REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI SAVONA
COMUNE DI PONTINVREA

Oggetto: PROGETTO

PARCO EOLICO BRIC AUTZE'

Committente:

EOLO srl
Via Bartolomeo Prieri 4
12016 Peveragno (CN)

Progettisti:

Entec spa
Via Montegrappa, 2
12038 Savigliano (CN)
Tel. +39 0172 370 008
Fax. +39 0172 375 319
www.entec.it

Paolo Ing. **OBERTO**
Matteo Ing. **ANZALONE**
Daniele Ing. **GARNERONE**



Collaboratori:

Paolo Dott. For. **CORRENDO**
Sara Dott.ssa **VIGLIETTI**
Paola Geol. **REVERDITO**
Roberto Consulente faunistico **TOFFOLI**

Elaborato:

M.01.I

Titolo:

Verifiche di stabilità

Revisione
ottobre 2016

Verfiche di stabilità globale su n°4 sezioni della viabilità interna al sito e sulle piazzole degli aerogeneratori

Scala: ---

Note Legali: proprietà esclusiva della società Entec spa, utilizzo e riproduzione vietate senza alcun accordo scritto

PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI PONTINVREA

LOCALITA' Bric Autzè

IMPIANTO EOLICO DENOMINATO

PARCO EOLICO BRIC AUTZE'

PROGETTO DEFINITIVO

(ai sensi del punto 13 delle Linee guida per il procedimento di cui all'art. 12 del D.Lgs 387/2003 per l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio di impianti di produzione di elettricità da fonti rinnovabili nonché linee guida tecniche per gli impianti stessi. GU Serie generale n.219 del 18-9-2010)

EOLO SRL

Verifiche di stabilità

Data di presentazione della domanda di autorizzazione unica 28/09/2015

Data di presentazione delle integrazioni richieste dal Settore VIA 03/02/2016

Data di presentazione della nuova soluzione alternativa 21/10/2016

Sommario

1. Premessa 6
2. Cenni teorici sul metodo all'equilibrio limite. 6
3. Software di calcolo 7
4. Normativa di riferimento 7
5. Sezioni oggetto di verifica 7
6. Calcolo sismico. 8
7. Caratteristiche terreni. 8
8. Verifiche di stabilità - Sezione A/08 9
8.1. Stato attuale 10
8.1.1. Verifica di stabilità. Metodo di FELLENIUS (1927) 11
8.1.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 12
8.1.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 13
8.1.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 15
8.2. Cantiere 16
8.2.1. Verifica di stabilità. Metodo di FELLENIUS (1927) 17
8.2.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1927) 18
8.2.3. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955) 19
8.2.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 21
8.3. Condizioni di esercizio – assenza di interventi 21
8.3.1. Verifica di stabilità. Metodo di FELLENIUS (1927) 23
8.3.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 24
8.3.3. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955) 25
8.3.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 27
8.4. Condizioni di esercizio – interventi di sostegno sul versante 28
8.4.1. Palificate 28
8.4.2. Verifica di stabilità. Metodo di FELLENIUS (1927) 29
8.4.3. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 30

8.4.4. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955) 32
8.4.5. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 33
8.4.6. Calcolo della resistenza della palificata. 34
9. Verifiche di stabilità - Sezione A*/80 36
9.1. Stato attuale 37
9.1.1. Verifica di stabilità. Metodo di FELLENIUS (1927) 38
9.1.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 39
9.1.3. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955) 41
9.1.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 42
9.2. Cantiere – carico stradale 43
9.2.1. Verifica di stabilità. Metodo di FELLENIUS (1927) 45
9.2.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 46
9.2.3. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955) 48
9.2.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 49
9.3. Cantiere – carico stradale – carico piazzola 50
9.3.1. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 51
9.3.2. Verifica di stabilità. Metodo di Bishop (1955) 52
9.3.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 54
9.3.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 55
9.4. Condizioni di esercizio – assenza di interventi 56
9.4.1. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 57
9.4.2. Verifica di stabilità. Metodo di Bishop (1955) 58
9.4.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 60
9.4.4. 9Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 61
9.5. Condizioni di esercizio - interventi di sostegno sul versante 63
9.5.1. Palificate 63
9.5.2. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 64
9.5.3. Verifica di stabilità. Metodo di Bishop (1955) 66

9.5.4. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 67
9.5.5. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 68
9.5.6. Calcolo della resistenza della palificata. 69
10. Verifiche di stabilità - Sezione A*/100 71
10.1. Condizioni attuali 72
10.1.1. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 73
10.1.2. Verifica di stabilità. Metodo di Bishop (1955) 74
10.1.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 76
10.1.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 77
10.2. Cantiere 78
10.2.1. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 79
10.2.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 81
10.2.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 82
10.2.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 84
10.3. Condizioni di esercizio – assenza di interventi 85
10.3.1. Verifica di stabilità. Metodo di FELLENIUS (1927) 86
10.3.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 87
10.3.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 89
10.3.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 91
11. Verifiche di stabilità - Sezione P2/01 92
11.1. Condizioni attuali 93
11.1.1. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 94
11.1.2. Verifica di stabilità. Metodo di Bishop (1955) 95
11.1.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU SEMPLIFICATO (1955) 97
11.1.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 98
11.2. Cantiere – carico stradale 99
11.2.1. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 100
11.2.2. Verifica di stabilità. Metodo di Bishop (1955) 102

11.2.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 103
11.2.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti 105
11.3. Cantiere – carico stradale – carico piazzola 105
11.3.1. Verifica di stabilità. Metodo di FELLENIUS (1927) 106
11.3.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 108
11.3.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU SEMPLIFICATO (1955) 110
11.3.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti 111
11.4. Condizioni di esercizio – assenza di interventi 112
11.4.1. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 113
11.4.2. Verifica di stabilità. Metodo di Bishop (1955) 114
11.4.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 116
11.4.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti 117
11.5. Condizioni di esercizio – interventi di sostegno sul versante 118
11.5.1. Gradonatura 119
11.5.2. Palificate 119
11.5.3. Verifica di stabilità. Metodo di Fellenius (1927) 121
11.5.4. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1955) 122
11.5.5. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955) 124
11.5.6. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti. 125
11.5.7. Calcolo della resistenza della palificata 126

1. Premessa

Il presente documento illustra le verifiche di stabilità globale condotte su 4 sezioni di versante interessate dall'intervento di realizzazione di un impianto eolico ubicato nel Comune di Pontinvrea (SV) in località Bric Autzè. Per dettagli tecnici in merito all'intervento si rimanda all'elaborato "M.01.a Relazione tecnica descrittiva OTTOBRE 2016" e agli elaborati grafici di dettaglio nelle sezioni C –D- E- F – G del nuovo elenco elaborati OTTOBRE 2016.

2. 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. E' 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.

