



Comune di Vinadio

via Vittorio Emanuele III, 23

12010 Vinadio (CN)

P. IVA 00920640042, C.F. 80002200048, codice univoco UF3PII

tel. 0171.959143 <https://www.comune.vinadio.cn.it> P.E.C.: [vinadio@cert.ruparpiemonte.it](mailto:vinadio@cert.ruparpiemonte.it)

Pista ciclabile in fregio alla SS21, in sinistra dal  
km 28+100 Al km 28+500

Allegato d2

Relazione di calcolo

SCALA	DATA							
	24.12.2024							
CODICE OPERA	SETTORE	SEZIONE	LOTTO	LIVELLO PROGETTO	DOCUMENTO	TIPO DI DOCUMENTO	N. ELABORATO	VERSIONE
2024/	U			FTE	00	Relazioni	d2	1

		VERSIONE
NOME FILE:	Vinadio pista ciclabile d2 rel calcolo	

REVISIONE N°	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE E RIFERIMENTI DOCUMENTI SOSTITUTIVI

		TIMBRI - FIRME
		Responsabile del Progetto
		Arch. Alessandro PEPINO
		Progettisti
		Dott. Ing. Paolo SACCO
		Consulenza
		geom. Alessandro Delfino
		dott. Geol. Piero Adamo

 <b>RS STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA di RAINA Marco e SACCO Paolo</b> Corso Giolitti, 4 - 12022 BUSCA (CN) P. IVA e C. Fiscale 02252390048, Tel.0171.944594 – e-mail: <a href="mailto:staff@rs-ing.it">staff@rs-ing.it</a> PEC <a href="mailto:rs-ing@eticert.it">rs-ing@eticert.it</a>		 <b>STUDIO TECNICO DELFINO</b> Geom. Alessandro Delfino Via Umberto I, 29 - 12022 BUSCA (CN), P.IVA 03399100043, Tel.0171.944594 – e-mail: <a href="mailto:info@studiotecnicodelfino.com">info@studiotecnicodelfino.com</a> PEC <a href="mailto:alessandro.delfino@geopec.it">alessandro.delfino@geopec.it</a>
---	--	---

VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

## Sommario

Relazione di calcolo .....	4
Criteri di analisi della sicurezza .....	4
Schematizzazione della struttura e dei vincoli .....	4
Modellazione della struttura e dei vincoli .....	4
Schematizzazione delle azioni .....	4
Modellazione delle azioni .....	4
Modellazione dei materiali .....	4
Tipo di analisi .....	5
Individuazione del codice di calcolo .....	5
Grado di affidabilità del codice .....	5
Motivazione della scelta del codice .....	5
Esame dei risultati e controlli .....	5
Valutazione della correttezza del modello .....	5
Giudizio motivato di accettabilità dei risultati .....	5
Dati modello FEM .....	6
Condizioni di carico .....	6
Descrizione casi di carico .....	6
Verifica trave continua in c.a. (cordolo) .....	7
Relazione geotecnica .....	8
Cenni teorici sul metodo all'equilibrio limite .....	8
Caratteristiche terreni .....	9
Situazione pre-intervento .....	10
Stratigrafia .....	10
Carichi inseriti .....	11
Normativa di riferimento .....	11
Calcolo sismico .....	12
Generazione superfici di rottura .....	12
Metodi utilizzati nel calcolo .....	13
Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti .....	24
Situazione post-intervento .....	25
Stratigrafia .....	25
Carichi inseriti .....	26
Normativa di riferimento .....	27

Calcolo sismico.....	27
Generazione superfici di rottura .....	28
Metodi utilizzati nel calcolo .....	29
Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti .....	43

Arrivo: AOO A1600A, N. Prot. 00001448 del 08/01/2025

# Relazione di calcolo

## Criteri di analisi della sicurezza

Con riferimento alle normative precedentemente citate, le strutture in oggetto sono verificate per quanto riguarda:

- verifica di resistenza;
- verifica a deformazione e fessurazione.

## Schematizzazione della struttura e dei vincoli

La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali. È quindi stata considerata l'orditura a telaio tridimensionale, i solai ed i setti verticali ad elevata rigidità (vano ascensore, setti in cls).

I plinti di fondazione vengono assimilati a vincoli elastici di cui è fornita la costante di rigidità. Le travi di fondazione sono schematizzate come poggianti su vincoli elastici distribuiti.

## Modellazione della struttura e dei vincoli

La struttura è modellata con il metodo degli elementi finiti, applicato a sistemi tridimensionali. Gli elementi utilizzati sono sia monodimensionali (trave con eventuali sconnessioni interne), che bidimensionali (piastre e membrane triangolari e quadrangolari). I vincoli sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidità elastica, oppure come elementi asta poggianti su suolo elastico. Le sezioni oggetto di verifica nelle travi sono stampate a passo costante; dei gusci si conoscono le sollecitazioni nel baricentro dell'elemento stesso.

## Schematizzazione delle azioni

In accordo con le sopracitate normative, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- pesi propri strutturali
- carichi permanenti portati dalla struttura
- carichi variabili sui solai, neve, vento.

Le condizioni ed i casi di carico prese in conto nei calcoli sono specificate nella stampa dei dati di input.

## Modellazione delle azioni

Sono stati adottati i seguenti valori di carico:

- peso proprio;
- carico permanente: eventuale guard-rail;
- carico variabile: collisione accidentale sugli elementi di sicurezza pari a 100 kN.

Le azioni sono state modellate tramite opportuni carichi concentrati e distribuiti su nodi ed aste.

## Modellazione dei materiali

I materiali costituenti la struttura sono considerati elastici e con comportamento lineare. Le loro caratteristiche sono specificate nella stampa dei dati di input.

## Tipo di analisi

Le analisi strutturali condotte sono statiche in regime lineare. Il metodo di calcolo è ad elementi finiti. Il calcolo sismico è stato effettuato tramite analisi statica semplificata. La verifica delle membrature in cemento armato viene eseguita considerando tutte le caratteristiche di sollecitazione.

## Individuazione del codice di calcolo

Per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica di travi e pilastri in cemento armato si è fatto ricorso all'elaboratore elettronico utilizzando il seguente programma di calcolo:

DOLMEN WIN (R), versione 11.0 del 2011 prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via Drovetti 9/F.

Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, ed è stata scritta utilizzando i linguaggi Fortran e C. DOLMEN WIN permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, ed il guscio, sia rettangolare che triangolare, avente comportamento di membrana e di piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidezza elastica.

A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

## Grado di affidabilità del codice

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, come indicato nel paragrafo precedente. La presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. È possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura. Al termine dell'elaborazione viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

## Motivazione della scelta del codice

DOLMEN WIN permette in campo elastico lineare un'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura, tenendo conto del comportamento irrigidente di setti anche complessi e solai considerati con la loro effettiva rigidezza. È possibile inoltre scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh via via più dettagliate.

## Esame dei risultati e controlli

### Valutazione della correttezza del modello

Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

Dati modello FEM

Unita` di misura :									
LUNGHEZZE : cm									
SUPERFICI : cm <sup>2</sup>									
DATI SEZIONALI : cm									
ANGOLI : gradi									
FORZE : daN									
MOMENTI : daNcm									
CARICHI LINEARI : daN/cm									
CARICHI SUPERFIC.: daN/cm <sup>2</sup>									
TENSIONI : daN/cm <sup>2</sup>									
PESI DI VOLUME : daN/cm <sup>3</sup>									
COEFF. DI WINKLER: daN/cm <sup>3</sup>									
RIGIDENZE VINCOL.: daN/cm - daNcm/rad									
NODI-- ----- ----- ----- ----- ----- num.= 2									
Nome		Coord. X	Coord. Y	Coord. Z					
1		0.000	0.000	0.000					
2		1000.000	0.000	0.000					
ASTE-- ----- ----- ----- ----- ----- num.= 1									
Nome		Proprieta`	Nodo iniz.	Nodo fin.	Rilasci in.	Rilasci fin.	Orient.		
1		1	1	2			0.0		
PROPRIETA` ASTE-- ----- ----- ----- ----- ----- num.= 1									
Nome		Materiale	Base	Altezza	Area	Area tag. Y	Area tag. Z		
			Kw vertic.	Kw orizz.	J tors.	J fless. Y	J fless. Z		
1		1	50.000	50.000	2.50000E+03	2.08333E+03	2.08333E+03		
			6.000000	6.000000	8.80195E+05	5.20833E+05	5.20833E+05		
MATERIALI----- ----- ----- ----- ----- num.= 1									
Nome		Mod. elast.	Coeff. nu	Mod. tang.	Peso spec.	Dil. te.			
1		3.00000E+05	1.50000E-01	1.30000E+05	2.50000E+03	1.00000E-05			
VINCOLI----- ----- ----- ----- ----- num.= 2									
Nodo		Rigid. X	Rigid. Y	Rigid. Z	Rigid. RX	Rigid. RY	Rigid. RZ		
1		1.00000E+08	1.00000E+08	libero	libero	libero	libero		
2		1.00000E+08	1.00000E+08	libero	libero	libero	libero		
CARICHI ASTE----- ----- ----- ----- ----- num.= 3									
Nome		Asta		Dir	Tip	RIF	Parametro 1	Parametro 2	Parametro 3
1		eventuali_guardrail		1	Z	FD glo	-100.0		
2		urto		1	Z	FC glo	-10000.0	500.000	
PESI PROPRI ASTE-- ----- ----- ----- -----									
Cond.		Nome Carichi		Aste					
1		3		1					
CARICHI DI LINEA  ----- ----- ----- ----- num.= 0									
Nome		numero	coordinata	Intensit					
		inizio	fine	Cond. Direz.	inizio	fine	Descrizione		

Condizioni di carico

CONDIZIONI DI CARICO----- ----- ----- ----- num.=					3	
Nome						
1	Peso_proprio_____	N. carichi:	1			
	Lista carichi: 3					
2	Permanente_____	N. carichi:	1			
	Lista carichi: 1					
3	azz_eccezionale_da_	N. carichi:	1			
	Lista carichi: 2					
RISULTANTI DEI CARICHI (punto di applicazione nell'origine degli assi):						
cond.	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.250000E+03	0.000000E+00	3.125000E+04	0.000000E+00
2	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.000000E+03	0.000000E+00	5.000000E+03	0.000000E+00
3	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.000000E+04	0.000000E+00	5.000000E+04	0.000000E+00

Descrizione casi di carico

NOM	DESCRIZIONE	VERIF.	TIPO	CONDIZIONI INSERITE			CASI INS.		
				Nro	Descrizione	Coef.	Somma	Nom	Coef.
1	SLU SENZA SISMA	SLU	somma	1	Peso_proprio_____	1.300	+		
				2	Permanente_____	1.500	+		
				3	azz_eccezionale_da_u	1.500	+		
2	SLUGeo	SLU_GEO	somma	1	Peso_proprio_____	1.000	+		
				2	Permanente_____	1.300	+		
				3	azz_eccezionale_da_u	1.300	+		
3	Rara	RARA	somma	1	Peso_proprio_____	1.000	+		
				2	Permanente_____	1.000	+		
				3	azz_eccezionale_da_u	1.000	+		
4	Frequente	FREQ	somma	1	Peso_proprio_____	1.000	+		

				2	Permanente	1.000	+		
				3	azz_eccellente_da_u	.500	+		
5	Quasi Perm	QPERM	somma	1	Peso proprio	1.000	+		
				2	Permanente	1.000	+		
				3	azz_eccellente_da_u	.300	+		

Verifica trave continua in c.a. (cordolo)

Nome travata : 1 - Travata T001 (fondazione)  
Metodo di verifica : stati limite (NTC18). ->  
Duttilita' : calcolo completo.  
              : struttura non dissipativa.  
              : dettagli costruttivi del capitolo 7 attivi.  
              : dettagli costruttivi del capitolo 4 attivi.  
Unita' di misura : cm; daN; daN/m; daNm; daN/cm2; deform. %.  
Unita' particolari : fessure [wk]:mm - ferri:mm e cm2 - sezioni:cm e derivate.  
Copriferri (assi) : longitudinale= 3 ; staffe= 2

MATERIALI

CLS : Rck =300. ; fck=249. ; fctk= 17.9; fctm= 25.6; Ec= 314472. ;  
gc =1.5 ; fcd=141.1; fbd= 26.9; fctd= 11.9; Ecd=.2% (limit.elastico)  
ACCIAIO : B450C; ftk=5175. ; fyk=4500. ; Es=2100000. ;  
gs =1.15; fyd=3913. ; ftd(k\*fyd)=4500. ; fud=4439.8; Eud=.19% (limit.elastico)

TENSIONI E FESSURE MASSIME IN ESERCIZIO

GRUPPO : ordinario.  
CLS : Scls(rara)=149.4; Scls(quasi permanente)=112. ; fbd(esercizio)= 26.9  
ACCIAIO : Sacc(rara)=3600.; Coeff.Omogeneizzazione= 15  
FESSURE : wdmx(fre.)=.4 ; wdmx(q.p.)=.3 [4.1.2.2.4.5];  
kt=.4 [EN 1992-1 7.3.4].

CASI DI CARICO DA MODELLO 3D

SLU			RARE			FREQUENTI			QUASI PERMANENTI		
Nome	Descrizione	Sest	Nome	Descrizione	Sest	Nome	Descrizione	Sest	Nome	Descrizione	Sest
1.	SLU SENZA SISMA	1.	3.	Rara	1.	4.	Frequente	1.	5.	Quasi Perm	1.

SEZIONI UTILIZZATE

3) Rettangolare: 50x50; A=2500.; Jg=520833.; E=314471.6

DESCRIZIONE CAMPATE

Cam.	Descriz.	S.ini	Sez.	S.fin	Incl.	L.assi	L.net.
1	A1	3	3	3	0	1000.	1000.

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

FLESSIONE:

Progressive	Se	Ar	Msd	Epsc	Epsac	Mrd	Epsc	Epsac	Cam	x/d	Mr/Ms	Ve
> 21.	21.	3.	1.	-155.47	-.001	.003	-10475.	-.055	.186	2.	.228	67.38
145.	145.	3.	1.	-403.71	-.002	.007	-10475.	-.055	.186	2.	.228	25.95
239.	239.	3.	1.	293.23	-.001	.005	10475.	-.055	.186	2.	.228	35.72
524.	524.	3.	1.	8868.54	-.046	.158	10475.	-.055	.186	2.	.228	1.181
979.	979.	3.	1.	-155.47	-.001	.003	-10475.	-.055	.186	2.	.228	67.38

TAGLIO:

Progressive	Se	Vsd	VRd	VRcd	VRsd	Asw	s	ctgT	Ve
> 0.	0.	3.	0.	8717.	51453.	32500.	1.57	20.	2.5
476.	476.	3.	6842.	8717.	51453.	32500.	1.57	20.	2.5
618.	618.	3.	-3420.	8717.	51453.	32500.	1.57	20.	2.5
1000.	1000	3.	0.	8717.	51453.	32500.	1.57	20.	2.5

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

TENSIONI DI ESERCIZIO E FESSURAZIONE - RARE:

Progressive	Se	Ar	Momento	Scls	Sacc	As	hc,ef	Eps%	Sr,max	wd	Ve
21.	21.	3.	1.	-51.82	-.4	19.3	6.16	7.5	.0006	22.31	.001
145.	145.	3.	1.	-269.14	-1.9	100.2	6.16	7.5	.0029	22.31	.006
524.	524.	3.	1.	5912.36	-42.	2201.9	6.16	7.5	.0719	22.31	.16

TENSIONI DI ESERCIZIO E FESSURAZIONE - FREQUENTI:

Progressive	Se	Ar	Momento	Scls	Sacc	As	hc,ef	Eps%	Sr,max	wd	Ve
21.	21.	3.	1.	-25.91	-.2	9.7	6.16	7.5	.0003	22.31	.001
145.	145.	3.	1.	-134.57	-1.	50.1	6.16	7.5	.0014	22.31	.003
524.	524.	3.	1.	2956.18	-21.	1100.9	6.16	7.5	.0315	22.31	.07

TENSIONI DI ESERCIZIO E FESSURAZIONE - QUASI PERMANENTI:

Progressive	Se	Ar	Momento	Scls	Sacc	As	hc,ef	Eps%	Sr,max	wd	Ve
21.	21.	3.	1.	-15.55	-.1	5.8	6.16	7.5	.0002	22.31	0.
145.	145.	3.	1.	-80.74	-.6	30.1	6.16	7.5	.0009	22.31	.002
524.	524.	3.	1.	1773.71	-12.6	660.6	6.16	7.5	.0189	22.31	.042

ARMATURE LONGITUDINALI ( $\% = 100 \cdot A_f / A_{cl}$  -  $A_{cl}$  = area intera sezione)

Nro	Totale	%	Super.	%	Barre	Infer.	%	Barre
1	12.32	.493	6.16	.246	4d14	6.16	.246	4d14

## Relazione geotecnica

Sono state effettuate verifiche di stabilità dei pendii con metodo all'equilibrio limite per la sezione più critica del versante oggetto di intervento. Esaminando il versante nelle condizioni pre-intervento e post intervento. L'opera è costituita dalla realizzazione di una pista ciclabile ampliando la sede stradale esistente lato valle. Il riempimento sarà realizzato con materiale di recupero prelevato in sito a seguito operazioni di disalveo aree alluvionali poste in destra idrografica del fiume Stura e adiacenti allo stabilimento industriale delle Acque Sant'Anna. Il riporto compattato è stato modellato con i seguenti parametri geotecnici: coesione  $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ , angolo di attrito  $\phi' = 34^\circ$ ,  $\gamma_{\text{dry}} = 2100 \text{ kg/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{sat}} = 2200 \text{ kg/m}^3$ . Per raggiungere tali parametri si prescrive che il terreno andrà steso e compattato per strati omogenei di spessore 50 cm. Prima di procedere alla costruzione del rilevato occorrerà verificare che il terreno sia idoneo a sopportarne il peso e che sia eliminato dal piano campagna il terreno vegetale o il materiale organico in genere. Dopo il costipamento e prima della posa dello strato successivo dovranno essere eseguiti controlli sul grado di compattazione raggiunto.

