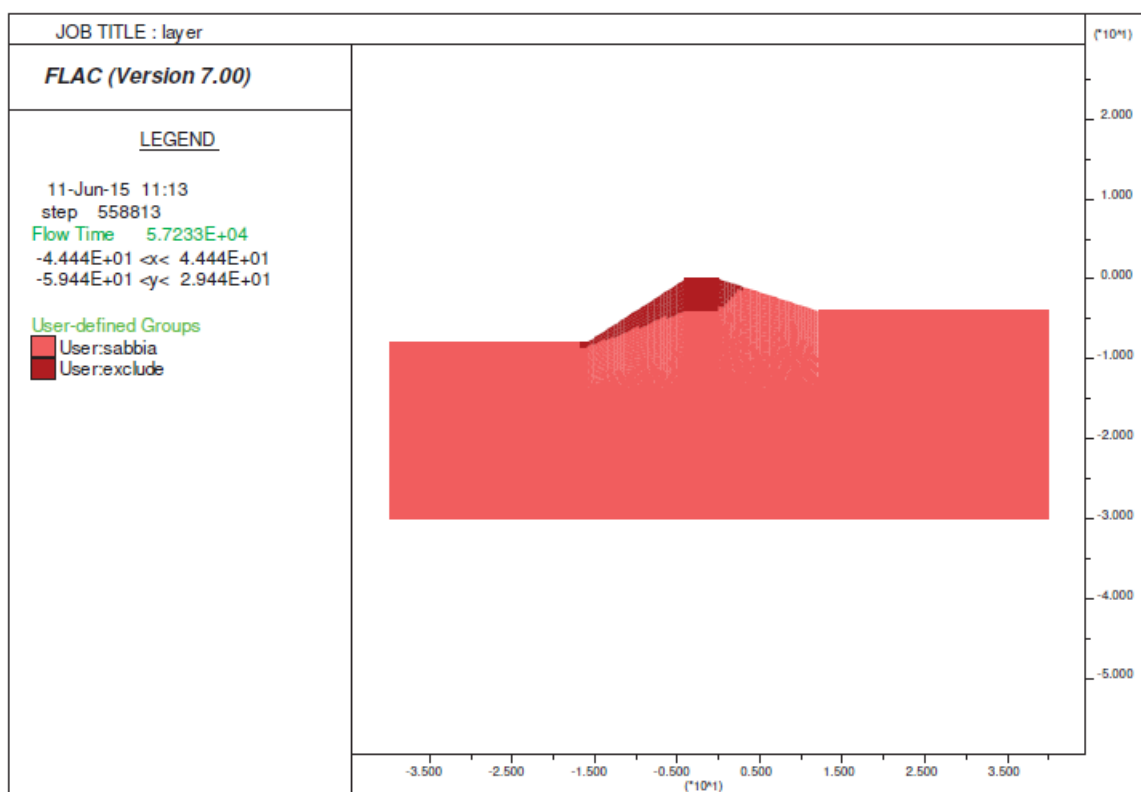
Figura A.4: Dyke - confronto freatica PARATIE-PLUS - FLAC 7.00