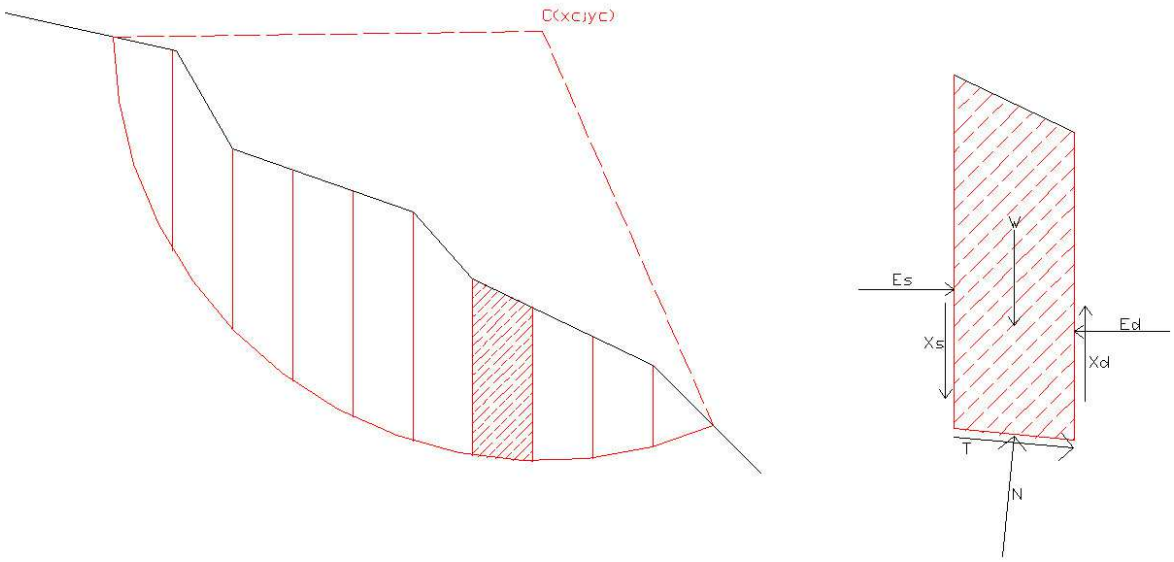


Figura 1. Rappresentazione della superficie di rottura circolare e suddivisione in strisce.

3. Software di calcolo

Le verifiche sono state condotte con l'ausilio del software di calcolo Dolmen v. 13, prodotto e commercializzato da CDM Dolmen srl.

4. Normativa di riferimento.

Il calcolo è condotto facendo riferimento alla normativa italiana NTC 2008. 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: γ_c = 1.25
- per la coesione non drenata: γcu = 1.4
- per l'angolo di attrito: γ_ϕ = 1.25
- per il peso: γ_γ = 1
- per i carichi permanenti: γ_g = 1
- per i carichi variabili: γ_q = 1.3
- per gli ancoraggi: γ_a = 1.2

5. Sezioni oggetto di verifica

Le verifiche di stabilità globale sono condotte su quattro sezioni trasversali di versante interessate dall'intervento:

- Sezione A/08. Viabilità di accesso al sito
- Sezione A*/80. Piazzola dell'aerogeneratore nr. 1
- Sezione A*/100. Viabilità di collegamento tra gli aerogeneratori
- Sezione P2/01. Piazzola dell'aerogeneratore nr. 2

Per ciascuna sezione sono state condotte verifiche di stabilità nelle seguenti condizioni:

- Stato attuale;

- Cantiere – carico stradale;
- Cantiere – carico stradale – carico piazzola;
- Condizioni di esercizio dell'impianto.

Le verifiche sono state condotte prevedendo, qualora necessario, interventi a sostegno del versante (palificate semplici e gradonate).

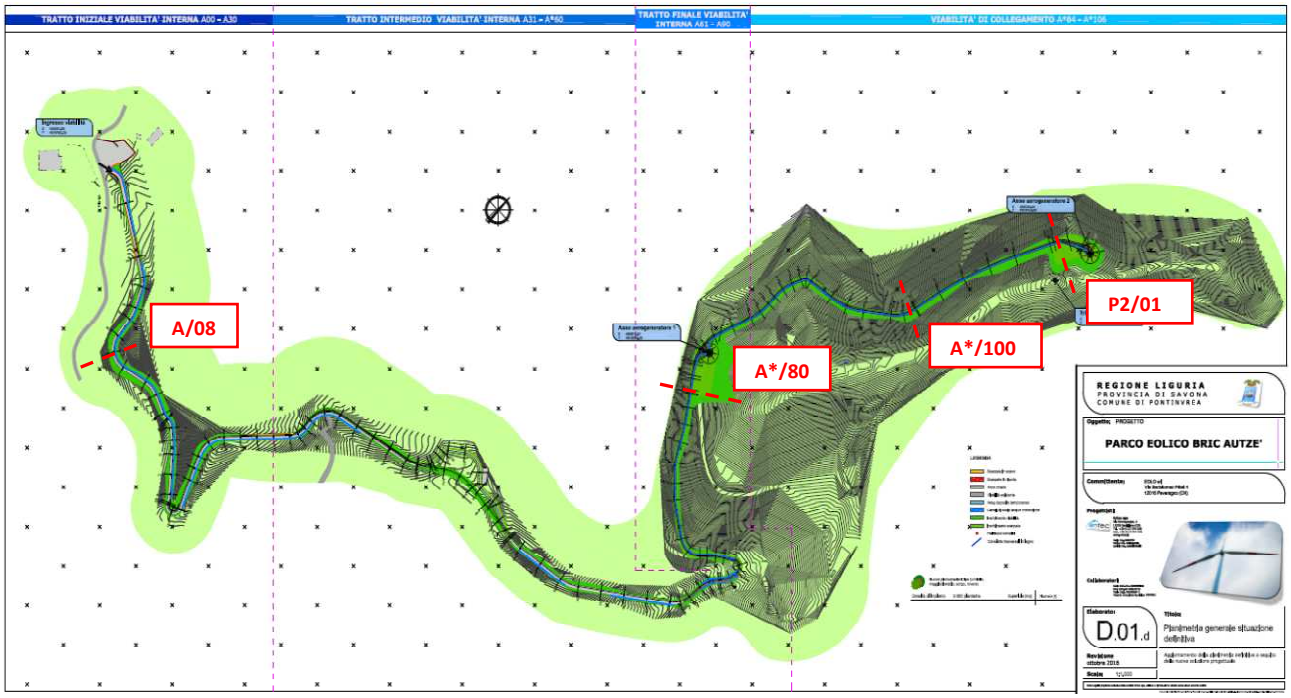


Figura 2. Planimetria con indicazione delle sezioni oggetto di verifica

6. Calcolo sismico.

L'analisi della stabilità dei pendii sopra riportati 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 2.6346 e l'accelerazione massima orizzontale attesa dal sito è pari a 0.5072 m/sec2.

La categoria di sottosuolo per tutte le sezioni analizzate è la categoria A, la categoria topografica è la categoria T2. Il coefficiente sismico orizzontale ricavato è pari a: 0.012.