Sono stati applicati carichi variabili sulla piattaforma stradale:

1.  $20 \text{ kN/m}^2$  sulle due corsie veicolari;
2.  $5 \text{ kN/m}^2$  sulle due corsie ciclabili

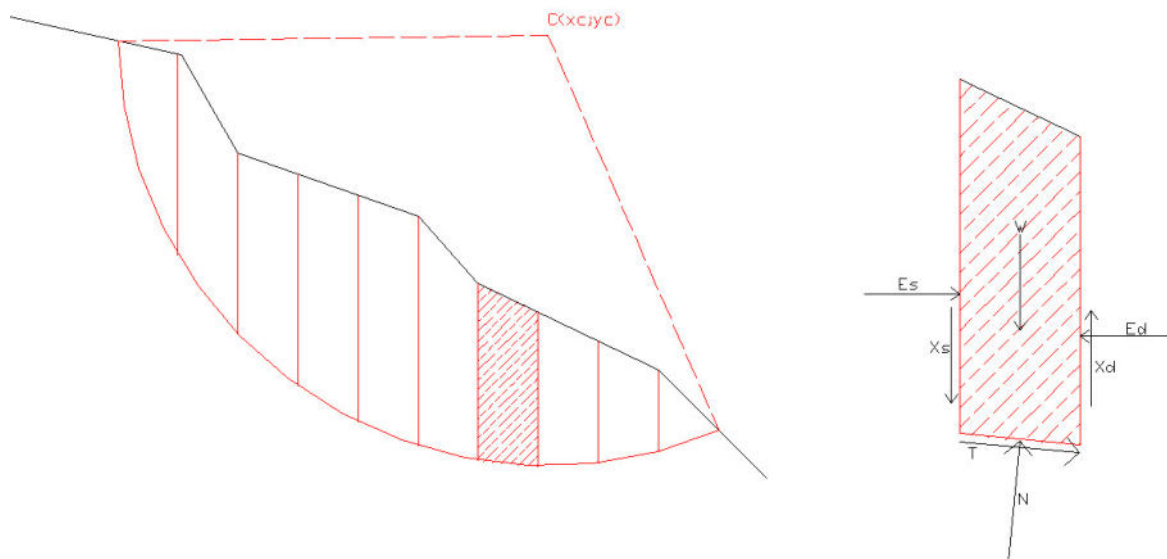
## Cenni teorici sul metodo all'equilibrio limite

All'interno di un pendio molto esteso e sottoposto a deformazione piana si isola un volume mediante una superficie cilindrica. Il terreno è in equilibrio limite quando viene soddisfatta la condizione di rottura, che nell'ipotesi del criterio di Mohr-Coulomb è funzione della coesione, dell'angolo di resistenza al taglio e della pressione interstiziale. Se lungo la superficie la tensione tangenziale applicata, detta resistenza mobilitata, è minore della resistenza a rottura disponibile, si può determinare una condizione di equilibrio limite tramite un coefficiente di sicurezza, che rappresenta il fattore per cui dividere i parametri di resistenza del terreno ed avere la rottura del pendio lungo la superficie considerata. Questo valore è assunto per determinare la sicurezza del pendio nei confronti della rottura per taglio e viene assunto costante lungo tutta la superficie, in modo che in ogni punto di essa venga mobilitata la stessa aliquota di resistenza al taglio. Si ricava che il fattore di sicurezza è dato dal rapporto tra la resistenza disponibile e quella mobilitata. Per determinare tale valore si utilizzano le equazioni dell'equilibrio dei corpi rigidi ossia le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale ed alla rotazione rispetto ad un punto del piano delle forze. Nel pendio viene definito un numero elevato di superfici, ad ognuna di queste è possibile associare un fattore di sicurezza. Il fattore di sicurezza minore definisce la cosiddetta superficie critica e viene assunto come rappresentativo delle condizioni di stabilità del pendio.

Nell'ambito della teoria dell'equilibrio limite sono stati sviluppati numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza. Fra questi vi sono i cosiddetti metodi delle strisce, che prevedono di suddividere il volume di terreno considerato in blocchi di spessore finito, ma piccolo, di cui è possibile scrivere le equazioni di equilibrio. È possibile considerare, con questi metodi, pendii di forma complessa costituiti da terreni aventi caratteristiche fisiche e meccaniche diverse. Per mantenere le strisce in condizione di equilibrio bisogna applicare sui lati e sulla base le risultanti degli sforzi efficaci e delle pressioni interstiziali, che si trasmettono mutuamente tra i blocchi. Per il volume suddiviso in  $n$  strisce si ha che il problema è  $n-2$  volte iperstatico e le incognite sono le forze di interazione tra le strisce, i bracci e le forze normali alla base. Complessivamente si hanno  $4n-2$  incognite. Avendo a disposizione  $3n$  equazioni di



equilibrio, ossia 3 per ciascuna striscia, il problema risulta affetto da un alto grado di indeterminatezza. I metodi di calcolo vengono suddivisi in due grandi gruppi: i metodi "semplificati" ed i metodi "rigorosi". Nei primi si adottano semplificazioni che trascurano alcune forze che agiscono sulle strisce o fissano la loro direzione ed il loro punto di applicazione. Nei secondi si ricercano le n-2 equazioni mancanti, rispettando così l'equilibrio globale delle strisce.



Rappresentazione della superficie di rottura circolare e suddivisione in strisce.

## Caratteristiche terreni

### Riporto compattato

Coesione: 0 [daN/cm<sup>2</sup>]

Angolo di resistenza al taglio: 34 [°]

Peso secco: 2060 [daN/m<sup>3</sup>]

Peso saturo: 2160 [daN/m<sup>3</sup>]

### Depositi fluviali - ghiaie e blocchi in matrice sabbiosa

Coesione: 0 [daN/cm<sup>2</sup>]

Angolo di resistenza al taglio: 34 [°]

Peso secco: 1770 [daN/m<sup>3</sup>]

Peso saturo: 1860 [daN/m<sup>3</sup>]

### Depositi di versante - ghiaie e blocchi eterometrici

Coesione: 0 [daN/cm<sup>2</sup>]

Angolo di resistenza al taglio: 39 [°]

Peso secco: 1470 [daN/m<sup>3</sup>]

Peso saturo: 1570 [daN/m<sup>3</sup>]

### Substrato roccioso - gneiss fratturati

Coesione: 0 [daN/cm<sup>2</sup>]

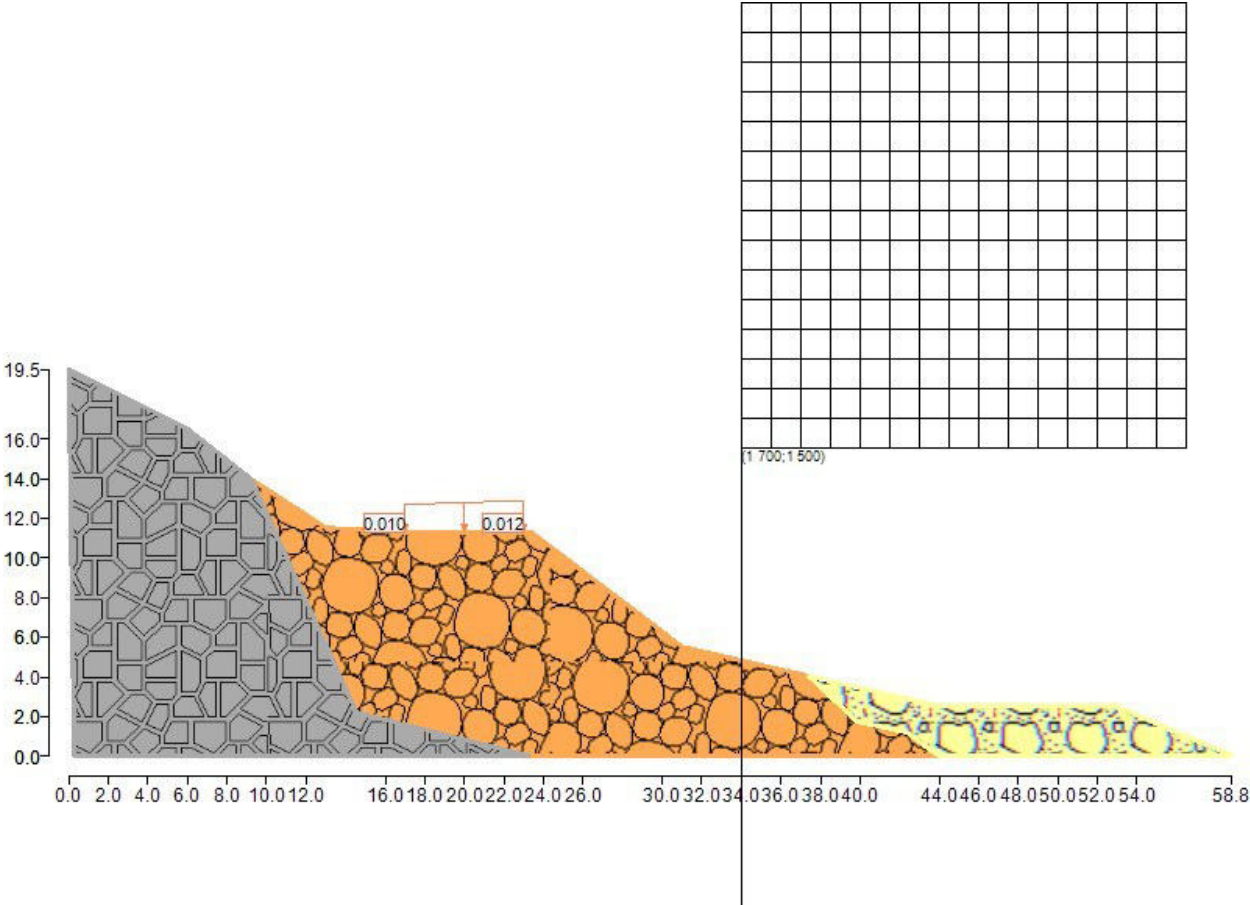
Angolo di resistenza al taglio: 40 [°]

Peso secco: 1770 [daN/m3]

Peso saturo: 1810 [daN/m3]

Situazione pre-intervento

Stratigrafia



Rappresentazione del pendio.

Sono stati definiti 3 strati di cui si riportano le coordinate.

Strato 1

	x [cm]	y [cm]
1	-400	1100
2	0	1078
3	638	1077
4	1076.02	746.55
5	1400	500
6	2039.87	351.48
7	2284.49	122.12
8	2536.49	66.86
9	2699.14	-53.24
10	625	-50
11	-245	166
12	-775	1344

Tabella 4.1: Coordinate dello strato n. 1

Tipo di terreno presente nello strato 1: Depositi di versante - ghiaie e blocchi eterometrici.

### Strato 2

	x [cm]	y [cm]
1	-1700	1900
2	-1100	1600
3	-775	1344
4	-245	166
5	625	-50
6	-1673	-50

Tabella 4.2: Coordinate dello strato n. 2

Tipo di terreno presente nello strato 2: Substrato roccioso - gneiss fratturati.

### Strato 3

	x [cm]	y [cm]
1	2039.87	351.48
2	2700	200
3	3600	200
4	3879.78	75.66
5	4179.58	-48.26
6	2699.14	-53.24
7	2536.49	66.86
8	2284.49	122.12

Tabella 4.3: Coordinate dello strato n. 3

Tipo di terreno presente nello strato 3: Depositi fluviali - ghiaie e blocchi in matrice sabbiosa.

## Carichi inseriti

È stato inserito un carico, le cui caratteristiche sono riportate di seguito.

### Carico SS21

Carico distribuito, permanente, avente direzione normale al pendio.

L'intensità iniziale del carico è pari a 100 [daN/m<sup>2</sup>] e quella finale è pari a 100 [daN/m<sup>2</sup>]. Il suo punto di applicazione iniziale ha ascissa pari a 0 [cm] ed ordinata pari a 1078 [cm], mentre il punto finale ha ascissa pari a 600 [cm] ed ordinata pari a 1077.06 [cm].

## Normativa di riferimento.

La normativa utilizzata per quanto riguarda il calcolo statico è:

NTC 2018: Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

L'approccio progettuale che è stato scelto è l'Approccio 1, la combinazione è la numero 2.

I fattori parziali sono:

- per la coesione:  $g_c = 1$
- per la coesione non drenata:  $g_{cu} = 1$
- per l'angolo di attrito:  $g_f = 1$
- per il peso di volume:  $g_g = 1$
- per i carichi permanenti:  $g_q = 1$
- per i carichi variabili:  $g_q = 1$
- per la resistenza globale a taglio:  $g_R = 1.2$
- per gli ancoraggi:  $g_a = 1.2$ ,  $x_a = 1.8$
- per i pali (trasversale):  $g_p = 1.6$ ,  $x_p = 1.7$
- per le terre rinforzate (sfilamento):  $g_{T,po} = 2.5$
- per le terre rinforzate (scorrimento diretto):  $g_{T,ds} = 1.5$
- per le terre rinforzate (resistenza a trazione):  $g_{T,rt} = 1.5$
- per le opere di sostegno (scorrimento piano di posa):  $g_{R,h} = 1$
- per le opere di sostegno (capacità portante piano di posa):  $g_{R,v} = 1.2$
- per le opere di sostegno (ribaltamento):  $g_{R,o} = 1$

## Calcolo sismico

L'analisi della stabilità del pendio è eseguita in accordo con quanto previsto dalle Nuove Norme Tecniche, ossia si applica un'azione pseudostatica equivalente proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno parzialmente instabile. Il calcolo è svolto secondo quanto previsto dal paragrafo 7.11.3.5.2 Metodi di analisi.

Il fattore di amplificazione spettrale massima è pari a 2.4744 e l'accelerazione massima orizzontale attesa dal sito è pari a 1.3841 [m/s<sup>2</sup>].

La categoria di sottosuolo è la categoria B, la categoria topografica è la categoria T2.