CASO PROVA 3.4– Stabilità dell'argine

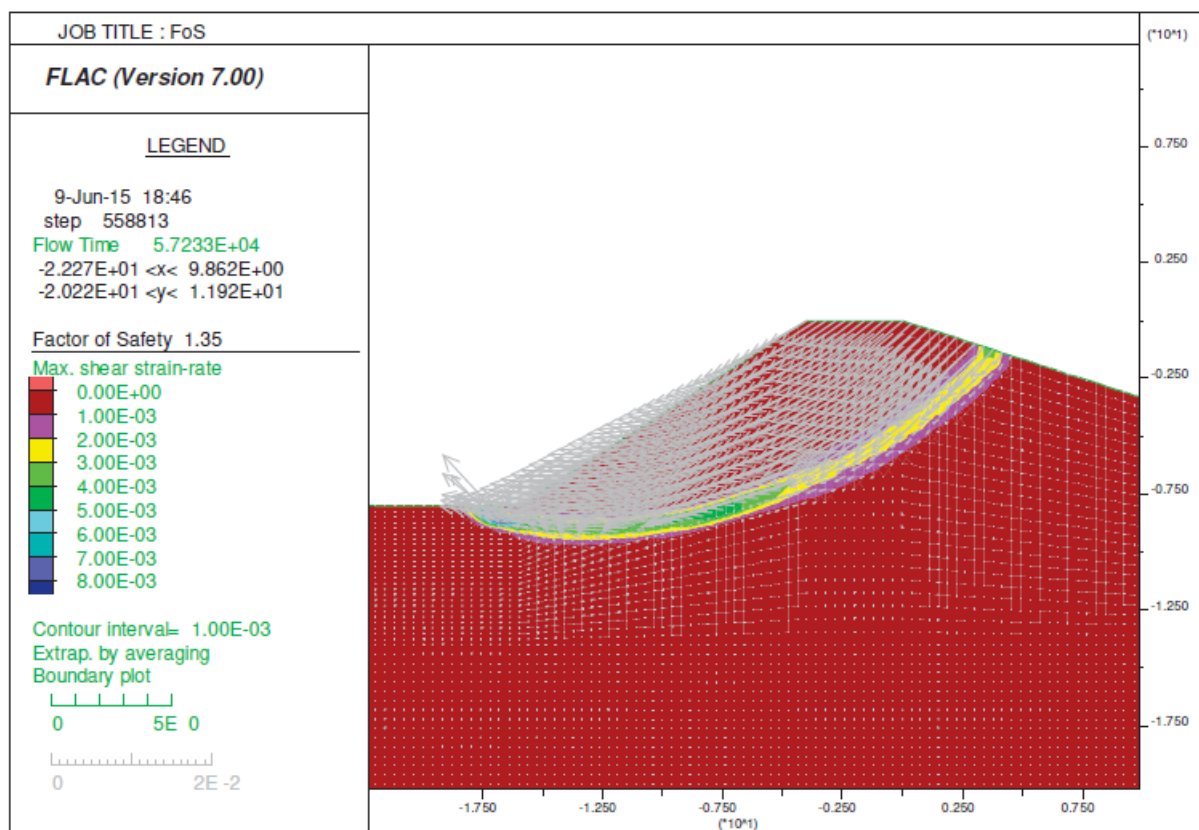
Consideriamo ora la stabilità dell'argine, nella parte riguardante il solo lato opposto all'invaso. Per valutare l'effetto delle pressioni interstiziali sulla stabilità, esaminiamo una porzione di argine individuata da una linea di scivolamento abbastanza profonda: escludiamo, in altre parole, che si possano formare meccanismi instabili superficiali.

Consideriamo, per prima cosa, il modello FLAC: con questo codice di calcolo, è possibile calcolare il coefficiente di sicurezza, inteso in senso classico, attraverso una procedura iterativa di progressiva riduzione dei parametri geotecnici, fino al raggiungimento di condizioni prossime alla formazione di un cinematismo nell'ammasso di terreno. Nella letteratura tecnica, oltre che nei manuali di FLAC, è possibile trovare molteplici confronti tra questa tecnica e i classici metodi implementati in PARATIE PLUS.

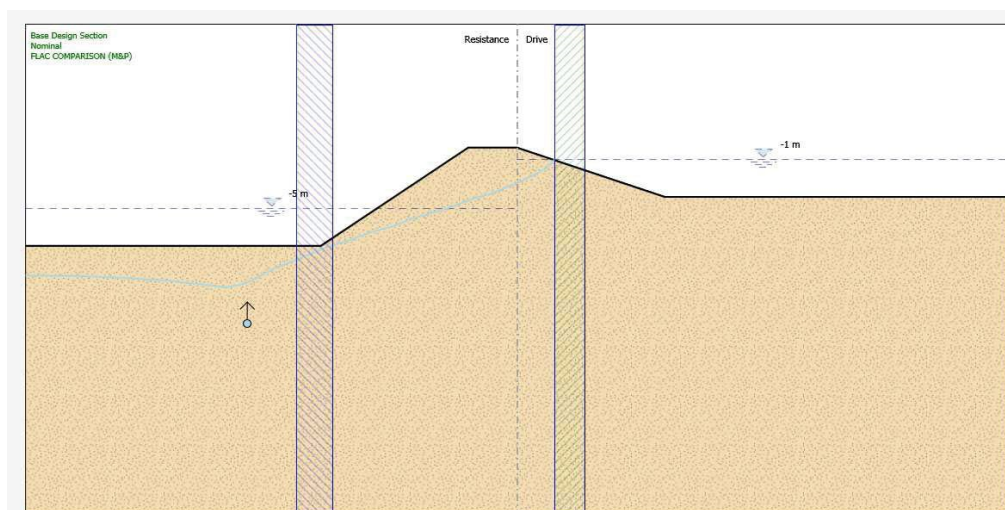
Per impedire la formazione di superfici di scivolamento superficiali, alla regione sommitale dell'argine (scura in figura) è attribuita una coesione fittizia molto elevata.