7. Caratteristiche terreni.

Le caratteristiche dei terreni utilizzate nel modello di calcolo sono le seguenti:

coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A
Coesione: 0.1 daN/cm^2
Angolo di resistenza al taglio: 30°
Peso secco: 0.00186 daN/cm^3
Peso saturo: 0.00186 daN/cm^3
Condizioni drenate

substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B
Coesione: 2.5 daN/cm^2
Angolo di resistenza al taglio: 40°
Peso secco: 0.00235 daN/cm^3
Peso saturo: 0.00235 daN/cm^3
Condizioni drenate

coltre sciolta ricavata da fronti di scavo
Coesione: 0.015 daN/cm^2
Angolo di resistenza al taglio: 28°
Peso secco: 0.00186 daN/cm^3
Peso saturo: 0.00186 daN/cm^3
Condizioni drenate

8. Verifiche di stabilità - Sezione A/08

La sezione A08 è ubicata lungo la viabilità di accesso all'impianto eolico in progetto. Nelle figure sottostanti è riportata la sezione nelle condizioni di stato attuale ed esercizio.

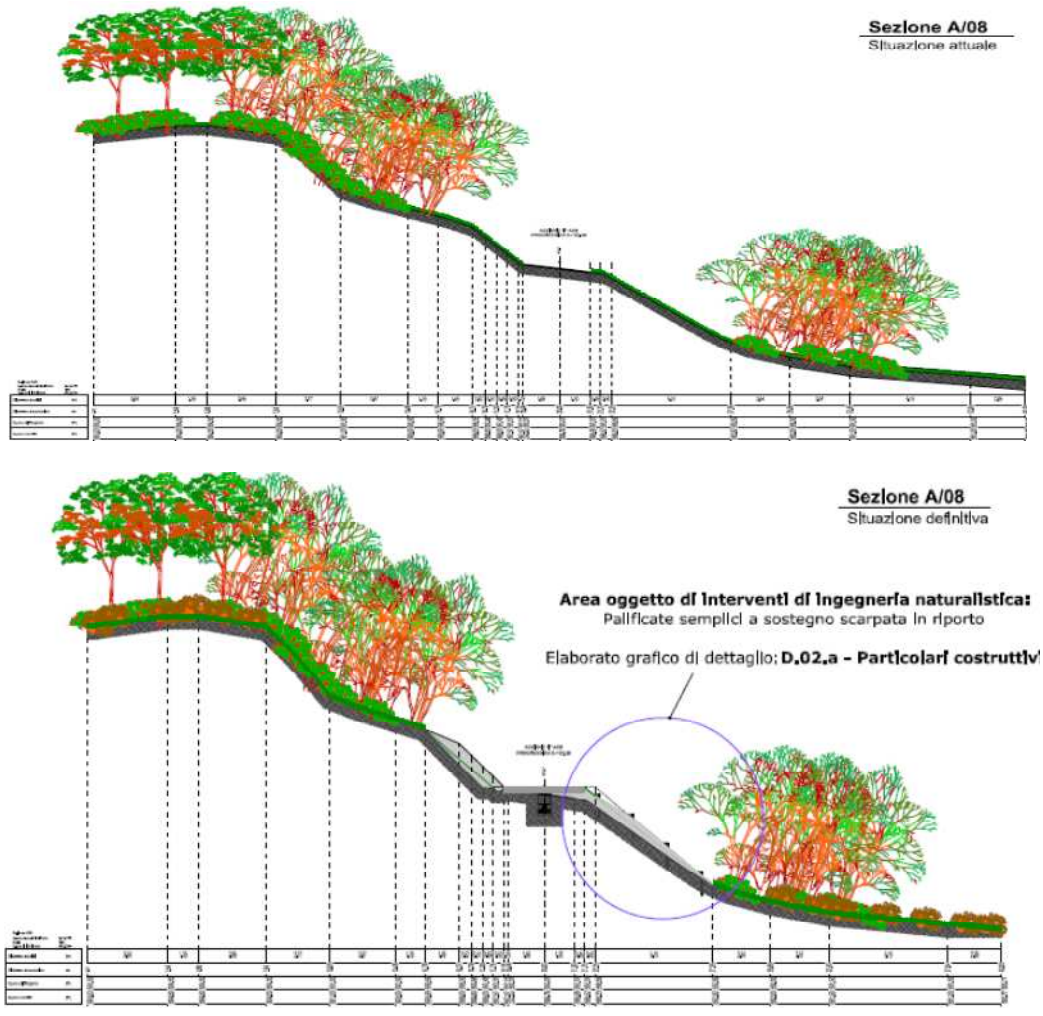


Figura 3. Sezione A/08. Stato attuale – condizioni di esercizio

8.1. Stato attuale

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

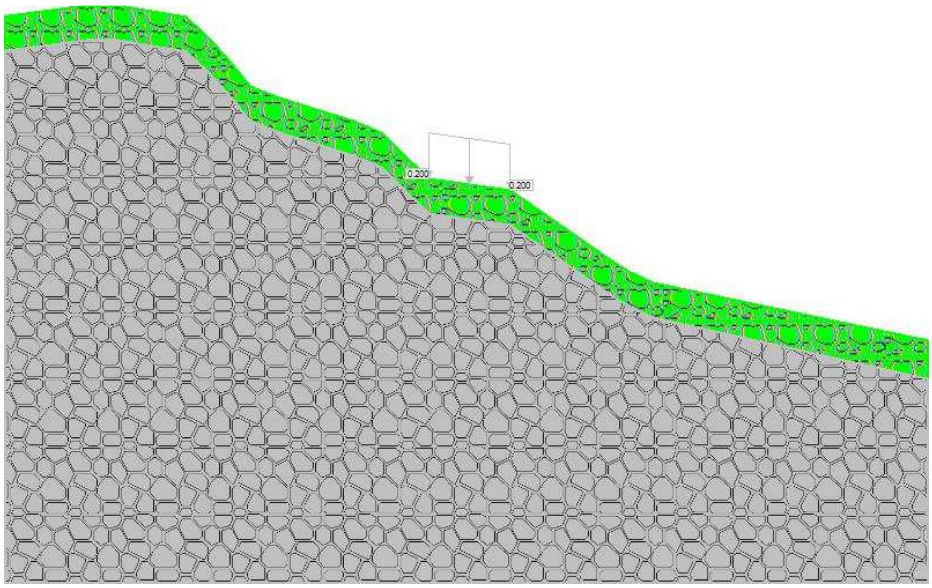


Figura 4. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

Data la presenza di una pista esistente, si prevede un carico distribuito di intensità pari a 0.2 daN/cm^2 lungo lo sviluppo trasversale della pista. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 1832 cm ed ordinata pari a 1749 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 2186 cm ed ordinata pari a 1699 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(1600,2100), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1000 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 81 ed il numero di superfici circolari generate è 527. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