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito  $b_S$  è ricavato dalla Tabella 7.11.I, e vale 0.24.

Il coefficiente sismico orizzontale ricavato è pari a: 0.049.

## Generazione superfici di rottura

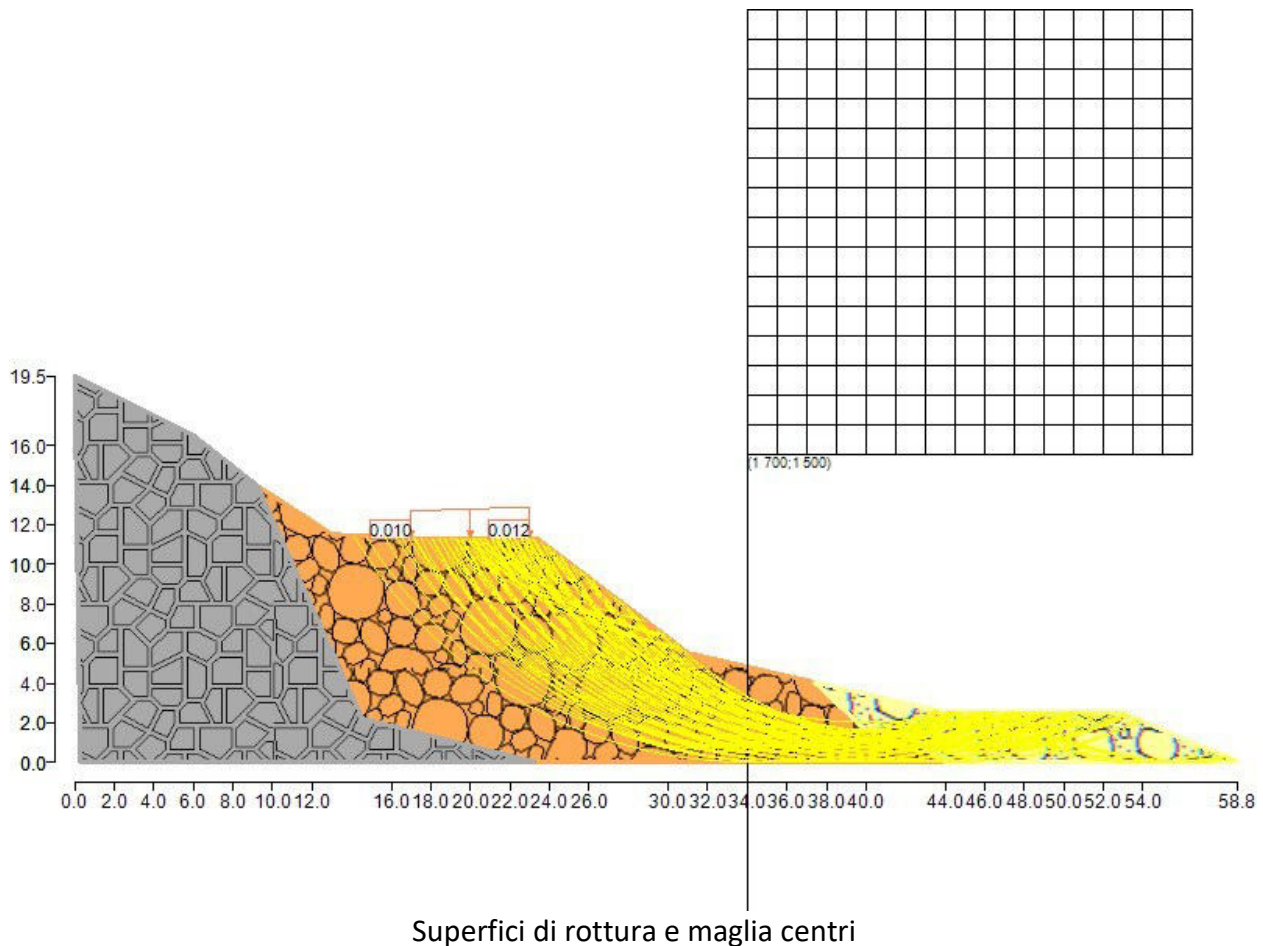
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C (1700 [cm], 1500 [cm]), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 [cm], in direzione verticale ha passo pari a 150 [cm].

Il raggio iniziale è pari a 1800 cm, si hanno 101800 [cm], si hanno 10 incrementi di 50 [cm].

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 102.

La larghezza delle strisce è stata stabilita a 200 [cm].



La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

- carichi
- sisma

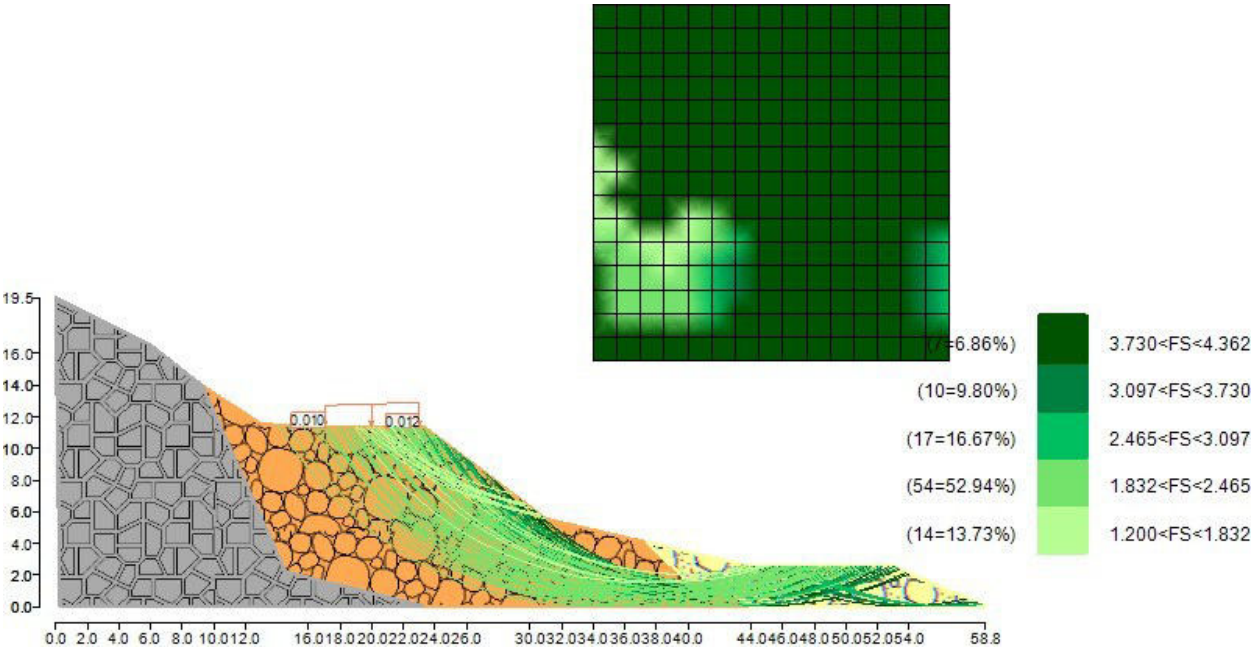
## Metodi utilizzati nel calcolo.

### Metodo di FELLENIUS (1927)

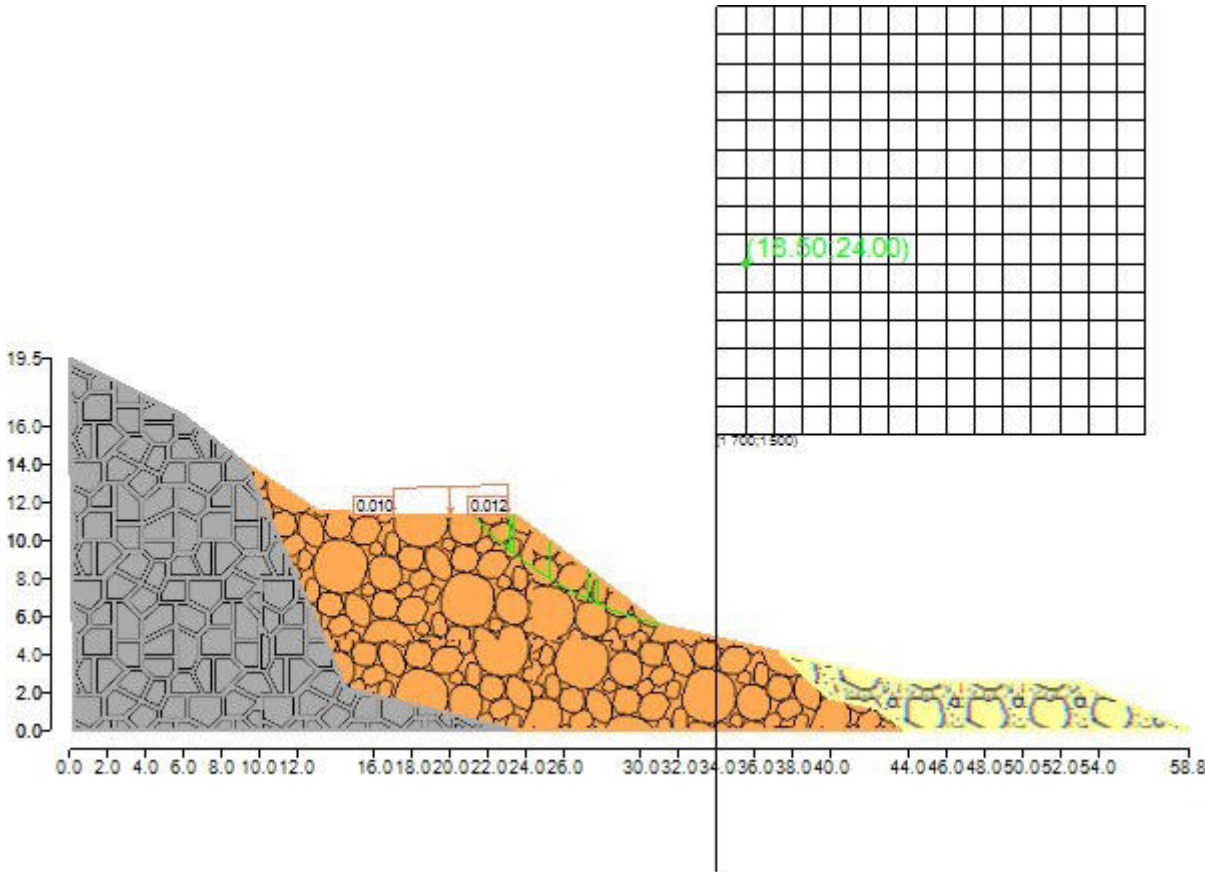
Metodo valido per superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Per ciascuna striscia si fa l'equilibrio alla traslazione in direzione normale alla base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurare le forze di interstriscia ( $E = X = 0$ ). Il calcolo tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.205 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 23 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C (1850 [cm], 2400 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 1950 [cm].





Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri



Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm <sup>2</sup> ]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1200	43	2763.21	2016.16	1632.65	00	39	0	0	0	0
220.86	39	602.1	439.24	355.69	00	39	0	0	0	0
3179.14	35	5276.22	4057.6	3285.78	00	39	0	0	0	0
4200	29	5148.74	4288.49	3472.75	00	39	0	0	0	0

5	58.88	24	1258.26	1093.22	885.27	00	39	0	0	0	0
6	318.94	18	3199.03	2911.41	2357.61	00	39	0	0	0	0

Tabella 9.1: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
6	1	17 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.161
6	2	17 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.241
7	1	17 [cm]	24 [cm]	19 [cm]	1.327
8	1	17 [cm]	25.5 [cm]	20 [cm]	1.358
8	2	17 [cm]	25.5 [cm]	20.5 [cm]	1.411
9	1	17 [cm]	27 [cm]	21.5 [cm]	1.441
9	2	17 [cm]	27 [cm]	22 [cm]	1.488
10	1	17 [cm]	28.5 [cm]	22.5 [cm]	1.474
10	2	17 [cm]	28.5 [cm]	23 [cm]	1.520
19	1	18.5 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	1.980
19	2	18.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	2.067
20	1	18.5 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	2.006
20	2	18.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.093
21	1	18.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	2.037
21	2	18.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.126
22	1	18.5 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.987
22	2	18.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.076
22	3	18.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.164
23	1	18.5 [cm]	24 [cm]	19.5 [cm]	1.205
25	1	18.5 [cm]	27 [cm]	22 [cm]	1.306
35	1	20 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	1.977
35	2	20 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	2.063
36	1	20 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	1.889
36	2	20 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	1.980
36	3	20 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.070
37	1	20 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.902
37	2	20 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	1.998
37	3	20 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.091
38	1	20 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.832
38	2	20 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.928
38	3	20 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.025
38	4	20 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.121
51	1	21.5 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	2.069
51	2	21.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	2.150
52	1	21.5 [cm]	19.5 [cm]	18.5 [cm]	1.857
52	2	21.5 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	1.941
52	3	21.5 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	2.028
52	4	21.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.114
53	1	21.5 [cm]	21 [cm]	20 [cm]	1.819
53	2	21.5 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.918
53	3	21.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	2.013
53	4	21.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.112

54	1	21.5 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.813
54	2	21.5 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.918
54	3	21.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.021
54	4	21.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.125
67	1	23 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	2.394
67	2	23 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	2.406
68	1	23 [cm]	19.5 [cm]	18.5 [cm]	2.160
68	2	23 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	2.177
68	3	23 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	2.215
68	4	23 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.276
69	1	23 [cm]	21 [cm]	20 [cm]	1.974
69	2	23 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	2.046
69	3	23 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	2.130
69	4	23 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.221
70	1	23 [cm]	22.5 [cm]	21 [cm]	1.802
70	2	23 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.888
70	3	23 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.995
70	4	23 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.093
70	5	23 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.196
71	1	23 [cm]	24 [cm]	22.5 [cm]	1.745
71	2	23 [cm]	24 [cm]	23 [cm]	1.852
83	1	24.5 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	3.021
83	2	24.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	2.984
84	1	24.5 [cm]	19.5 [cm]	18.5 [cm]	2.825
84	2	24.5 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	2.772
84	3	24.5 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	2.723
84	4	24.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.709
85	1	24.5 [cm]	21 [cm]	20 [cm]	2.506
85	2	24.5 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	2.485
85	3	24.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	2.470
85	4	24.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.498
86	1	24.5 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	2.234
86	2	24.5 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	2.260
86	3	24.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.312
86	4	24.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.390
87	1	24.5 [cm]	24 [cm]	23 [cm]	2.037
99	1	26 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	3.948
99	2	26 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	3.925
100	1	26 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	3.712
100	2	26 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	3.641
100	3	26 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	3.532
101	1	26 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	3.384
101	2	26 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	3.268
101	3	26 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	3.175
102	1	26 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	3.007
102	2	26 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.917
102	3	26 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.861