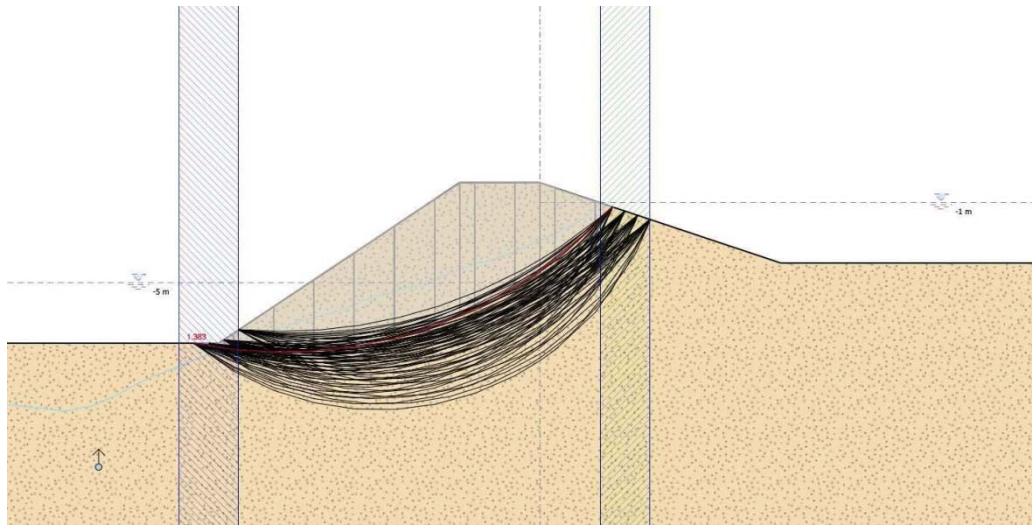
Il coefficiente di sicurezza è pari a 1.35, associato al meccanismo rappresentato nella figura seguente. È importante notare che, con questo metodo, al contrario dei metodi implementati in PARATIE PLUS, non è necessario prestabilire il meccanismo di collasso.



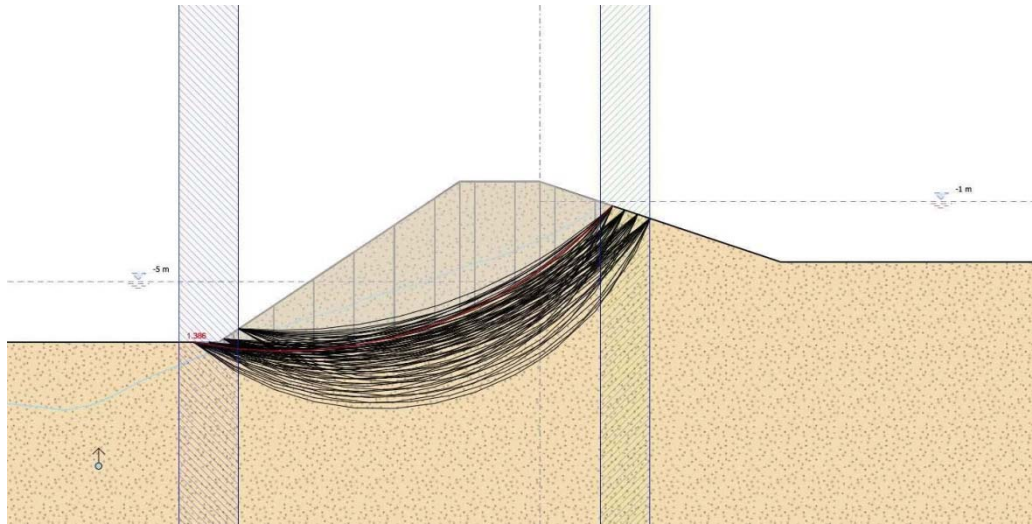
Possiamo ora calcolare, con PARATIE PLUS, il coefficiente di sicurezza associato a linee di scivolamento approssimate da archi di cerchio entranti e uscenti dall'argine in prossimità dei punti indicati dall'analisi FLAC: nella figura seguente sono rappresentate, in tratteggio, le zone di possibile intersezione tra superficie di scivolamento e piano campagna.