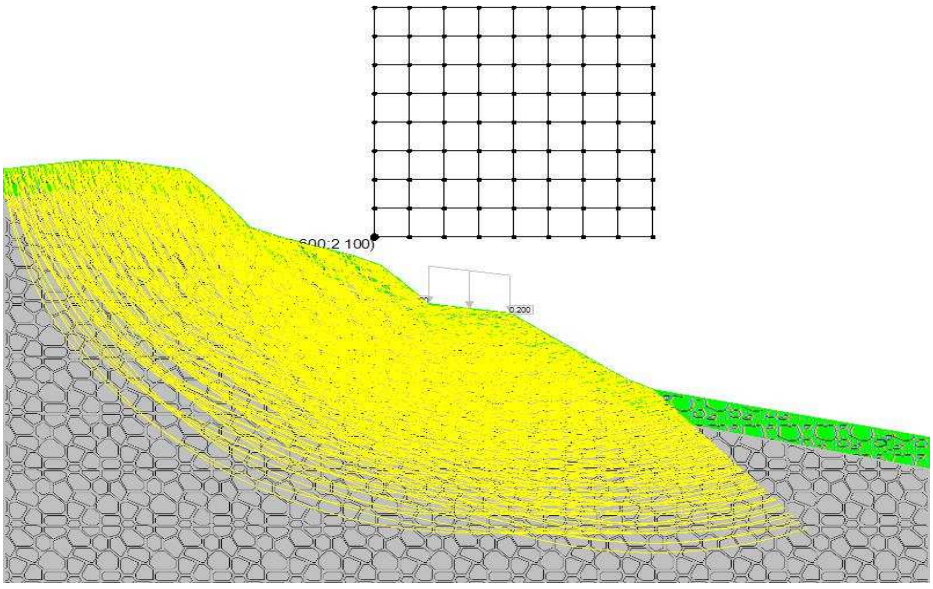


Figura 5. Superfici di rottura e maglia centri

8.1.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.676, si ha in corrispondenza del centro numero 77 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(2800,2700). Il raggio della superficie critica è pari a 1300 cm.

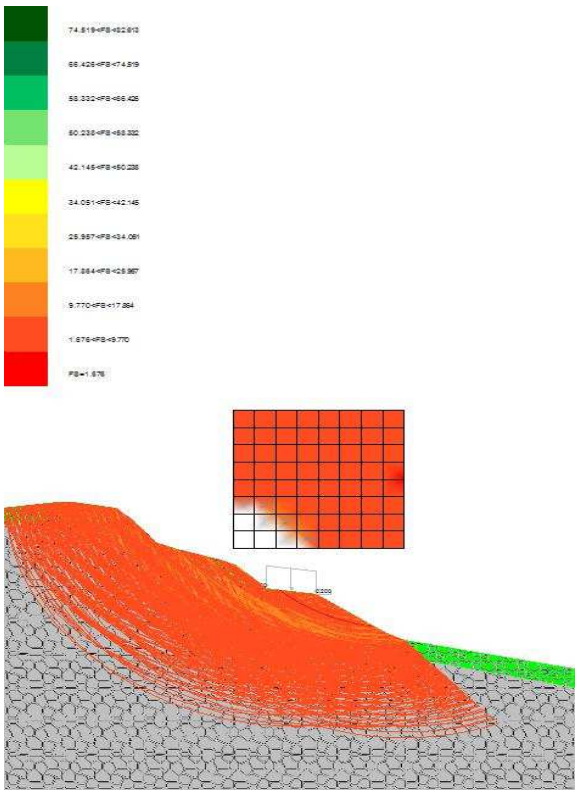


Figura 6. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

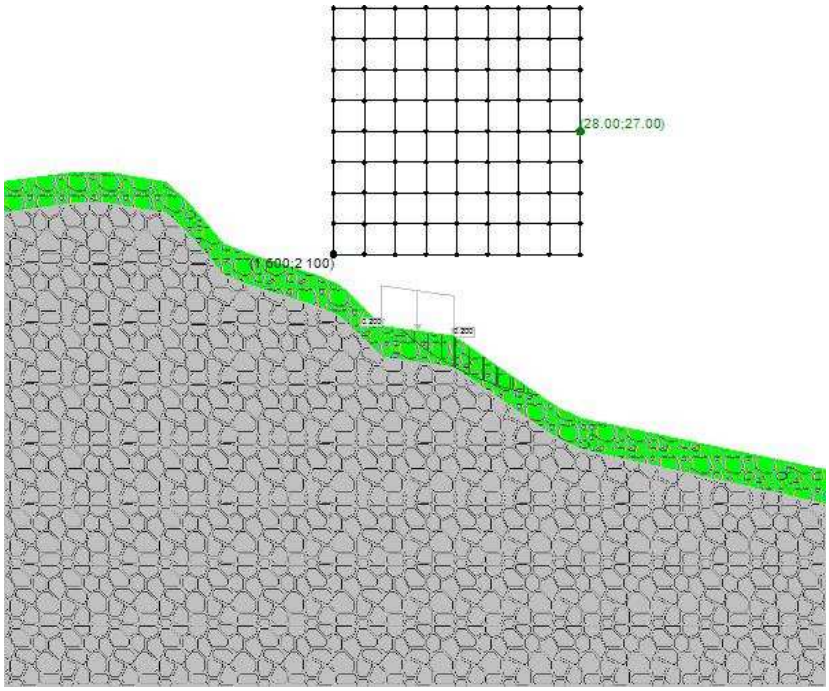


Figura 7. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	66	40	289	221	187	0.1	30	0	0	0	0
2	66	36	824	663	490	0.1	30	0	0	0	0
3	66	33	1278	1073	694	0.1	30	0	0	0	0
4	58	30	1441	1252	713	0.1	30	0	0	0	0
5	8	28	218	192	102	0.1	30	0	0	0	0
6	64	26	1626	1458	718	0.1	30	0	0	0	0
7	3	25	69	62	29	0.1	30	0	0	0	0
8	66	23	1498	1379	583	0.1	30	0	0	0	0
9	3	21	57	53	21	0.1	30	0	0	0	0
10	64	20	1192	1122	402	0.1	30	0	0	0	0
11	8	18	136	130	42	0.1	30	0	0	0	0
12	58	17	813	780	231	0.1	30	0	0	0	0
13	14	15	155	150	40	0.1	30	0	0	0	0
14	53	13	446	434	103	0.1	30	0	0	0	0
15	19	12	104	101	21	0.1	30	0	0	0	0
16	47	10	106	104	19	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 1. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
77	2	28	27	13	1.676
35	2	20.5	31.5	14	82.613

Tabella 2. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.1.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.703, si ha in corrispondenza del centro numero 77 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(2800,2700). Il raggio della superficie critica è pari a 1300 cm.