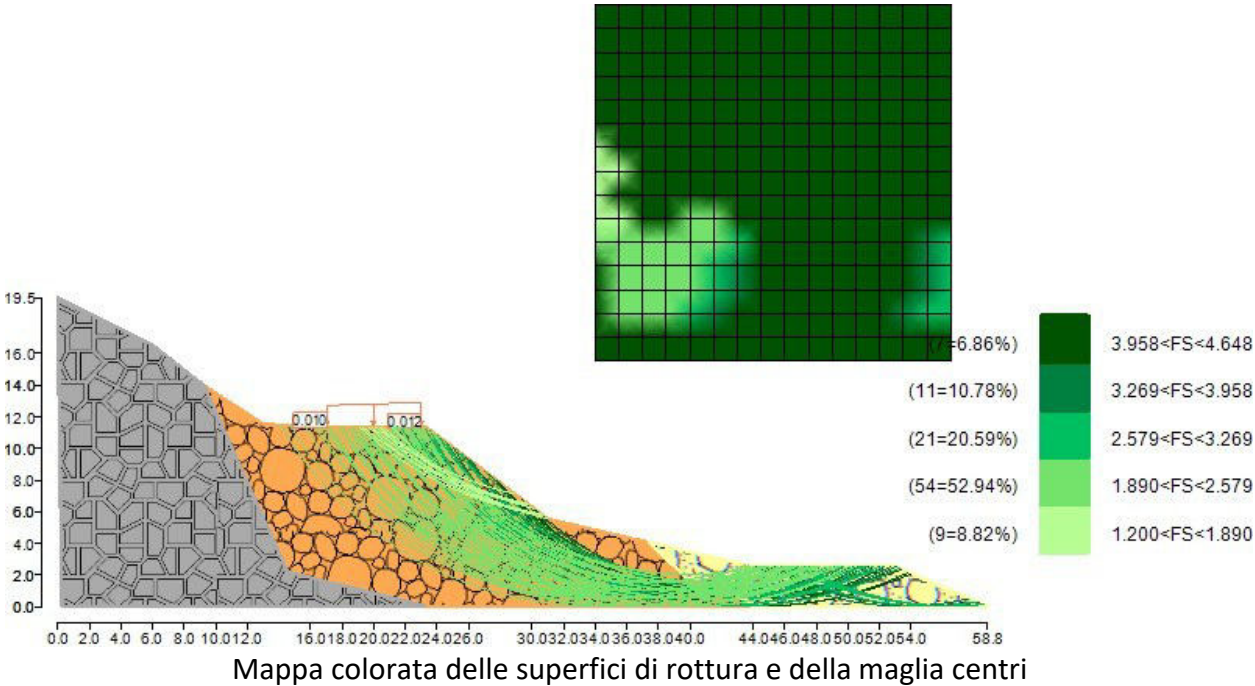
117	1	27.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	4.362
117	2	27.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	4.224
118	1	27.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	4.046
118	2	27.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	3.775
211	1	36.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	3.813
227	1	38 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	3.161
228	1	38 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	3.238
229	1	38 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	3.312
230	1	38 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	3.384
243	1	39.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	2.646
244	1	39.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.729
245	1	39.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.807
246	1	39.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.886

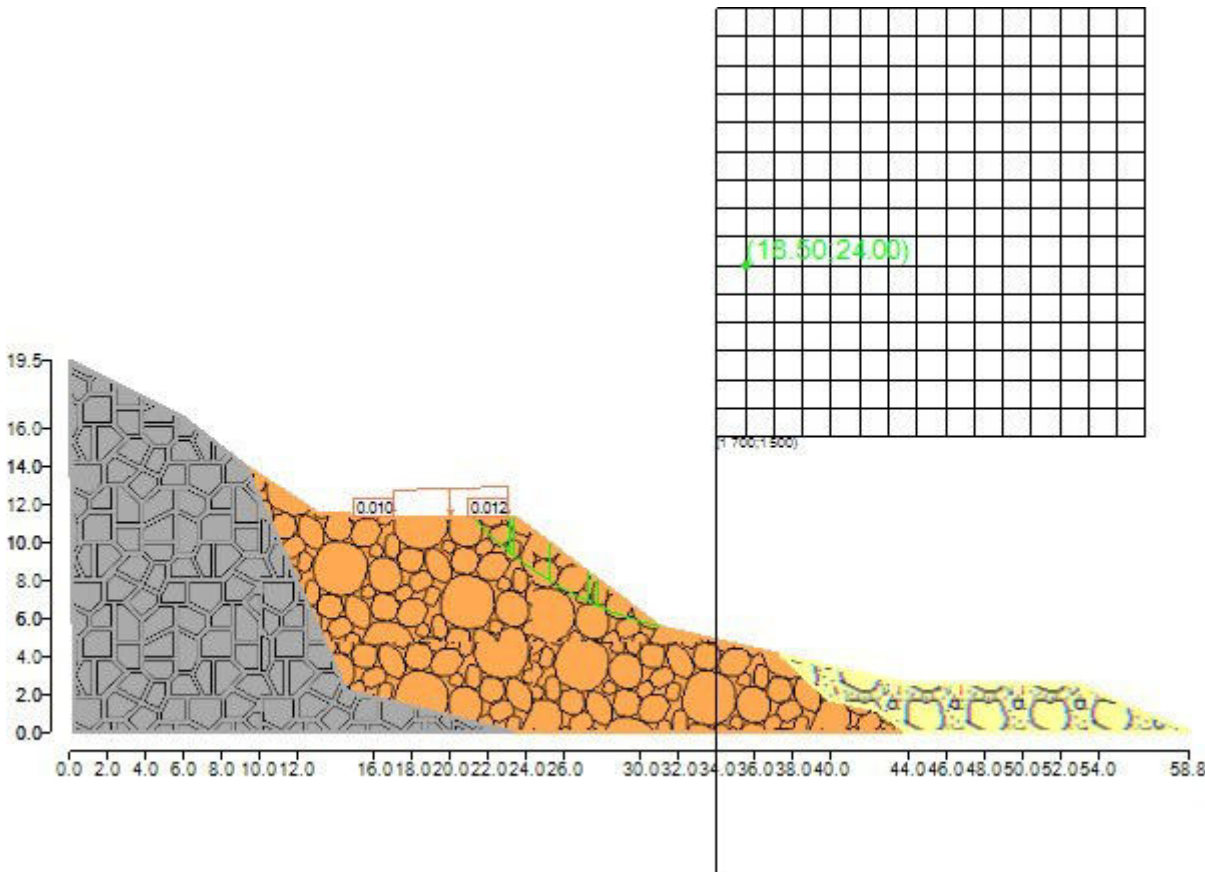
Tabella 9.2: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

Metodo di BISHOP (1955)

Il metodo ipotizza superfici di scorrimento circolari e forze di interstriscia verticali nulle. Calcola l'equilibrio alla traslazione verticale della striscia. Non considera l'equilibrio alla traslazione orizzontale, che, quindi, non è soddisfatto. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.231 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 23 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C (1850 [cm] ,2400 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 1950 [cm].





Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm <sup>2</sup> ]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	200	43	2763.21	2464.14	1995.42	0	39	0	-1257.85	0	0
2	20.86	39	602.1	493.16	399.35	0	39	1257.85	-1435.76	0	0
3	179.14	35	5276.22	4303.97	3485.29	0	39	1435.76	-2496.35	0	0
4	200	29	5148.74	4211.74	3410.6	0	39	2496.35	-2721.91	0	0
5	58.88	24	1258.26	1038.57	841.02	0	39	2721.91	-2655.86	0	0
6	318.94	18	3199.03	2698.56	2185.25	0	39	2655.86	-2078.93	0	0

Tabella 9.3: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
6	1	1700	2250	2250	2.428
6	2	1700	2250	2300	2.534
7	1	1700	2400	1900	1.364
8	1	1700	2550	2000	1.386
8	2	1700	2550	2050	1.441
9	1	1700	2700	2150	1.468
9	2	1700	2700	2200	1.519
10	1	1700	2850	2250	1.496
10	2	1700	2850	2300	1.547
19	1	1850	1800	1800	2.329
19	2	1850	1800	1850	2.447
20	1	1850	1950	1950	2.321
20	2	1850	1950	2000	2.437
21	1	1850	2100	2100	2.325
21	2	1850	2100	2150	2.439

## Copia del documento con apposizione del numero di protocollo

R:\DOCUME\Comune Vinadio\2024 pista ciclabile\1 PFTE\Vinadio pista ciclabile d2 rel calcolo - geotecnica.docx

pag. 19/43

22	1	1850	2250	2200	2.225
22	2	1850	2250	2250	2.338
22	3	1850	2250	2300	2.453
23	1	1850	2400	1950	1.231
25	1	1850	2700	2200	1.329
35	1	2000	1800	1800	2.334
35	2	2000	1800	1850	2.448
36	1	2000	1950	1900	2.180
36	2	2000	1950	1950	2.301
36	3	2000	1950	2000	2.420
37	1	2000	2100	2050	2.164
37	2	2000	2100	2100	2.290
37	3	2000	2100	2150	2.409
38	1	2000	2250	2150	2.045
38	2	2000	2250	2200	2.169
38	3	2000	2250	2250	2.292
38	4	2000	2250	2300	2.417
51	1	2150	1800	1800	2.429
51	2	2150	1800	1850	2.555
52	1	2150	1950	1850	2.118
52	2	2150	1950	1900	2.238
52	3	2150	1950	1950	2.362
52	4	2150	1950	2000	2.472
53	1	2150	2100	2000	2.058
53	2	2150	2100	2050	2.188
53	3	2150	2100	2100	2.310
53	4	2150	2100	2150	2.445
54	1	2150	2250	2150	2.029
54	2	2150	2250	2200	2.162
54	3	2150	2250	2250	2.298
54	4	2150	2250	2300	2.432
67	1	2300	1800	1800	2.763
67	2	2300	1800	1850	2.824
68	1	2300	1950	1850	2.410
68	2	2300	1950	1900	2.478
68	3	2300	1950	1950	2.557
68	4	2300	1950	2000	2.651
69	1	2300	2100	2000	2.210
69	2	2300	2100	2050	2.318
69	3	2300	2100	2100	2.443
69	4	2300	2100	2150	2.575
70	1	2300	2250	2100	1.983
70	2	2300	2250	2150	2.107
70	3	2300	2250	2200	2.255
70	4	2300	2250	2250	2.386
70	5	2300	2250	2300	2.522
71	1	2300	2400	2250	1.918

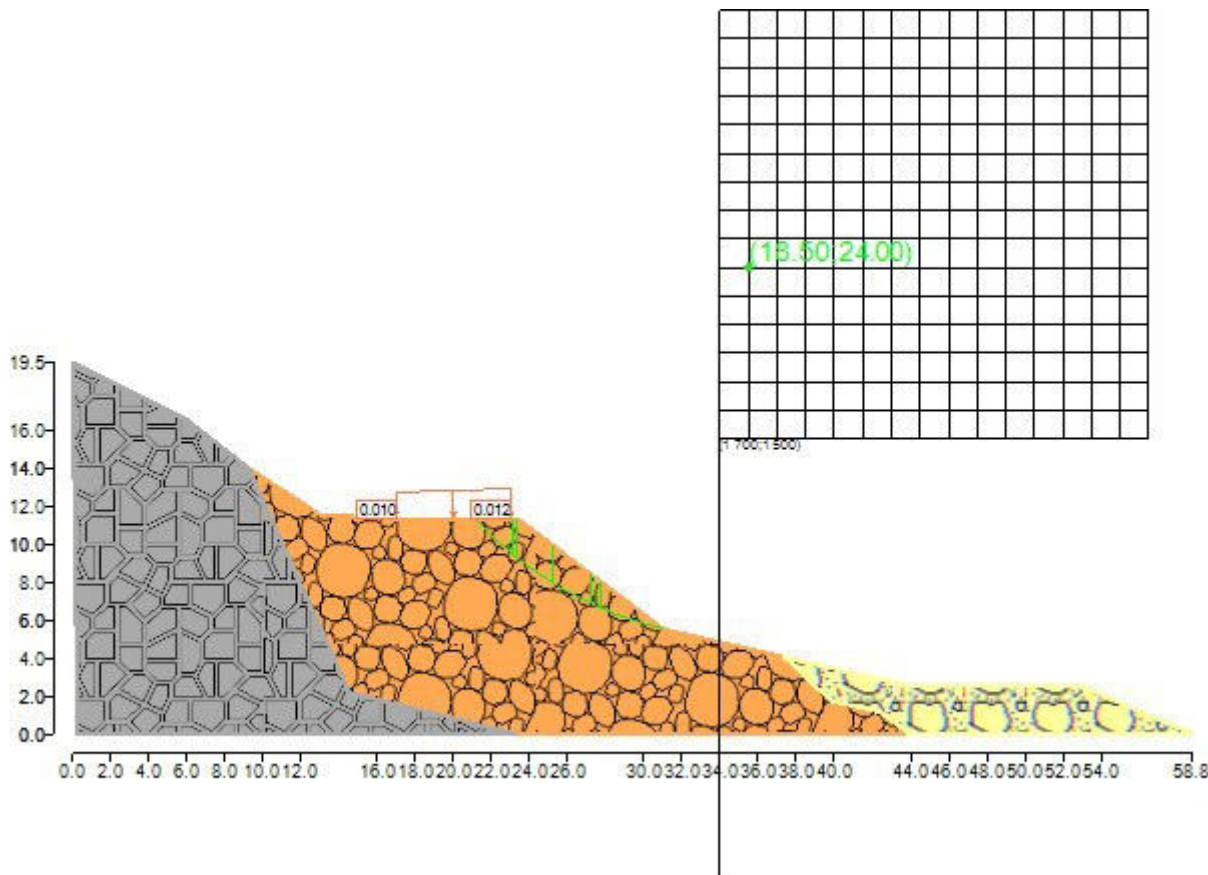
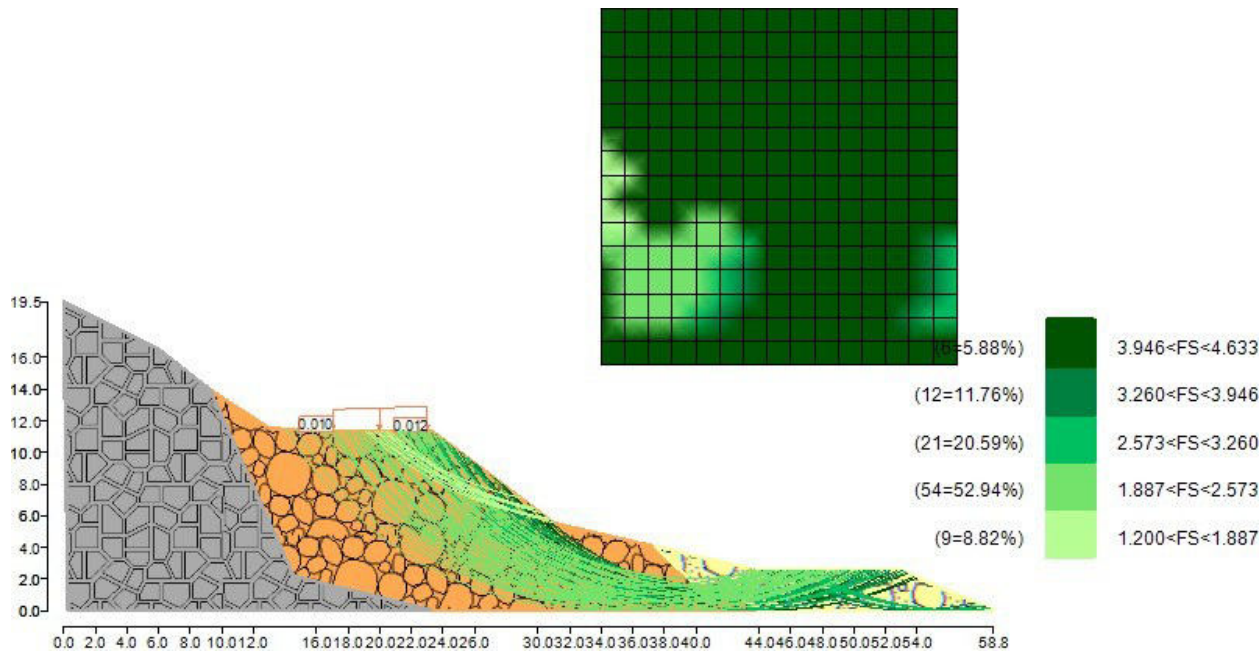
71	2	2300	2400	2300	2.056
83	1	2450	1800	1800	3.346
83	2	2450	1800	1850	3.386
84	1	2450	1950	1850	3.022
84	2	2450	1950	1900	3.040
84	3	2450	1950	1950	3.051
84	4	2450	1950	2000	3.100
85	1	2450	2100	2000	2.717
85	2	2450	2100	2050	2.754
85	3	2450	2100	2100	2.794
85	4	2450	2100	2150	2.869
86	1	2450	2250	2150	2.451
86	2	2450	2250	2200	2.526
86	3	2450	2250	2250	2.620
86	4	2450	2250	2300	2.741
87	1	2450	2400	2300	2.240
99	1	2600	1800	1800	4.227
99	2	2600	1800	1850	4.331
100	1	2600	1950	1900	3.939
100	2	2600	1950	1950	3.962
100	3	2600	1950	2000	3.921
101	1	2600	2100	2050	3.608
101	2	2600	2100	2100	3.587
101	3	2600	2100	2150	3.557
102	1	2600	2250	2200	3.244
102	2	2600	2250	2250	3.231
102	3	2600	2250	2300	3.233
117	1	2750	2100	2100	4.648
117	2	2750	2100	2150	4.576
118	1	2750	2250	2250	4.322
118	2	2750	2250	2300	4.119
211	1	3650	1800	1850	3.938
227	1	3800	1800	1850	3.246
228	1	3800	1950	2000	3.315
229	1	3800	2100	2150	3.382
230	1	3800	2250	2300	3.448
243	1	3950	1800	1850	2.715
244	1	3950	1950	2000	2.795
245	1	3950	2100	2150	2.872
246	1	3950	2250	2300	2.945

Tabella 9.4: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

**Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)**

Il metodo considera nota la funzione che lega le forze interstriscia tangenziali con le forze normali. Le grandezze sono calcolate iterativamente imponendo il rispetto delle condizioni al contorno. Il calcolo tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.232 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 23 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C (1850 [cm] ,2400 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 1950 [cm].



Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm²]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
-----------	----------	------------	---------	---------	----------------	---------	----------	----------	----------	----------



1	200	43	2763.21	2315.56	1875.1	0	39	0	-623.22	0	-175.16
2	20.86	39	602.1	345.5	279.78	0	39	623.22	-692.28	175.16	-351.05
3	179.14	35	5276.22	4012.91	3249.59	0	39	692.28	-1108.33	351.05	-699.2
4	200	29	5148.74	4302.08	3483.76	0	39	1108.33	-939.56	699.2	-591.49
5	58.88	24	1258.26	1207.15	977.53	0	39	939.56	-775.52	591.49	-392.25
6	318.94	18	3199.03	3036.5	2458.91	0	39	775.52	-1.07	392.25	-1.41

Tabella 9.5: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
6	1	1700	2250	2250	2.436
6	2	1700	2250	2300	2.543
7	1	1700	2400	1900	1.366
8	1	1700	2550	2000	1.387
8	2	1700	2550	2050	1.442
9	1	1700	2700	2150	1.469
9	2	1700	2700	2200	1.519
10	1	1700	2850	2250	1.497
10	2	1700	2850	2300	1.547
19	1	1850	1800	1800	2.339
19	2	1850	1800	1850	2.460
20	1	1850	1950	1950	2.332
20	2	1850	1950	2000	2.449
21	1	1850	2100	2100	2.334
21	2	1850	2100	2150	2.449
22	1	1850	2250	2200	2.231
22	2	1850	2250	2250	2.346
22	3	1850	2250	2300	2.462
23	1	1850	2400	1950	1.232
25	1	1850	2700	2200	1.330
35	1	2000	1800	1800	2.340
35	2	2000	1800	1850	2.457
36	1	2000	1950	1900	2.186
36	2	2000	1950	1950	2.309
36	3	2000	1950	2000	2.428
37	1	2000	2100	2050	2.169
37	2	2000	2100	2100	2.297
37	3	2000	2100	2150	2.417
38	1	2000	2250	2150	2.049
38	2	2000	2250	2200	2.175
38	3	2000	2250	2250	2.300
38	4	2000	2250	2300	2.424
51	1	2150	1800	1800	2.429
51	2	2150	1800	1850	2.555
52	1	2150	1950	1850	2.116
52	2	2150	1950	1900	2.239
52	3	2150	1950	1950	2.364
52	4	2150	1950	2000	2.475
53	1	2150	2100	2000	2.057

## Copia del documento con apposizione del numero di protocollo

R:\DOCUME\Comune Vinadio\2024 pista ciclabile\1 PFTE\Vinadio pista ciclabile d2 rel calcolo - geotecnica.docx

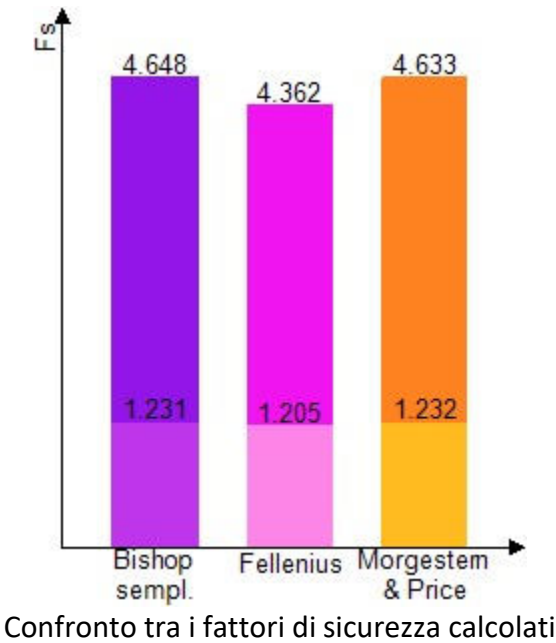
pag. 23/43

53	2	2150	2100	2050	2.190
53	3	2150	2100	2100	2.313
53	4	2150	2100	2150	2.447
54	1	2150	2250	2150	2.029
54	2	2150	2250	2200	2.166
54	3	2150	2250	2250	2.302
54	4	2150	2250	2300	2.436
67	1	2300	1800	1800	2.755
67	2	2300	1800	1850	2.814
68	1	2300	1950	1850	2.401
68	2	2300	1950	1900	2.471
68	3	2300	1950	1950	2.550
68	4	2300	1950	2000	2.644
69	1	2300	2100	2000	2.202
69	2	2300	2100	2050	2.315
69	3	2300	2100	2100	2.439
69	4	2300	2100	2150	2.571
70	1	2300	2250	2100	1.977
70	2	2300	2250	2150	2.102
70	3	2300	2250	2200	2.253
70	4	2300	2250	2250	2.383
70	5	2300	2250	2300	2.518
71	1	2300	2400	2250	1.913
71	2	2300	2400	2300	2.052
83	1	2450	1800	1800	3.332
83	2	2450	1800	1850	3.370
84	1	2450	1950	1850	3.008
84	2	2450	1950	1900	3.029
84	3	2450	1950	1950	3.038
84	4	2450	1950	2000	3.085
85	1	2450	2100	2000	2.703
85	2	2450	2100	2050	2.744
85	3	2450	2100	2100	2.781
85	4	2450	2100	2150	2.854
86	1	2450	2250	2150	2.439
86	2	2450	2250	2200	2.515
86	3	2450	2250	2250	2.609
86	4	2450	2250	2300	2.729
87	1	2450	2400	2300	2.231
99	1	2600	1800	1800	4.214
99	2	2600	1800	1850	4.312
100	1	2600	1950	1900	3.927
100	2	2600	1950	1950	3.945
100	3	2600	1950	2000	3.900
101	1	2600	2100	2050	3.595
101	2	2600	2100	2100	3.569
101	3	2600	2100	2150	3.537

102	1	2600	2250	2200	3.230
102	2	2600	2250	2250	3.213
102	3	2600	2250	2300	3.213
117	1	2750	2100	2100	4.633
117	2	2750	2100	2150	4.557
118	1	2750	2250	2250	4.306
118	2	2750	2250	2300	4.097
211	1	3650	1800	1850	3.939
227	1	3800	1800	1850	3.247
228	1	3800	1950	2000	3.316
229	1	3800	2100	2150	3.383
230	1	3800	2250	2300	3.448
243	1	3950	1800	1850	2.716
244	1	3950	1950	2000	2.796
245	1	3950	2100	2150	2.873
246	1	3950	2250	2300	2.946

Tabella 9.6: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

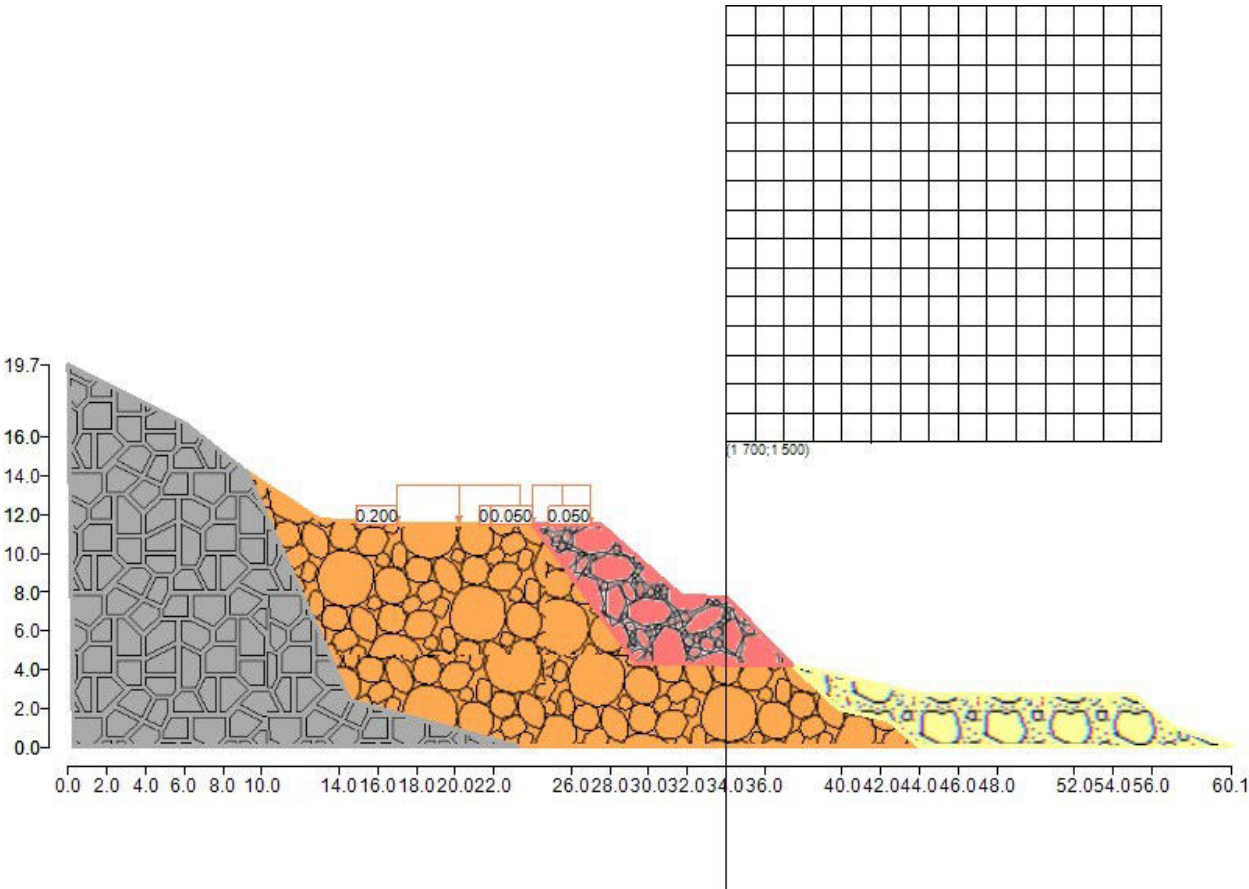
Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti



Arrivo: AOO A1600A, N. Prot. 00001448 del 08/01/2025



Situazione post-intervento  
Stratigrafia



Rappresentazione del pendio

Sono stati definiti 4 strati di cui si riportano le coordinate.

Strato 1

	x [cm]	y [cm]
1	-400	1100
2	0	1078
3	638	1077
4	701	1076
5	1238	357
6	2039.87	351.48
7	2284.49	122.12
8	2536.49	66.86
9	2699.14	-70
10	625	-70
11	-245	166
12	-775	1344

Tabella 4.1: Coordinate dello strato n. 1

Tipo di terreno presente nello strato 1: Depositi di versante - ghiaie e blocchi eterometrici.

**Strato 2**

	x [cm]	y [cm]
1	-1700	1900
2	-1100	1600
3	-775	1344
4	-245	166
5	625	-70
6	-1673	-70

Tabella 4.2: Coordinate dello strato n. 2

Tipo di terreno presente nello strato 2: Substrato roccioso - gneiss fratturati.

**Strato 3**

	x [cm]	y [cm]
1	2039.87	351.48
2	2700	200
3	3800	200
4	4009.22	29.42
5	4313.98	-73.62
6	2699.14	-70
7	2536.49	66.86
8	2284.49	122.12

Tabella 4.3: Coordinate dello strato n. 3

Tipo di terreno presente nello strato 3: Depositi fluviali - ghiaie e blocchi in matrice sabbiosa.

**Strato 4**

	x [cm]	y [cm]
1	701	1076
2	1051.62	1075.43
3	1471.27	704.23
4	1700	700
5	2039.87	351.48
6	1238	357

Tabella 4.4: Coordinate dello strato n. 4

Tipo di terreno presente nello strato 4: Riporto compattato.

**Carichi inseriti**

Sono stati inseriti 2 carichi, le cui caratteristiche sono riportate di seguito.

**Carico SS21**

Carico distribuito, permanente, avente direzione normale al pendio.

L'intensità iniziale del carico è pari a 2000 [daN/m<sup>2</sup>] e quella finale è pari a 2000 [daN/m<sup>2</sup>]. Il suo punto di applicazione iniziale ha ascissa pari a 0 [cm] ed ordinata pari a 1078 [cm], mentre il punto finale ha ascissa pari a 638 [cm] ed ordinata pari a 1077 [cm].

### Carico pista ciclabile

Carico distribuito, permanente, avente direzione normale al pendio.

L'intensità iniziale del carico è pari a 500 [daN/m<sup>2</sup>] e quella finale è pari a 500 [daN/m<sup>2</sup>]. Il suo punto di applicazione iniziale ha ascissa pari a 701 [cm] ed ordinata pari a 1076 [cm], mentre il punto finale ha ascissa pari a 998.95 [cm] ed ordinata pari a 1075.52 [cm].

## Normativa di riferimento

La normativa utilizzata per quanto riguarda il calcolo statico è:

NTC 2018: Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

L'approccio progettuale che è stato scelto è l'Approccio 1, la combinazione è la numero 2.

I fattori parziali sono:

- per la coesione:  $\gamma_c = 1$
- per la coesione non drenata:  $\gamma_{cu} = 1$
- per l'angolo di attrito:  $\gamma_\phi = 1$
- per il peso di volume:  $\gamma_\gamma = 1$
- per i carichi permanenti:  $\gamma_g = 1$
- per i carichi variabili:  $\gamma_q = 1$
- per la resistenza globale a taglio:  $\gamma_R = 1.2$
- per gli ancoraggi:  $\gamma_a = 1.2$ ,  $\xi_a = 1.8$
- per i pali (trasversale):  $\gamma_p = 1.6$ ,  $\xi_p = 1.7$
- per le terre rinforzate (sfilamento):  $\gamma_{T,po} = 2.5$
- per le terre rinforzate (scorrimento diretto):  $\gamma_{T,ds} = 1.5$
- per le terre rinforzate (resistenza a trazione):  $\gamma_{T,rt} = 1.5$
- per le opere di sostegno (scorrimento piano di posa):  $\gamma_{R,h} = 1$
- per le opere di sostegno (capacità portante piano di posa):  $\gamma_{R,v} = 1.2$
- per le opere di sostegno (ribaltamento):  $\gamma_{R,o} = 1$

## Calcolo sismico

L'analisi della stabilità del pendio è eseguita in accordo con quanto previsto dalle Nuove Norme Tecniche, ossia si applica un'azione pseudostatica equivalente proporzionale al peso W del volume di terreno parzialmente instabile. Il calcolo è svolto secondo quanto previsto dal paragrafo 7.11.3.5.2 Metodi di analisi.

Il fattore di amplificazione spettrale massima è pari a 2.4744 e l'accelerazione massima orizzontale attesa dal sito è pari a 1.3841 [m/s<sup>2</sup>].

La categoria di sottosuolo è la categoria B, la categoria topografica è la categoria T2.