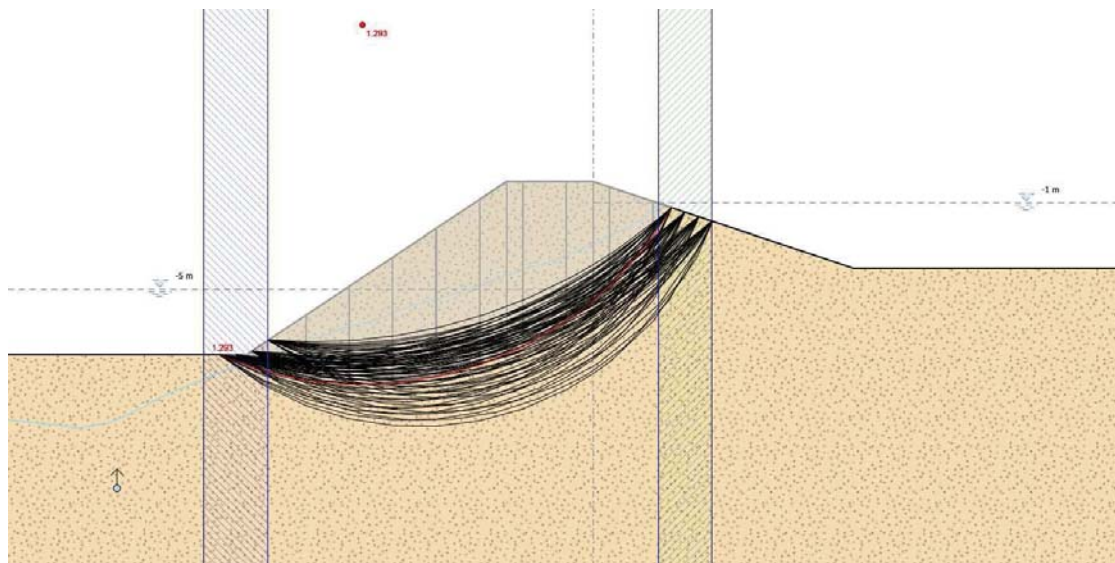
La soluzione può essere ottenuta con i tre metodi implementati, vale a dire con il metodo di Bishop.



con il metodo di M&P (funzione di forma lineare)



e con il metodo di JANBU.

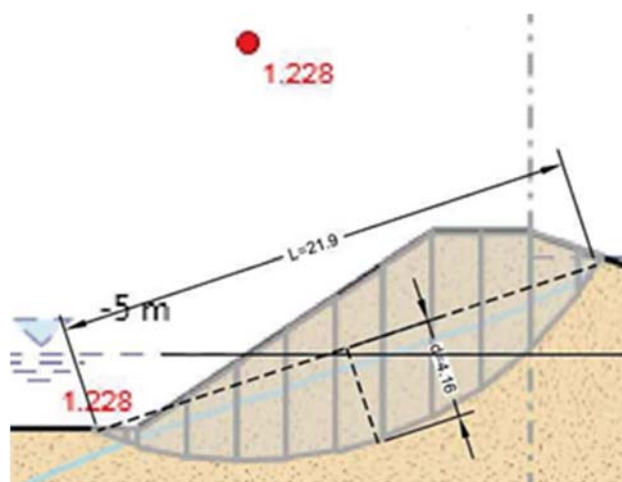


Complessivamente, abbiamo i seguenti risultati:

Metodo	PARATIE PLUS	FLAC
<i>c-φ' reduction</i>	--	1.35
Bishop semplificato	1.324	--
M&P f(x) costante	1.328	--
Janbu semplificato	1.228 (*)	--
	1.277 (**)	--

(*) senza coeff. correttivo di Figura 8-3

(**) con coeff. correttivo $f_0 \approx 1.04$, assumendo $d/L = 0.19$ (vedi figura qui di seguito)



Le differenze tra i diversi approcci sono da ritenersi trascurabili e, comunque, comprese nell'intervallo di variabilità segnalato nella letteratura tecnica.