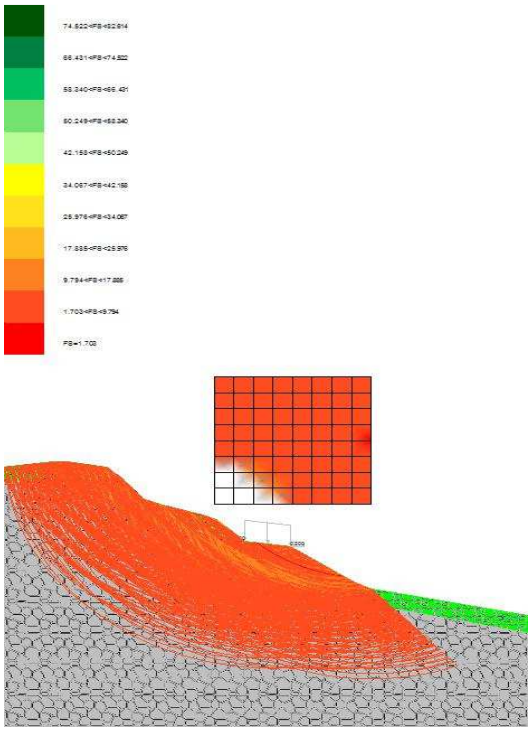


Figura 8. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

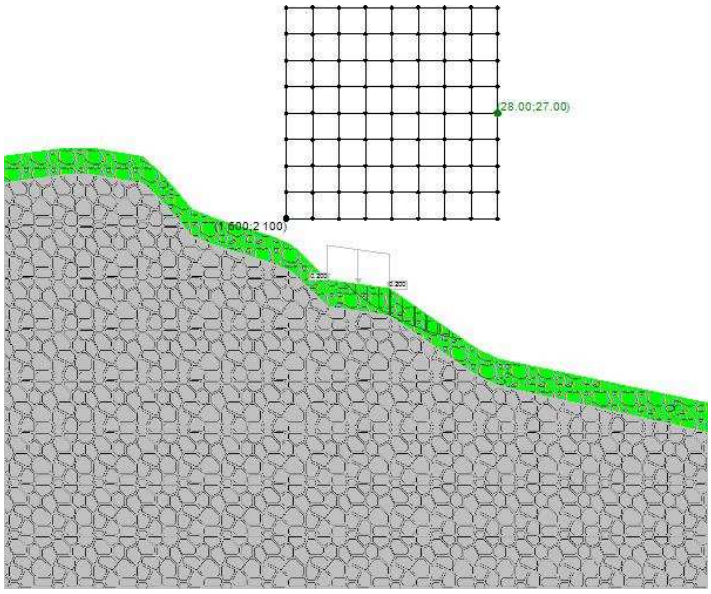


Figura 9. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	66	40	289	-43	499	0.1	30	0	0	0	0
2	66	36	824	555	636	0.1	30	0	0	0	0
3	66	33	1278	1039	747	0.1	30	0	0	0	0
4	58	30	1441	1242	731	0.1	30	0	0	0	0
5	8	28	218	190	105	0.1	30	0	0	0	0
6	64	26	1626	1418	801	0.1	30	0	0	0	0
7	3	25	69	60	34	0.1	30	0	0	0	0
8	66	23	1498	1298	776	0.1	30	0	0	0	0
9	3	21	57	49	31	0.1	30	0	0	0	0
10	64	20	1192	1024	675	0.1	30	0	0	0	0
11	8	18	136	117	83	0.1	30	0	0	0	0
12	58	17	813	687	543	0.1	30	0	0	0	0
13	14	15	155	129	119	0.1	30	0	0	0	0
14	53	13	446	360	416	0.1	30	0	0	0	0
15	19	12	104	77	137	0.1	30	0	0	0	0
16	47	10	106	54	296	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 3. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
77	2	28	27	13	1.703
35	2	20.5	31.5	14	82.614

Tabella 4. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.1.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 2.263, si ha in corrispondenza del centro numero 43 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(2200,3000). Il raggio della superficie critica è pari a 1300 cm.

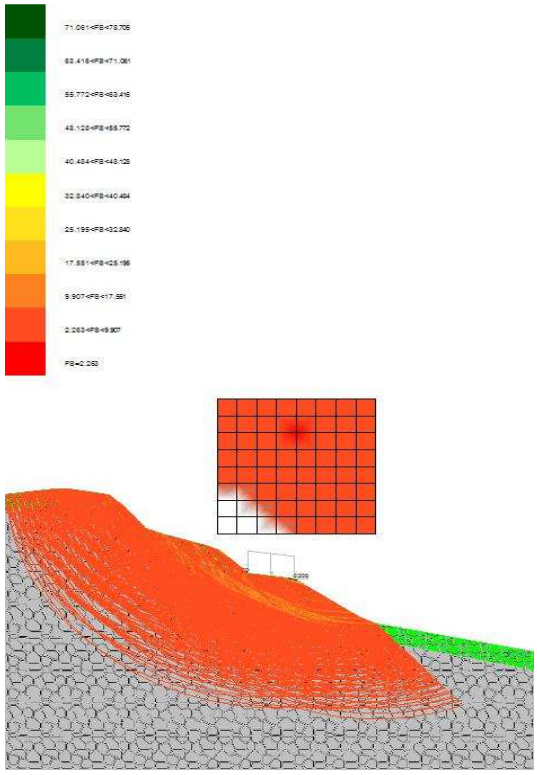


Figura 10. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

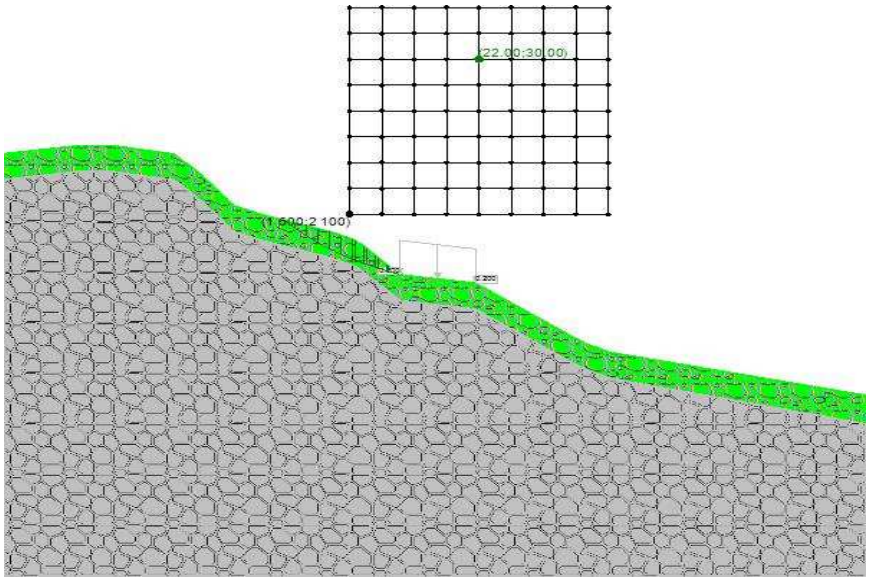


Figura 11. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	52	42	149	-68	295	0.1	24.79	0	-1579	0	0
2	1	41	9	3	9	0.1	24.79	1579	-1936	0	0
3	53	39	448	284	361	0.1	24.79	1936	-2392	0	0
4	53	36	692	561	406	0.1	24.79	2392	-1874	0	0
5	53	34	893	780	439	0.1	24.79	1874	-1918	0	0
6	53	31	1036	930	463	0.1	24.79	1918	-2475	0	0
7	53	28	1108	1005	471	0.1	24.79	2475	-2755	0	0
8	13	26	272	248	113	0.1	24.79	2755	-2771	0	0
9	40	25	800	722	345	0.1	24.79	2771	-2863	0	0
10	12	24	203	181	93	0.1	24.79	2863	-2802	0	0
11	41	23	607	530	306	0.1	24.79	2802	-2581	0	0