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito  $\beta_s$  è ricavato dalla Tabella 7.11.I, e vale 0.24.

Il coefficiente sismico orizzontale ricavato è pari a: 0.049.

## Generazione superfici di rottura

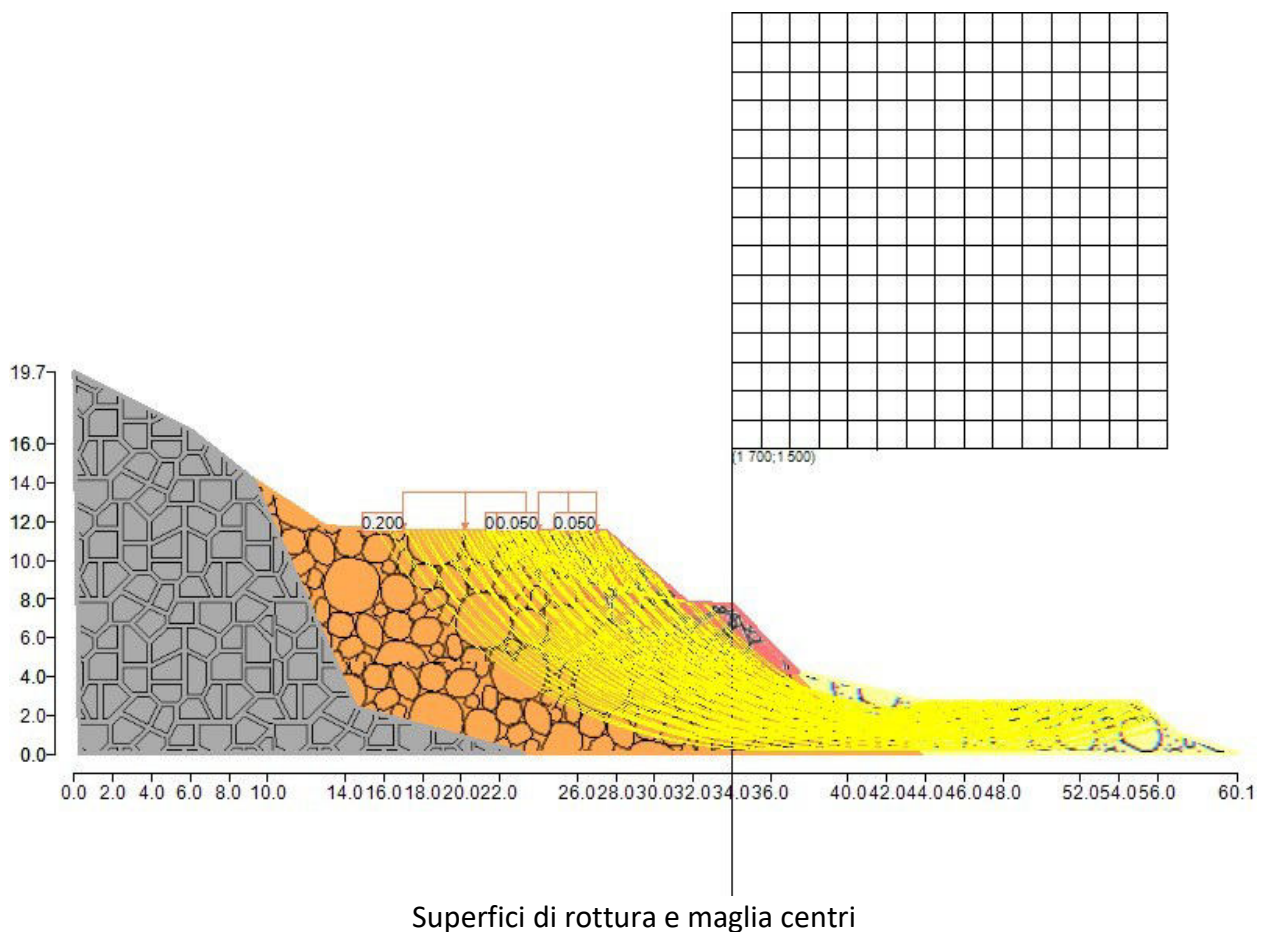
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C (1700 [cm], 1500 [cm]), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 [cm], in direzione verticale ha passo pari a 150 [cm].

Il raggio iniziale è pari a 1800 cm, si hanno 101800 [cm], si hanno 10 incrementi di 50 [cm].

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 131.

La larghezza delle strisce è stata stabilita a 200 [cm].



La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

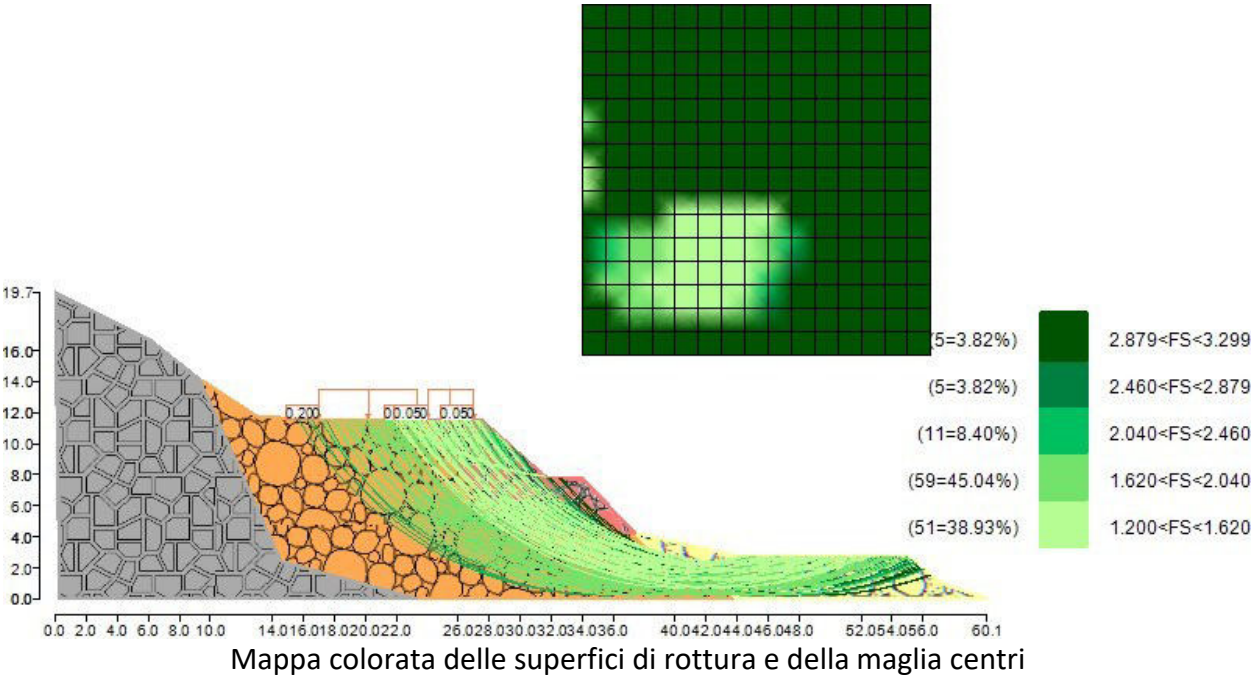
- carichi
- sisma

## Metodi utilizzati nel calcolo

### Metodo di FELLENIUS (1927)

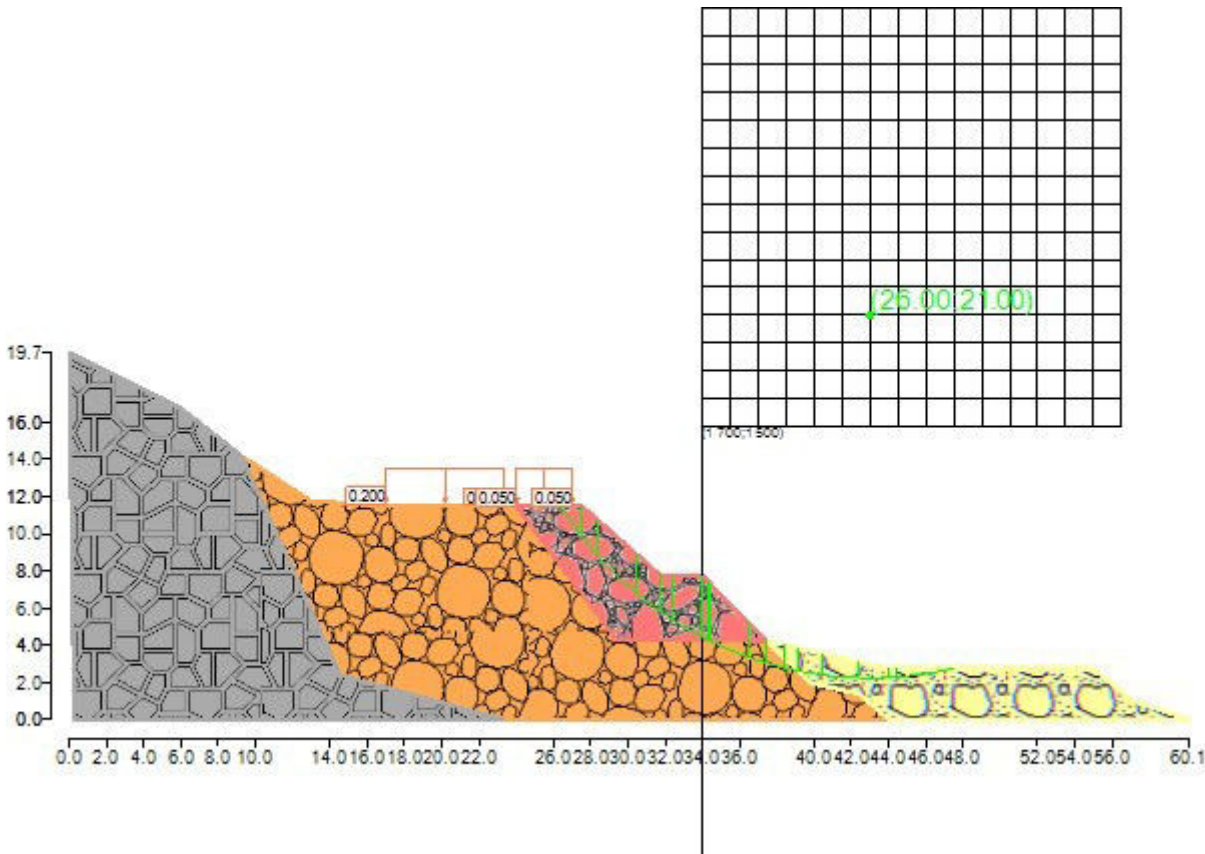
Metodo valido per superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Per ciascuna striscia si fa l'equilibrio alla traslazione in direzione normale alla base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia ( $E = X = 0$ ). Il calcolo tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.206 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 101 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C (2600 [cm] ,2100 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 1950 [cm].



Arrivo: AOO A1600A, N. Prot. 00001448 del 08/01/2025





Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm²]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	110.88	55	1835.61	1092.01	736.57	00	34	0	0	0	0
2	89.12	51	3219.61	1876.55	1265.75	00	34	0	0	0	0
3	200	44	8209.67	5449.03	3675.41	00	34	0	0	0	0
4	130.53	38	5415.26	4012.87	2706.71	00	34	0	0	0	0
5	69.47	34	3108.32	2424.97	1635.66	00	34	0	0	0	0
6	159.26	30	9347.92	7653.26	5162.19	00	34	0	0	0	0
7	32.49	27	2150.99	1823.06	1229.67	00	34	0	0	0	0
8	8.25	26	527.53	450.08	364.47	00	39	0	0	0	0
9	200	23	9697.79	8527.74	6905.63	00	39	0	0	0	0
10	99.13	18	2537.15	2312.37	1872.52	00	39	0	0	0	0
11	100.87	15	1907.26	1771.69	1434.68	00	39	0	0	0	0
12	72.75	13	1526.59	1437.75	1164.27	00	39	0	0	0	0
13	127.25	10	2673.91	2551.04	1720.7	00	34	0	0	0	0
14	200	5	3544.03	3431.87	2314.83	00	34	0	0	0	0
15	159.26	1	1870.54	1825.78	1231.5	00	34	0	0	0	0
16	40.74	4	332.09	324.37	218.79	00	34	0	0	0	0
17	298	9	1181.33	1148.23	774.49	00	34	0	0	0	0

Tabella 9.1: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
8	1	17 [cm]	25.5 [cm]	18.5 [cm]	1.506
9	1	17 [cm]	27 [cm]	20 [cm]	1.606
11	1	17 [cm]	30 [cm]	23 [cm]	1.762

20	1	18.5 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	1.995
20	2	18.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.057
21	1	18.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	2.042
21	2	18.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.117
22	1	18.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.112
22	2	18.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.189
35	1	20 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	1.807
35	2	20 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	1.878
36	1	20 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	1.786
36	2	20 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	1.855
36	3	20 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	1.926
37	1	20 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.836
37	2	20 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	1.905
37	3	20 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	1.974
38	1	20 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.887
38	2	20 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	1.954
38	3	20 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.024
51	1	21.5 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	1.694
51	2	21.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	1.779
52	1	21.5 [cm]	19.5 [cm]	18.5 [cm]	1.586
52	2	21.5 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	1.664
52	3	21.5 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	1.744
52	4	21.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	1.823
53	1	21.5 [cm]	21 [cm]	20 [cm]	1.638
53	2	21.5 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.715
53	3	21.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	1.791
53	4	21.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	1.873
54	1	21.5 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.690
54	2	21.5 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.765
54	3	21.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	1.842
54	4	21.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	1.922
67	1	23 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	1.614
67	2	23 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	1.712
68	1	23 [cm]	19.5 [cm]	18 [cm]	1.279
68	2	23 [cm]	19.5 [cm]	18.5 [cm]	1.423
68	3	23 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	1.563
68	4	23 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	1.662
68	5	23 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	1.751
69	1	23 [cm]	21 [cm]	19.5 [cm]	1.378
69	2	23 [cm]	21 [cm]	20 [cm]	1.499
69	3	23 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.617
69	4	23 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	1.706
69	5	23 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	1.798
70	1	23 [cm]	22.5 [cm]	21 [cm]	1.444
70	2	23 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.562
70	3	23 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.668
70	4	23 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	1.755

70	5	23 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	1.845
71	1	23 [cm]	24 [cm]	22.5 [cm]	1.508
71	2	23 [cm]	24 [cm]	23 [cm]	1.625
83	1	24.5 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	1.507
83	2	24.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	1.626
84	1	24.5 [cm]	19.5 [cm]	18 [cm]	1.220
84	2	24.5 [cm]	19.5 [cm]	18.5 [cm]	1.323
84	3	24.5 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	1.426
84	4	24.5 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	1.557
84	5	24.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	1.708
85	1	24.5 [cm]	21 [cm]	19.5 [cm]	1.239
85	2	24.5 [cm]	21 [cm]	20 [cm]	1.340
85	3	24.5 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.490
85	4	24.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	1.636
85	5	24.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	1.752
86	1	24.5 [cm]	22.5 [cm]	21 [cm]	1.269
86	2	24.5 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.420
86	3	24.5 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.563
86	4	24.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	1.693
86	5	24.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	1.794
87	1	24.5 [cm]	24 [cm]	22.5 [cm]	1.351
87	2	24.5 [cm]	24 [cm]	23 [cm]	1.482
99	1	26 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	1.605
99	2	26 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	1.686
100	1	26 [cm]	19.5 [cm]	18 [cm]	1.238
100	2	26 [cm]	19.5 [cm]	18.5 [cm]	1.350
100	3	26 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	1.474
100	4	26 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	1.568
100	5	26 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	1.655
101	1	26 [cm]	21 [cm]	19.5 [cm]	1.206
101	2	26 [cm]	21 [cm]	20 [cm]	1.326
101	3	26 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.456
101	4	26 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	1.556
101	5	26 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	1.680
102	1	26 [cm]	22.5 [cm]	21 [cm]	1.208
102	2	26 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.334
102	3	26 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.464
102	4	26 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	1.601
102	5	26 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	1.755
103	1	26 [cm]	24 [cm]	22.5 [cm]	1.232
103	2	26 [cm]	24 [cm]	23 [cm]	1.352
115	1	27.5 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	1.939
115	2	27.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	1.980
116	1	27.5 [cm]	19.5 [cm]	18.5 [cm]	1.579
116	2	27.5 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	1.716
116	3	27.5 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	1.771
116	4	27.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	1.826