APPENDICE B: Dati Flac 7.00 modello Dyke

Dati Flac 7.00 modello Dyke

```
;Project Record Tree export

;File:filtrazione_flac.dat

;Units: SI: meter-kilogram-second;Title:Saturazione

;Branch 1:geometria.sav

; Source: <no name>

config gwflow extra
1 grid 203,65

gen -40.0,-30.0 -40.0,-14.0 -22.0,-13.999998 -22.0,-30.0 i=1,46 j=1,41

gen -22.0,-30.0 -22.0,-13.999998 -15.999999,-13.999999 -15.999999,-30.0 &
i=46,61 j=1,41

gen -15.999999,-30.0 -15.999999,-13.999999 -4.0,-13.999999 -4.0,-30.0 &
i=61,93 j=1,41

gen -4.0,-30.0 -4.0,-13.999999 -1.11262E-7,-13.999999 -2.3841858E-7,-30.0 &
i=93,103 j=1,41

gen -2.3841858E-7,-30.0 -1.11262E-7,-13.999999 2.9999998,-13.999999 &
2.9999995,-30.0 i=103,111 j=1,41

gen 2.9999995,-30.0 2.9999998,-13.999999 12.0,-13.999999 11.999999,-30.0 &
i=111,134 j=1,41

gen 11.999999,-30.0 12.0,-13.999999 40.0,-13.999999 40.0,-30.0 i=134,204 &
j=1,41

gen -40.0,-14.0 -40.0,-8.0 -22.0,-8.0 -22.0,-13.999998 i=1,46 j=41,66

gen -22.0,-13.999998 -22.0,-8.0 -16.0,-8.0 -15.999999,-13.999999 i=46,61 &
j=41,66

gen -15.999999,-13.999999 -16.0,-8.0 -4.0,0.0 -4.0,-13.999999 i=61,93 &
j=41,66

gen -4.0,-13.999999 -4.0,0.0 0.0,0.0 -1.11262E-7,-13.999999 i=93,103 &
j=41,66

gen -1.11262E-7,-13.999999 0.0,0.0 3.0,-1.0 2.9999998,-13.999999 i=103,111 &
j=41,66

gen 2.9999998,-13.999999 3.0,-1.0 12.0,-4.0 12.0,-13.999999 i=111,134 &
j=41,66

gen 12.0,-13.999999 12.0,-4.0 40.0,-4.0 40.0,-13.999999 i=134,204 j=41,66

model elastic i=1,45 j=1,40
model elastic i=46,60 j=1,40
model elastic i=61,92 j=1,40
model elastic i=93,102 j=1,40
model elastic i=103,110 j=1,40
model elastic i=111,133 j=1,40
model elastic i=134,203 j=1,40
model elastic i=1,45 j=41,65
```

```

model elastic i=46,60 j=41,65
model elastic i=61,92 j=41,65
model elastic i=93,102 j=41,65
model elastic i=103,110 j=41,65
model elastic i=111,133 j=41,65
model elastic i=134,203 j=41,65

; Fixed boundary
conditions fix x i=1
j=1,41

fix x y i=1,46 j=1
fix x y i=46,61 j=1
fix x y i=61,93 j=1
fix x y i=93,103 j=1
fix x y i=103,111
j=1 fix x y
i=111,134 j=1 fix x
i=204 j=1,41 fix x y
i=134,204 j=1 fix x
i=1 j=41,66

fix x i=204 j=41,66
save geometria.sav

;Branch 2:proprieta.sav

group 'User:sabbia' region 101 32
model mohr notnull group 'User:sabbia'

prop density=1800.0 bulk=3.333E4 shear=2E4 cohesion=0.0 friction=30.0 &
dilation=0.0 tension=0.0 notnull group 'User:sabbia'

prop permeability 1.0E-8 region 185 50

prop porosity 0.2 region 185 50

save proprieta.sav

;Branch 3:well.sav

;settings

set gravity=10.0

set mechanical=off
water bulk=900000.0
water density=1000.0

;boundary conditions

;apply pressure 30000.0 var -30000.0 0.0 from 134,66 to 111,66

;apply pressure 30000.0 from 134,66 to 204,66

;apply pressure 290000.0 var 0.0 -260000.0 from 204,1 to 204,66

apply pp 30000.0 var -30000.0 0.0 from 134,66 to 111,66

apply pp 30000.0 from 134,66 to 204,66

apply pp 290000.0 var 0.0 -260000.0 from 204,1 to 204,66

initial saturation 1.0

fix saturation i 111 134 j 66

fix saturation i 134 204 j 66