12	10	21	120	102	68	0.1	24.79	2581	-2656	0	0
13	43	20	388	315	267	0.1	24.79	2656	-3735	0	0
14	8	19	51	38	47	0.1	24.79	3735	-4442	0	0
15	45	18	125	61	220	0.1	24.79	4442	-4485	0	0

Tabella 5. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
43	2	22	30	13	2.263
60	1	25	28.5	12	78.705

Tabella 6. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.1.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

I risultati forniti dai metodi sopra riportati dimostrano che, in condizioni attuali, le condizioni di stabilità globale del versante sono verificate

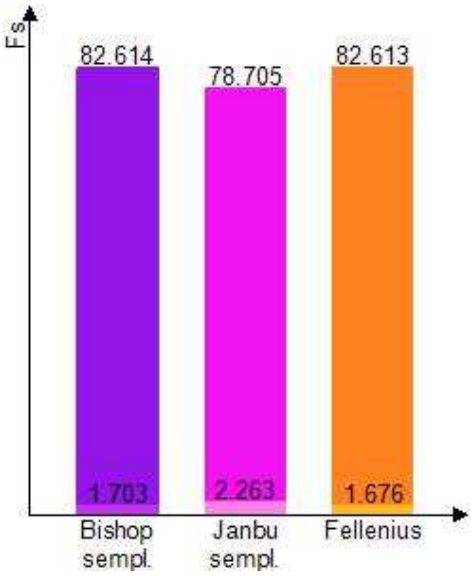


Figura 12. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

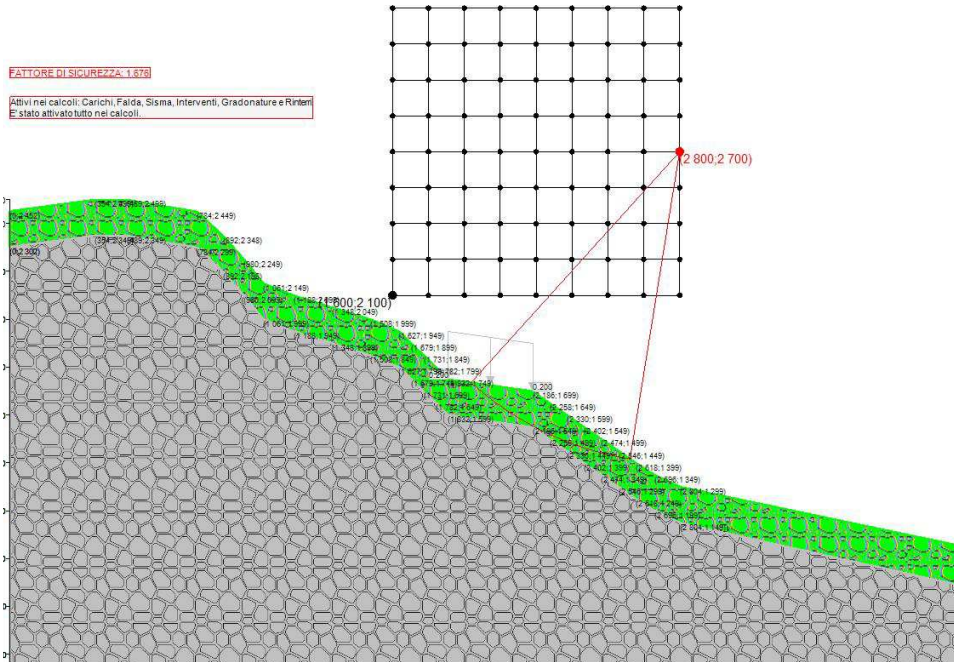


Figura 13. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

8.2. Cantiere

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 1b. **coltre sciolta ricavata da terreni di scavo**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

I riporti previsti lungo la viabilità in progetto sono realizzati con materiale proveniente dalle operazioni di scavo (Strato nr. 1b).

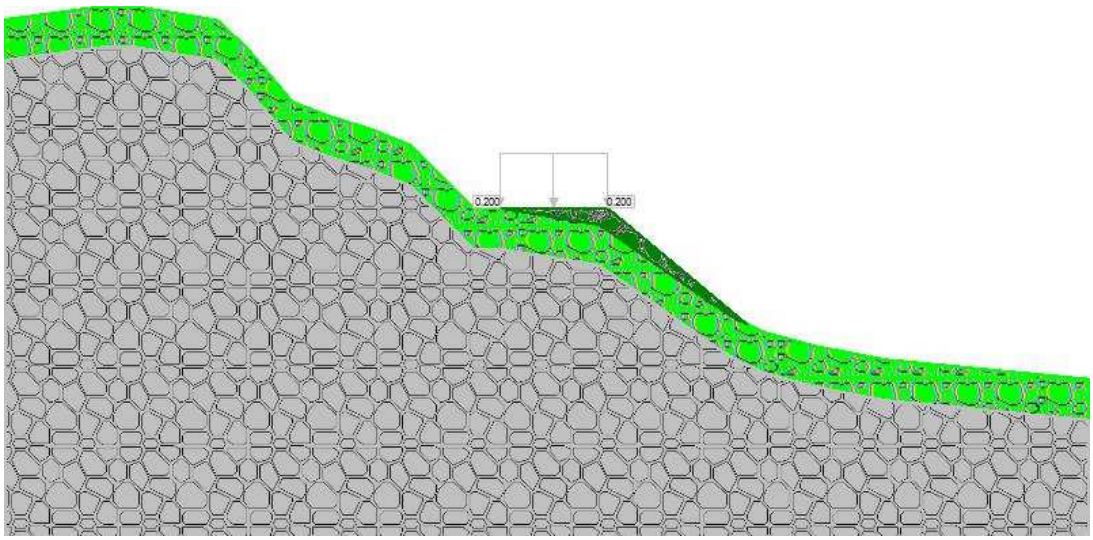


Figura 14. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In condizioni di cantiere è previsto il passaggio di mezzi pesanti il cui carico è quantificato in 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 1825 cm ed ordinata pari a 1665 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 2225 cm ed ordinata pari a 1665 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(1800,1600), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 169 ed il numero di superfici circolari generate è 547. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