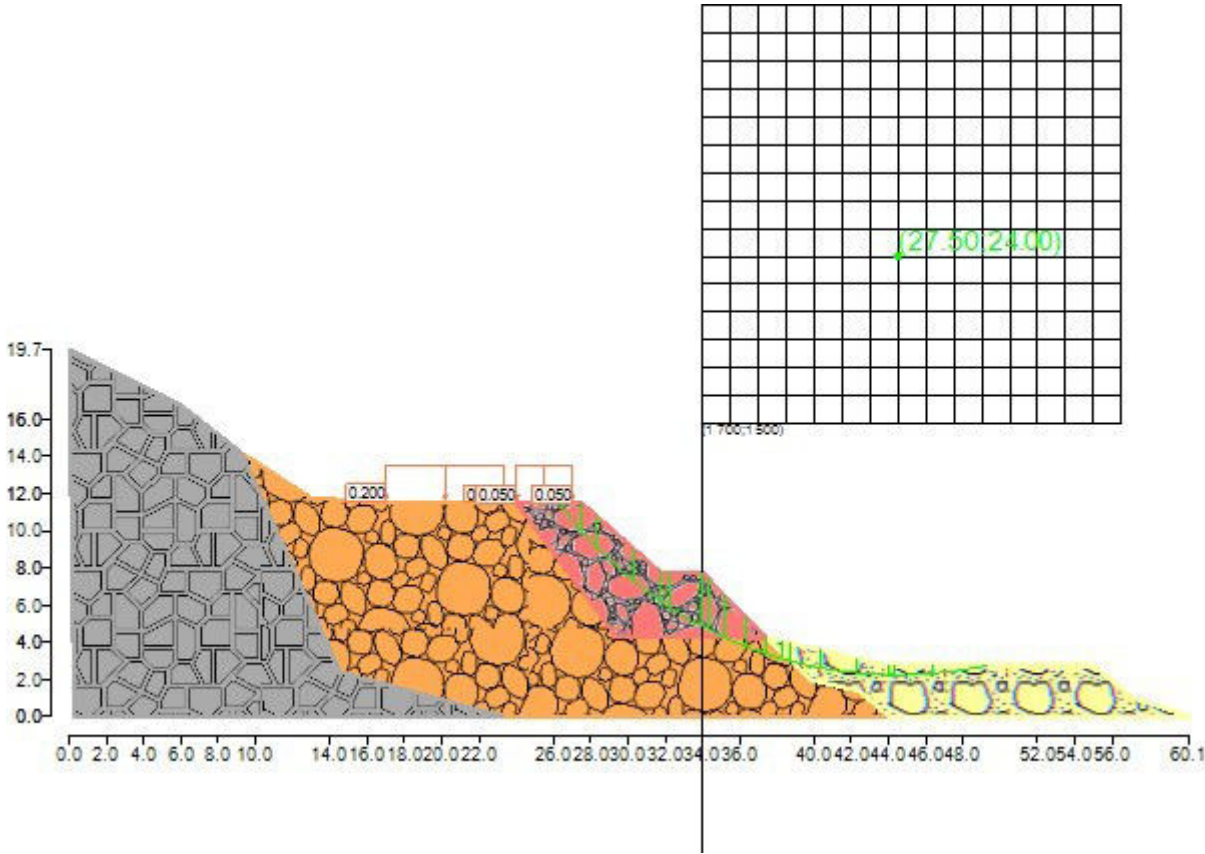
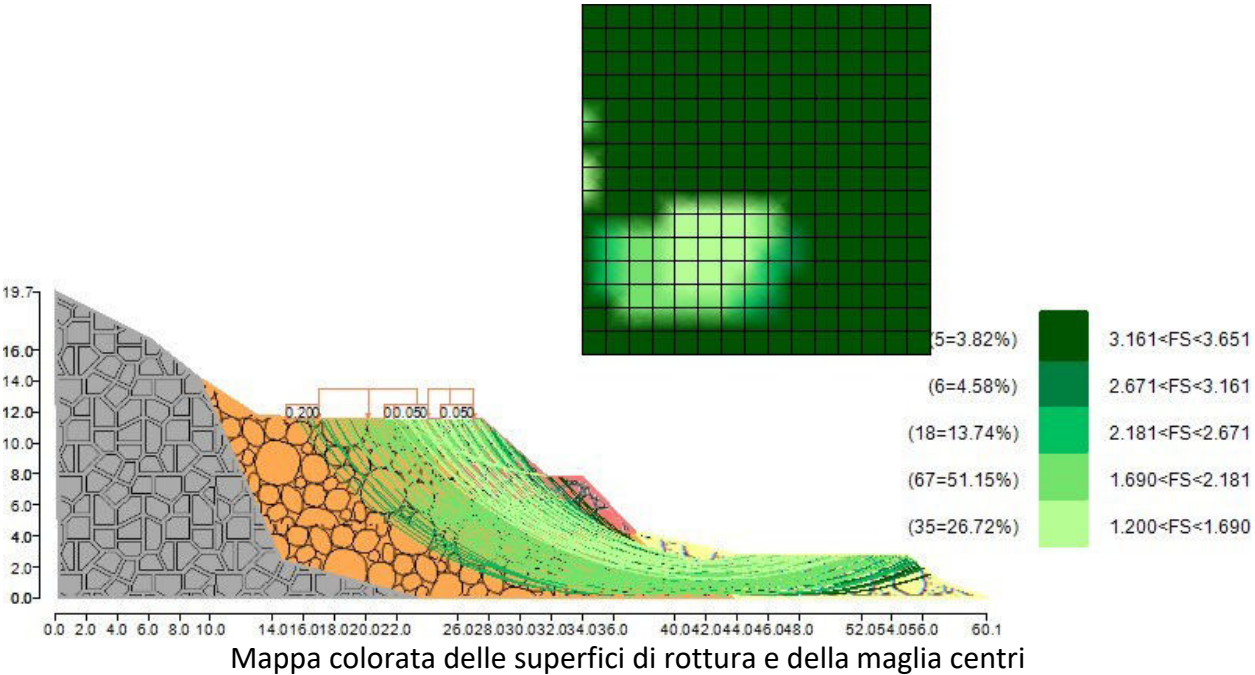
117	1	27.5 [cm]	21 [cm]	19.5 [cm]	1.336
117	2	27.5 [cm]	21 [cm]	20 [cm]	1.453
117	3	27.5 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.583
117	4	27.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	1.674
117	5	27.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	1.765
118	1	27.5 [cm]	22.5 [cm]	21 [cm]	1.235
118	2	27.5 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.383
118	3	27.5 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.531
118	4	27.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	1.638
118	5	27.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	1.736
119	1	27.5 [cm]	24 [cm]	22.5 [cm]	1.207
119	2	27.5 [cm]	24 [cm]	23 [cm]	1.357
131	1	29 [cm]	18 [cm]	18 [cm]	2.461
131	2	29 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	2.537
132	1	29 [cm]	19.5 [cm]	19 [cm]	2.128
132	2	29 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	2.290
132	3	29 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.301
133	1	29 [cm]	21 [cm]	20.5 [cm]	1.987
133	2	29 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	2.060
133	3	29 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.066
134	1	29 [cm]	22.5 [cm]	21.5 [cm]	1.709
134	2	29 [cm]	22.5 [cm]	22 [cm]	1.780
134	3	29 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	1.872
134	4	29 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	1.920
135	1	29 [cm]	24 [cm]	23 [cm]	1.533
147	1	30.5 [cm]	18 [cm]	18.5 [cm]	3.225
148	1	30.5 [cm]	19.5 [cm]	19.5 [cm]	2.940
148	2	30.5 [cm]	19.5 [cm]	20 [cm]	2.921
149	1	30.5 [cm]	21 [cm]	21 [cm]	2.694
149	2	30.5 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	2.683
150	1	30.5 [cm]	22.5 [cm]	22.5 [cm]	2.487
150	2	30.5 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.381
165	1	32 [cm]	21 [cm]	21.5 [cm]	3.299
166	1	32 [cm]	22.5 [cm]	23 [cm]	2.990

Tabella 9.2: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

**Metodo di BISHOP (1955)**

Il metodo ipotizza supefici di scorrimento circolari e forze di interstriscia verticali nulle. Calcola l'equilibrio alla traslazione verticale della striscia. Non considera l'equilibrio alla traslazione orizzontale, che, quindi, non è soddisfatto. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.308 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 119 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C (2750 [cm] ,2400 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 2250 [cm].



	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm <sup>2</sup> ]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	120.56	51	1877.62	2108.13	1421.95	0	34	0	-1738.11	0	0
2	79.44	48	2608.9	2411.53	1626.6	0	34	1738.11	-3401.54	0	0
3	200	43	7045.84	6334.58	4272.73	0	34	3401.54	-6791.99	0	0
4	140.21	37	4763.74	4189.91	2826.13	0	34	6791.99	-8350.17	0	0
5	59.79	34	2154.06	1879.96	1268.05	0	34	8350.17	-8888.9	0	0

6	168.94	30	8424.91	7316.6	4935.11	0	34	8888.9	-10334.27	0	0
7	31.06	27	1804.42	1564.83	1055.49	0	34	10334.27	-10527.29	0	0
8	84.93	26	4392.05	3810.25	2570.05	0	34	10527.29	-10842.59	0	0
9	115.07	23	4420.73	3711.46	3005.48	0	39	10842.59	-10586.89	0	0
10	108.81	20	2317.17	1964.49	1590.81	0	39	10586.89	-10301.53	0	0
11	91.19	17	1295.44	1110.44	899.22	0	39	10301.53	-10068.48	0	0
12	44.04	15	717.72	620.59	502.54	0	39	10068.48	-9912.2	0	0
13	155.96	13	2630.21	2355.99	1589.13	0	34	9912.2	-9407.78	0	0
14	200	8	3060.93	2809.27	1894.87	0	34	9407.78	-8537.38	0	0
15	168.94	3	1901.6	1802.88	1216.06	0	34	8537.38	-7812.17	0	0
16	31.06	1	272.4	263.7	177.87	0	34	7812.17	-7693.62	0	0
17	200	2	1634.98	1626.39	1097.02	0	34	7693.62	-6877.64	0	0
18	290.64	8	1095.41	1168.66	788.27	0	34	6877.64	-6171.78	0	0

Tabella 9.3: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
8	1	1700	2550	1850	1.516
9	1	1700	2700	2000	1.608
11	1	1700	3000	2300	1.792
20	1	1850	1950	1950	2.266
20	2	1850	1950	2000	2.353
21	1	1850	2100	2100	2.294
21	2	1850	2100	2150	2.388
22	1	1850	2250	2250	2.342
22	2	1850	2250	2300	2.438
35	1	2000	1800	1800	2.080
35	2	2000	1800	1850	2.178
36	1	2000	1950	1900	2.012
36	2	2000	1950	1950	2.108
36	3	2000	1950	2000	2.205
37	1	2000	2100	2050	2.046
37	2	2000	2100	2100	2.141
37	3	2000	2100	2150	2.233
38	1	2000	2250	2200	2.085
38	2	2000	2250	2250	2.174
38	3	2000	2250	2300	2.269
51	1	2150	1800	1800	1.951
51	2	2150	1800	1850	2.072
52	1	2150	1950	1850	1.768
52	2	2150	1950	1900	1.875
52	3	2150	1950	1950	1.987
52	4	2150	1950	2000	2.092

## Copia del documento con apposizione del numero di protocollo

R:\DOCUME\Comune Vinadio\2024 pista ciclabile\1 PFTE\Vinadio pista ciclabile d2 rel calcolo - geotecnica.docx

pag. 36/43

53	1	2150	2100	2000	1.808
53	2	2150	2100	2050	1.913
53	3	2150	2100	2100	2.015
53	4	2150	2100	2150	2.126
54	1	2150	2250	2150	1.850
54	2	2150	2250	2200	1.949
54	3	2150	2250	2250	2.054
54	4	2150	2250	2300	2.162
67	1	2300	1800	1800	1.869
67	2	2300	1800	1850	2.002
68	1	2300	1950	1800	1.410
68	2	2300	1950	1850	1.591
68	3	2300	1950	1900	1.764
68	4	2300	1950	1950	1.899
68	5	2300	1950	2000	2.018
69	1	2300	2100	1950	1.502
69	2	2300	2100	2000	1.653
69	3	2300	2100	2050	1.804
69	4	2300	2100	2100	1.926
69	5	2300	2100	2150	2.053
70	1	2300	2250	2100	1.560
70	2	2300	2250	2150	1.709
70	3	2300	2250	2200	1.847
70	4	2300	2250	2250	1.964
70	5	2300	2250	2300	2.084
71	1	2300	2400	2250	1.622
71	2	2300	2400	2300	1.765
83	1	2450	1800	1800	1.766
83	2	2450	1800	1850	1.926
84	1	2450	1950	1800	1.347
84	2	2450	1950	1850	1.487
84	3	2450	1950	1900	1.625
84	4	2450	1950	1950	1.800
84	5	2450	1950	2000	1.986
85	1	2450	2100	1950	1.356
85	2	2450	2100	2000	1.486
85	3	2450	2100	2050	1.675
85	4	2450	2100	2100	1.857
85	5	2450	2100	2150	2.011
86	1	2450	2250	2100	1.376
86	2	2450	2250	2150	1.557
86	3	2450	2250	2200	1.736
86	4	2450	2250	2250	1.904
86	5	2450	2250	2300	2.039
87	1	2450	2400	2250	1.448
87	2	2450	2400	2300	1.610
99	1	2600	1800	1800	1.881

## Copia del documento con apposizione del numero di protocollo

R:\DOCUME\Comune Vinadio\2024 pista ciclabile\1 PFTE\Vinadio pista ciclabile d2 rel calcolo - geotecnica.docx

pag. 37/43

99	2	2600	1800	1850	2.007
100	1	2600	1950	1800	1.355
100	2	2600	1950	1850	1.516
100	3	2600	1950	1900	1.686
100	4	2600	1950	1950	1.826
100	5	2600	1950	2000	1.944
101	1	2600	2100	1950	1.317
101	2	2600	2100	2000	1.478
101	3	2600	2100	2050	1.650
101	4	2600	2100	2100	1.786
101	5	2600	2100	2150	1.952
102	1	2600	2250	2100	1.312
102	2	2600	2250	2150	1.476
102	3	2600	2250	2200	1.642
102	4	2600	2250	2250	1.817
102	5	2600	2250	2300	2.010
103	1	2600	2400	2250	1.329
103	2	2600	2400	2300	1.480
115	1	2750	1800	1800	2.237
115	2	2750	1800	1850	2.334
116	1	2750	1950	1850	1.745
116	2	2750	1950	1900	1.952
116	3	2750	1950	1950	2.050
116	4	2750	1950	2000	2.142
117	1	2750	2100	1950	1.447
117	2	2750	2100	2000	1.617
117	3	2750	2100	2050	1.794
117	4	2750	2100	2100	1.927
117	5	2750	2100	2150	2.061
118	1	2750	2250	2100	1.338
118	2	2750	2250	2150	1.538
118	3	2750	2250	2200	1.729
118	4	2750	2250	2250	1.875
118	5	2750	2250	2300	2.007
119	1	2750	2400	2250	1.308
119	2	2750	2400	2300	1.500
131	1	2900	1800	1800	2.802
131	2	2900	1800	1850	2.917
132	1	2900	1950	1900	2.368
132	2	2900	1950	1950	2.597
132	3	2900	1950	2000	2.653
133	1	2900	2100	2050	2.221
133	2	2900	2100	2100	2.348
133	3	2900	2100	2150	2.393
134	1	2900	2250	2150	1.877
134	2	2900	2250	2200	2.004
134	3	2900	2250	2250	2.138