```

```

fix saturation i 204 j 1 66

interior well -62.5e-4 i 46 j 41
history 999 unbalanced

solve

save well.sav

;Branch 4:well_flow.sav
call qratio.fis

hist qratio
hist inflow
hist outflow
solve

save well_flow.sav

;Branch 5:mehc.sav
water bulk=0.0

apply pressure 30000.0 var -30000.0 0.0 from 134,66 to 111,66

apply pressure 30000.0 from 134,66 to 204,66

apply pressure 290000.0 var 0.0 -260000.0 from 204,1 to 204,66
model mohr notnull group 'User:sabbia'

prop density=1800.0 bulk=3.333E10 shear=2E10 cohesion=1e10 friction=30.0 &
  dilation=0.0 tension=0.0 notnull group 'User:sabbia'

set mechanical=on
set flow=off
solve

model mohr notnull group 'User:sabbia'

prop density=1800.0 bulk=3.333E8 shear=2E8 cohesion=0.0 friction=30.0 &
  dilation=0.0 tension=0.0 notnull group 'User:sabbia'

solve

model mohr notnull group 'User:sabbia'

prop density=1800.0 bulk=3.333E6 shear=2E6 cohesion=0.0 friction=30.0 &
  dilation=0.0 tension=0.0 notnull group 'User:sabbia'
solve

model mohr notnull group 'User:sabbia'

prop density=1800.0 bulk=3.333E4 shear=2E4 cohesion=0.0 friction=30.0 &
  dilation=0.0 tension=0.0 notnull group 'User:sabbia'
solve

save mehc.sav

;Branch 6:exclude2.sav

group 'User:exclude' i 60 61 j 64 65

group 'User:exclude' i 59 j 64 65

group 'User:exclude' i 62 92 j 64 65

```

group 'User:exclude' i 93 102 j 64 65
group 'User:exclude' i 63 100 j 63
group 'User:exclude' i 103 j 65
group 'User:exclude' i 67 99 j 62
group 'User:exclude' i 70 98 j 61 62
group 'User:exclude' i 84 97 j 60
group 'User:exclude' i 78 85 j 60
group 'User:exclude' i 110 j 65
group 'User:exclude' i 109 j 65
group 'User:exclude' i 102 108 j 64
group 'User:exclude' i 104 108 j 65
group 'User:exclude' i 99 j 61
group 'User:exclude' i 100 j 61
group 'User:exclude' i 101 j 62
group 'User:exclude' i 102 j 62
group 'User:exclude' i 104 j 63
group 'User:exclude' i 106 j 63
group 'User:exclude' i 107 j 63
group 'User:exclude' i 105 j 63
group 'User:exclude' i 103 j 63
group 'User:exclude' i 102 j 63
group 'User:exclude' i 101 j 63
group 'User:exclude' i 100 j 62
group 'User:exclude' i 103 j 62
group 'User:exclude' i 104 j 62
group 'User:exclude' i 105 j 62
group 'User:exclude' i 106 j 62
group 'User:exclude' i 101 j 61
group 'User:exclude' i 102 j 61
group 'User:exclude' i 103 j 61
group 'User:exclude' i 104 j 61
group 'User:exclude' i 105 j 61
group 'User:exclude' i 104 j 60


```

group 'User:exclude' i 103 j 60
group 'User:exclude' i 101 j 60
group 'User:exclude' i 99 j 60
group 'User:exclude' i 97 j 60
group 'User:exclude' i 98 j 60
group 'User:exclude' i 102 j 60
group 'User:exclude' i 100 j 60
group 'User:exclude' i 87 102 j 59
model mohr notnull group 'User:exclude'

prop density=1800.0 bulk=3.33e4 shear=2e4 cohesion=1.0E10 friction=30.0 &
  dilation=0.0 tension=1e10 notnull group 'User:exclude'

solve

save exclude2.sav

;Branch 7:FoSmode_exclude2.fsv

; This state should NOT be changed.

solve fos no_restore file=FoSmode_exclude2.fsv
save FoSmode_exclude2.fsv

```