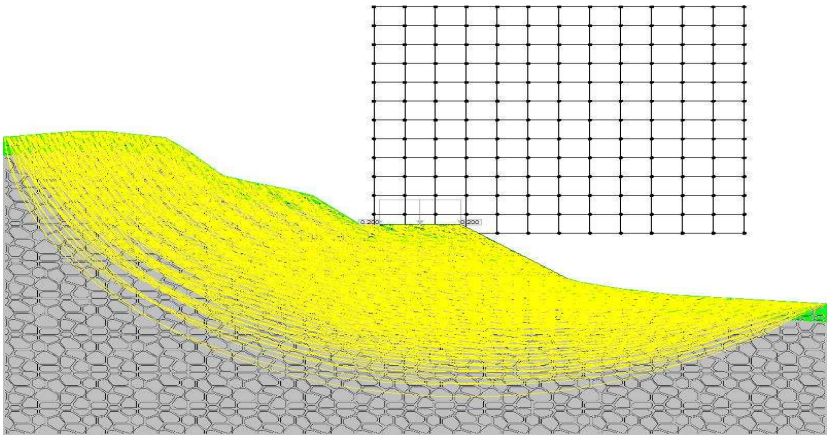


Figura 15. Superfici di rottura e maglia centri

8.2.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.150, si ha in corrispondenza del centro numero 139 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3300,2800). Il raggio della superficie critica è pari a 1600 cm.

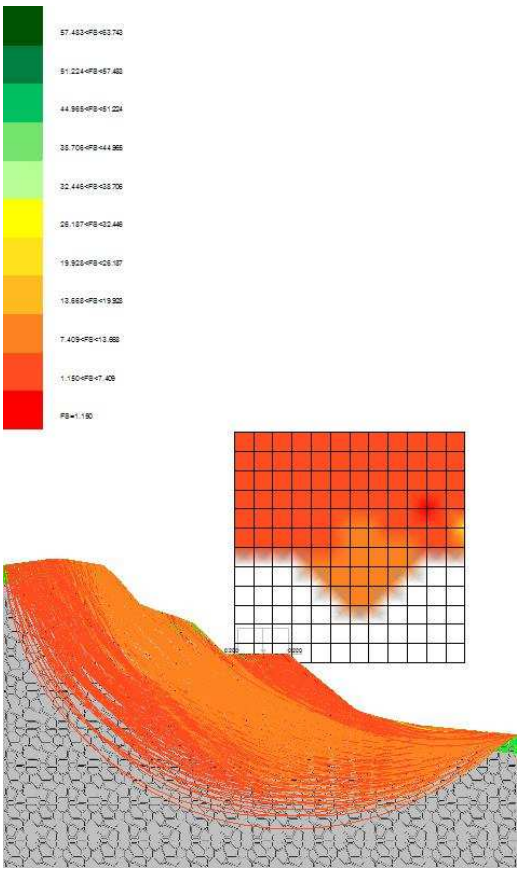


Figura 16. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

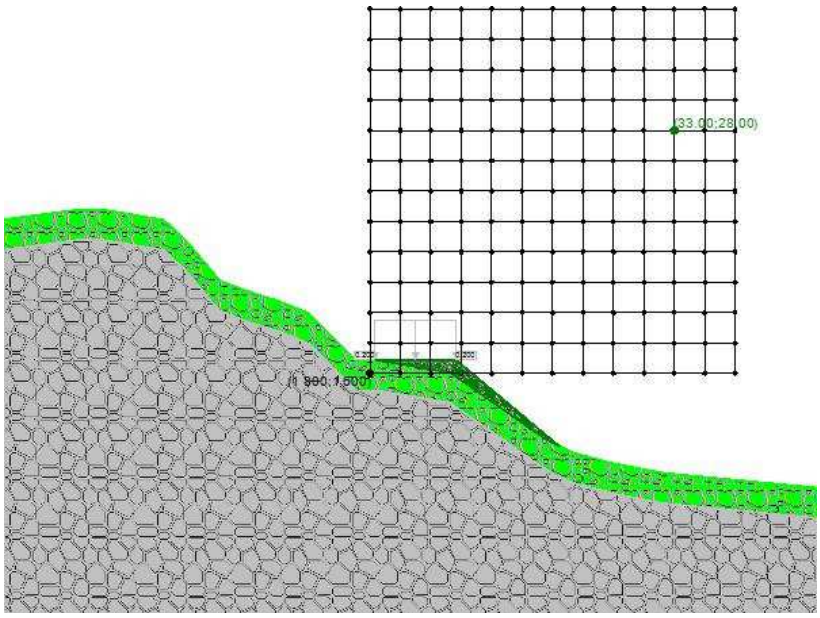


Figura 17. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	40	44	143	103	99	0.04	28	0	0	0	0
2	12	43	102	75	69	0.04	28	0	0	0	0
3	28	42	260	195	173	0.04	28	0	0	0	0
4	40	40	383	293	246	0.04	28	0	0	0	0
5	40	38	376	296	232	0.04	28	0	0	0	0
6	40	36	354	285	210	0.04	28	0	0	0	0
7	40	35	318	262	180	0.04	28	0	0	0	0
8	40	33	268	225	145	0.04	28	0	0	0	0
9	40	31	206	176	106	0.04	28	0	0	0	0
10	40	29	131	114	65	0.04	28	0	0	0	0
11	40	28	46	40	21	0.04	28	0	0	0	0

Tabella 7. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
139	1	33	28	16	1.15
76	2	25.5	31	16	63.743

Tabella 8. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.2.2. Verifica di stabilità. Metodo di BISHOP (1927)

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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.160, si ha in corrispondenza del centro numero 143 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3300,3400). Il raggio della superficie critica è pari a 2100 cm.