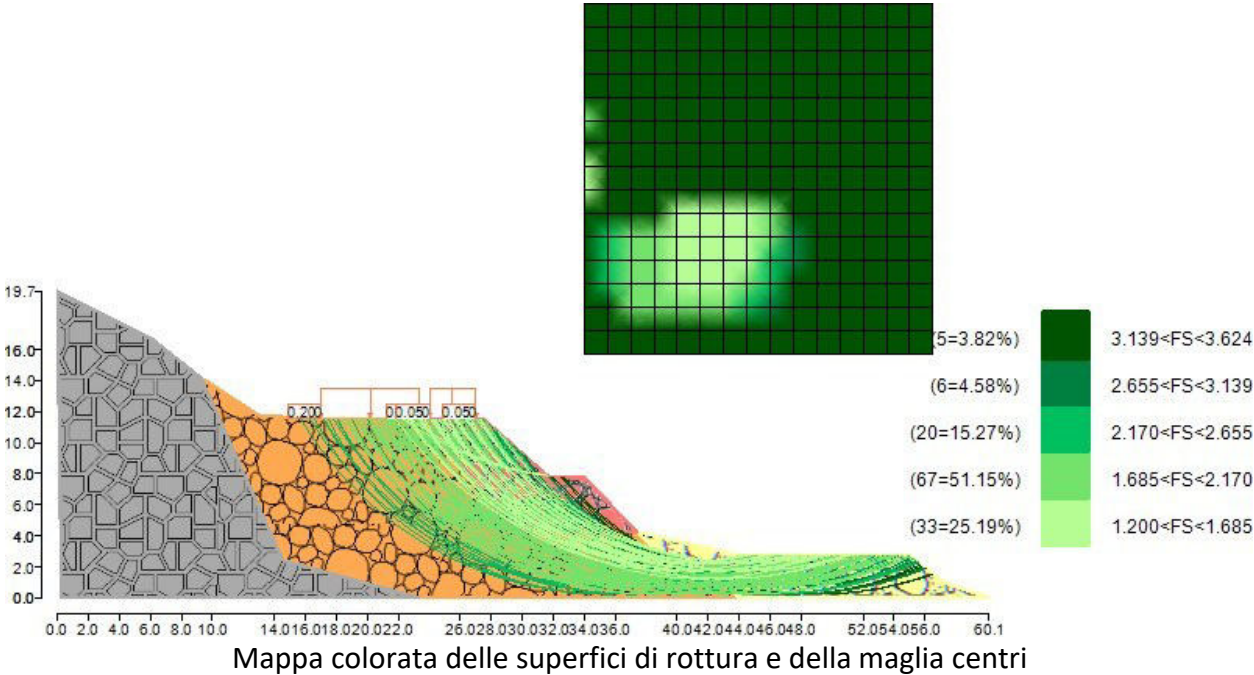
134	4	2900	2250	2300	2.216
135	1	2900	2400	2300	1.697
147	1	3050	1800	1850	3.651
148	1	3050	1950	1950	3.293
148	2	3050	1950	2000	3.298
149	1	3050	2100	2100	3.005
149	2	3050	2100	2150	3.027
150	1	3050	2250	2250	2.773
150	2	3050	2250	2300	2.697
165	1	3200	2100	2150	3.628
166	1	3200	2250	2300	3.295

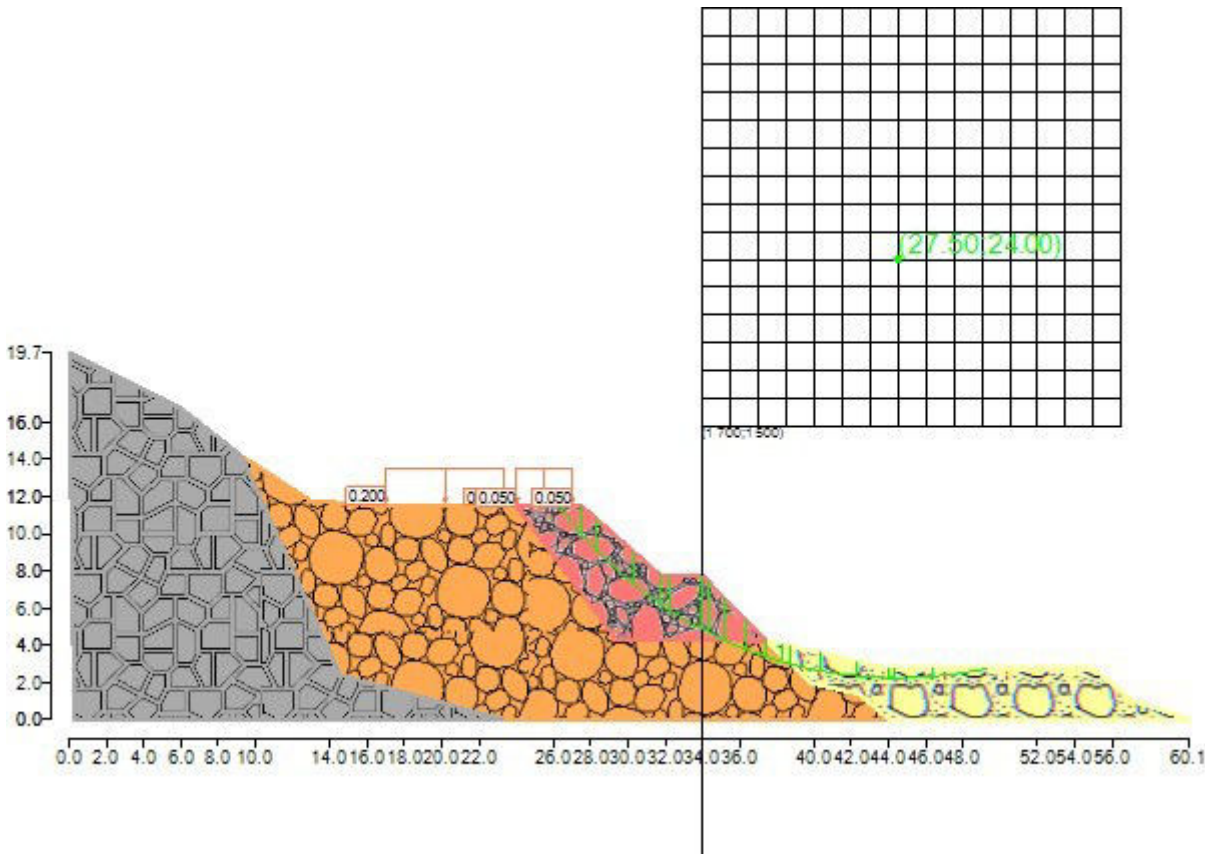
Tabella 9.4: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

Il metodo considera nota la funzione che lega le forze interstriscia tangenziali con le forze normali. Le grandezze sono calcolate iterativamente imponendo il rispetto delle condizioni al contorno. Il calcolo tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.318 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 119 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C (2750 [cm] ,2400 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 2250 [cm].





Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm²]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	120.56	51	1877.62	2012.82	1357.67	0	34	0	-1041.58	0	-104.53
2	79.44	48	2608.9	2140.15	1443.55	0	34	1041.58	-2008.26	104.53	-397.71
3	200	43	7045.84	5634.99	3800.85	0	34	2008.26	-4041.52	397.71	1173.19
4	140.21	37	4763.74	3581.48	2415.74	0	34	4041.52	-4958.09	1173.19	1857.26
5	59.79	34	2154.06	1437.16	969.37	0	34	4958.09	-5249.99	1857.26	2355.67
6	168.94	30	8424.91	6662.55	4493.94	0	34	5249.99	-6083.75	2355.67	3104.81
7	31.06	27	1804.42	1260.82	850.43	0	34	6083.75	-6179.22	3104.81	3449.31
8	84.93	26	4392.05	3574.55	2411.06	0	34	6179.22	-6299.3	3449.31	3721.01
9	115.07	23	4420.73	3872.2	3135.65	0	39	6299.3	-5835.8	3721.01	3541.97
10	108.81	20	2317.17	2181.77	1766.76	0	39	5835.8	-5431.42	3541.97	3295.75
11	91.19	17	1295.44	1364.03	1104.57	0	39	5431.42	-5097.97	3295.75	3009.19

12	44.04	15	717.72	895.57	725.22	0	39	5097.97	-4840.76	3009.19	-2700.14
13	155.96	13	2630.21	2885.72	1946.44	0	34	4840.76	-4168.4	2700.14	-2125.9
14	200	8	3060.93	3531.32	2381.91	0	34	4168.4	-3032.23	2125.9	-1360.5
15	168.94	3	1901.6	2375.79	1602.49	0	34	3032.23	-2055.01	1360.5	-771.57
16	31.06	1	272.4	503.87	339.86	0	34	2055.01	-1818.53	771.57	-529.57
17	200	2	1634.98	2002.51	1350.71	0	34	1818.53	-803.27	529.57	-160.38
18	290.64	8	1095.41	1344.8	907.08	0	34	803.27	-18.79	160.38	-1.53

Tabella 9.5: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
8	1	1700	2550	1850	1.514
9	1	1700	2700	2000	1.607
11	1	1700	3000	2300	1.784
20	1	1850	1950	1950	2.276
20	2	1850	1950	2000	2.363
21	1	1850	2100	2100	2.303
21	2	1850	2100	2150	2.396
22	1	1850	2250	2250	2.348
22	2	1850	2250	2300	2.446
35	1	2000	1800	1800	2.088
35	2	2000	1800	1850	2.190
36	1	2000	1950	1900	2.019
36	2	2000	1950	1950	2.116
36	3	2000	1950	2000	2.215
37	1	2000	2100	2050	2.052
37	2	2000	2100	2100	2.148
37	3	2000	2100	2150	2.243
38	1	2000	2250	2200	2.091
38	2	2000	2250	2250	2.182
38	3	2000	2250	2300	2.277
51	1	2150	1800	1800	1.960
51	2	2150	1800	1850	2.079
52	1	2150	1950	1850	1.771
52	2	2150	1950	1900	1.881
52	3	2150	1950	1950	1.994
52	4	2150	1950	2000	2.099
53	1	2150	2100	2000	1.811
53	2	2150	2100	2050	1.918
53	3	2150	2100	2100	2.022
53	4	2150	2100	2150	2.132
54	1	2150	2250	2150	1.853
54	2	2150	2250	2200	1.954
54	3	2150	2250	2250	2.060
54	4	2150	2250	2300	2.168



67	1	2300	1800	1800	1.875
67	2	2300	1800	1850	2.006
68	1	2300	1950	1800	1.432
68	2	2300	1950	1850	1.602
68	3	2300	1950	1900	1.773
68	4	2300	1950	1950	1.902
68	5	2300	1950	2000	2.021
69	1	2300	2100	1950	1.513
69	2	2300	2100	2000	1.660
69	3	2300	2100	2050	1.809
69	4	2300	2100	2100	1.930
69	5	2300	2100	2150	2.056
70	1	2300	2250	2100	1.569
70	2	2300	2250	2150	1.713
70	3	2300	2250	2200	1.851
70	4	2300	2250	2250	1.967
70	5	2300	2250	2300	2.086
71	1	2300	2400	2250	1.628
71	2	2300	2400	2300	1.768
83	1	2450	1800	1800	1.782
83	2	2450	1800	1850	1.931
84	1	2450	1950	1800	1.365
84	2	2450	1950	1850	1.505
84	3	2450	1950	1900	1.644
84	4	2450	1950	1950	1.810
84	5	2450	1950	2000	1.987
85	1	2450	2100	1950	1.375
85	2	2450	2100	2000	1.506
85	3	2450	2100	2050	1.688
85	4	2450	2100	2100	1.861
85	5	2450	2100	2150	2.010
86	1	2450	2250	2100	1.396
86	2	2450	2250	2150	1.569
86	3	2450	2250	2200	1.743
86	4	2450	2250	2250	1.904
86	5	2450	2250	2300	2.037
87	1	2450	2400	2250	1.461
87	2	2450	2400	2300	1.618
99	1	2600	1800	1800	1.886
99	2	2600	1800	1850	2.008
100	1	2600	1950	1800	1.364
100	2	2600	1950	1850	1.523
100	3	2600	1950	1900	1.698
100	4	2600	1950	1950	1.836
100	5	2600	1950	2000	1.949
101	1	2600	2100	1950	1.330
101	2	2600	2100	2000	1.486

## Copia del documento con apposizione del numero di protocollo

R:\DOCUME\Comune Vinadio\2024 pista ciclabile\1 PFTE\Vinadio pista ciclabile d2 rel calcolo - geotecnica.docx

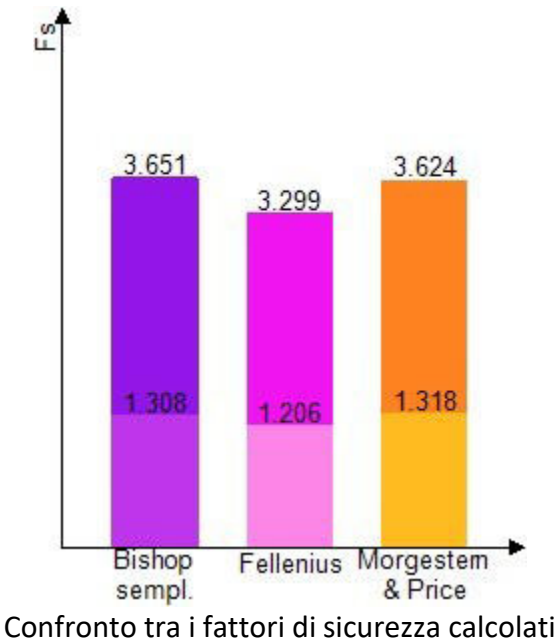
pag. 42/43

101	3	2600	2100	2050	1.664
101	4	2600	2100	2100	1.797
101	5	2600	2100	2150	1.956
102	1	2600	2250	2100	1.327
102	2	2600	2250	2150	1.487
102	3	2600	2250	2200	1.657
102	4	2600	2250	2250	1.825
102	5	2600	2250	2300	2.009
103	1	2600	2400	2250	1.344
103	2	2600	2400	2300	1.492
115	1	2750	1800	1800	2.230
115	2	2750	1800	1850	2.325
116	1	2750	1950	1850	1.746
116	2	2750	1950	1900	1.954
116	3	2750	1950	1950	2.050
116	4	2750	1950	2000	2.137
117	1	2750	2100	1950	1.452
117	2	2750	2100	2000	1.620
117	3	2750	2100	2050	1.797
117	4	2750	2100	2100	1.930
117	5	2750	2100	2150	2.063
118	1	2750	2250	2100	1.346
118	2	2750	2250	2150	1.544
118	3	2750	2250	2200	1.736
118	4	2750	2250	2250	1.879
118	5	2750	2250	2300	2.009
119	1	2750	2400	2250	1.318
119	2	2750	2400	2300	1.507
131	1	2900	1800	1800	2.785
131	2	2900	1800	1850	2.901
132	1	2900	1950	1900	2.361
132	2	2900	1950	1950	2.585
132	3	2900	1950	2000	2.637
133	1	2900	2100	2050	2.216
133	2	2900	2100	2100	2.340
133	3	2900	2100	2150	2.383
134	1	2900	2250	2150	1.876
134	2	2900	2250	2200	2.002
134	3	2900	2250	2250	2.134
134	4	2900	2250	2300	2.210
135	1	2900	2400	2300	1.699
147	1	3050	1800	1850	3.624
148	1	3050	1950	1950	3.280
148	2	3050	1950	2000	3.274
149	1	3050	2100	2100	2.995
149	2	3050	2100	2150	3.009
150	1	3050	2250	2250	2.762

150	2	3050	2250	2300	2.683
165	1	3200	2100	2150	3.610
166	1	3200	2250	2300	3.280

Tabella 9.6: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti



Arrivo: AOO A1600A, N. Prot. 00001448 del 08/01/2025