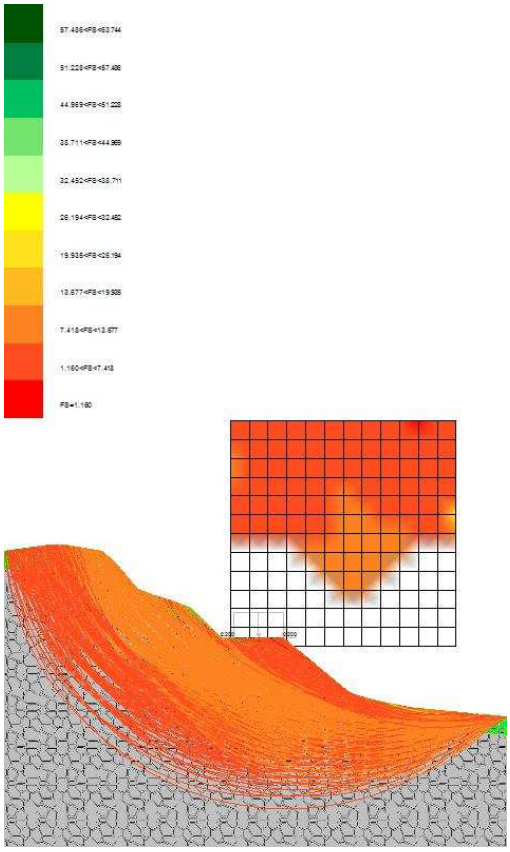


Figura 18. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

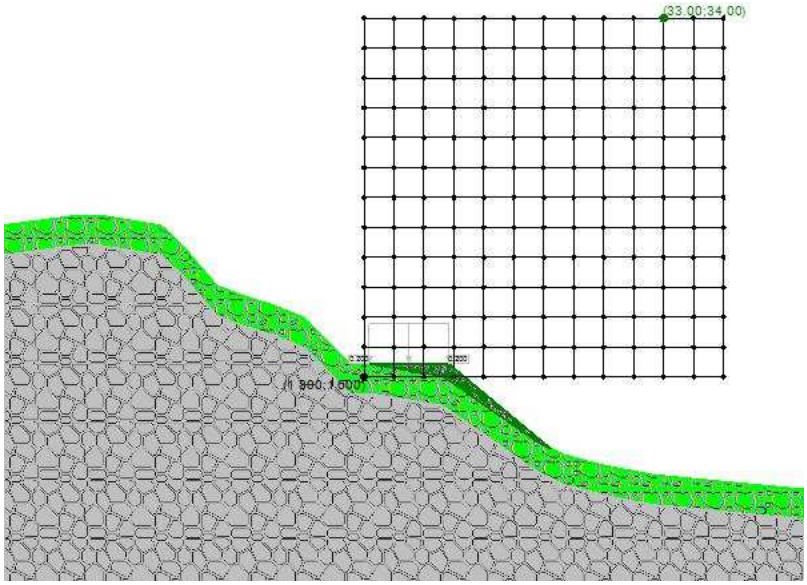


Figura 19. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	33	34	66	-9	132	0.04	28	0	0	0	0
2	33	33	196	119	177	0.04	28	0	0	0	0
3	33	32	321	241	220	0.04	28	0	0	0	0
4	10	31	120	96	74	0.04	28	0	0	0	0
5	23	30	280	223	173	0.04	28	0	0	0	0
6	33	30	357	279	232	0.04	28	0	0	0	0
7	33	29	302	228	212	0.04	28	0	0	0	0
8	33	28	242	174	191	0.04	28	0	0	0	0
9	33	27	178	115	168	0.04	28	0	0	0	0
10	33	26	110	53	144	0.04	28	0	0	0	0
11	33	25	37	-13	119	0.04	28	0	0	0	0

Tabella 9. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
143	1	33	34	21	1.16
76	2	25.5	31	16	63.744

Tabella 10. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.2.3. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.729, si ha in corrispondenza del centro numero 152 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3450,2800). Il raggio della superficie critica è pari a 1700 cm.

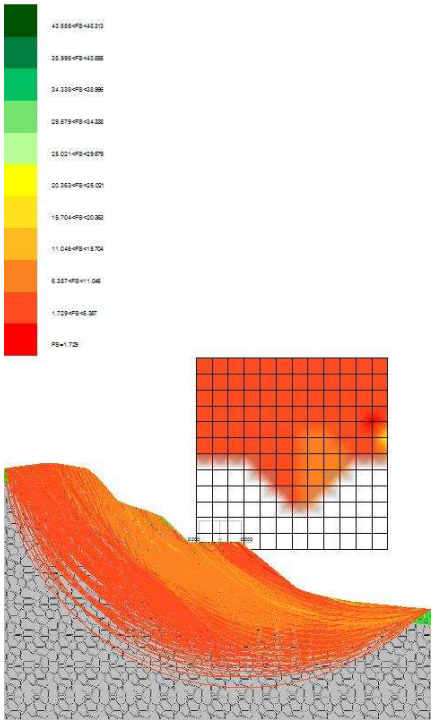


Figura 20. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

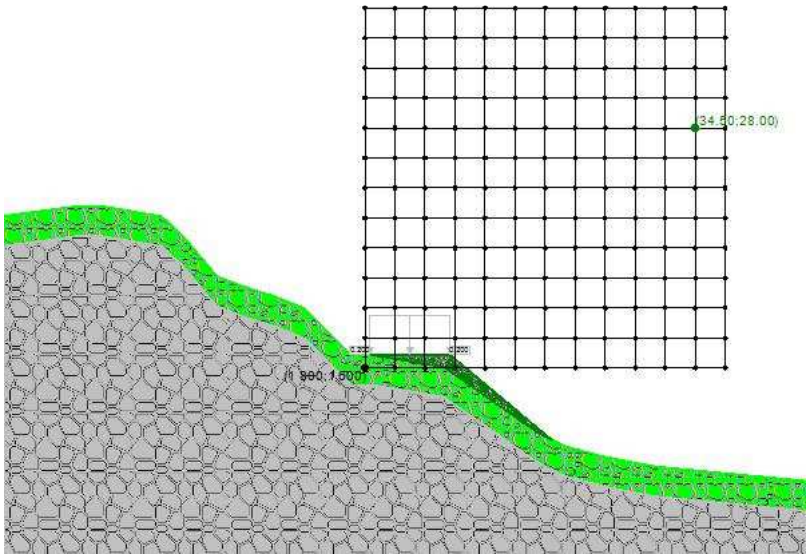


Figura 21. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	40	47	163	73	155	0.04	23.04	0	-924	0	0
2	10	46	79	64	48	0.04	23.04	924	-1041	0	0
3	50	44	455	386	257	0.04	23.04	1041	-1657	0	0
4	50	42	506	443	265	0.04	23.04	1657	-1853	0	0
5	50	40	524	462	264	0.04	23.04	1853	-2203	0	0
6	50	38	511	448	256	0.04	23.04	2203	-2380	0	0
7	17	36	166	145	84	0.04	23.04	2380	-2594	0	0
8	33	35	306	176	280	0.1	24.79	2594	-2735	0	0
9	16	34	137	76	131	0.1	24.79	2735	-2778	0	0
10	34	33	269	224	150	0.04	23.04	2778	-2803	0	0
11	50	32	315	249	197	0.04	23.04	2803	-2797	0	0
12	50	30	204	139	167	0.04	23.04	2797	-2722	0	0
13	50	28	71	10	133	0.04	23.04	2722	-2704	0	0

Tabella 11. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
152	1	34.5	28	17	1.729
76	2	25.5	31	16	48.313

Tabella 12. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.2.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

La figura sottostante evidenzia il confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti con i tre metodi di calcoli. Il fattore minimo è pari a 1.150 e permette di concludere che, in condizioni di cantiere, la stabilità del versante è verificata.

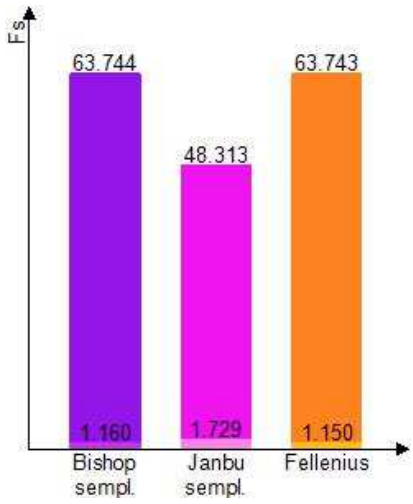


Figura 22. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

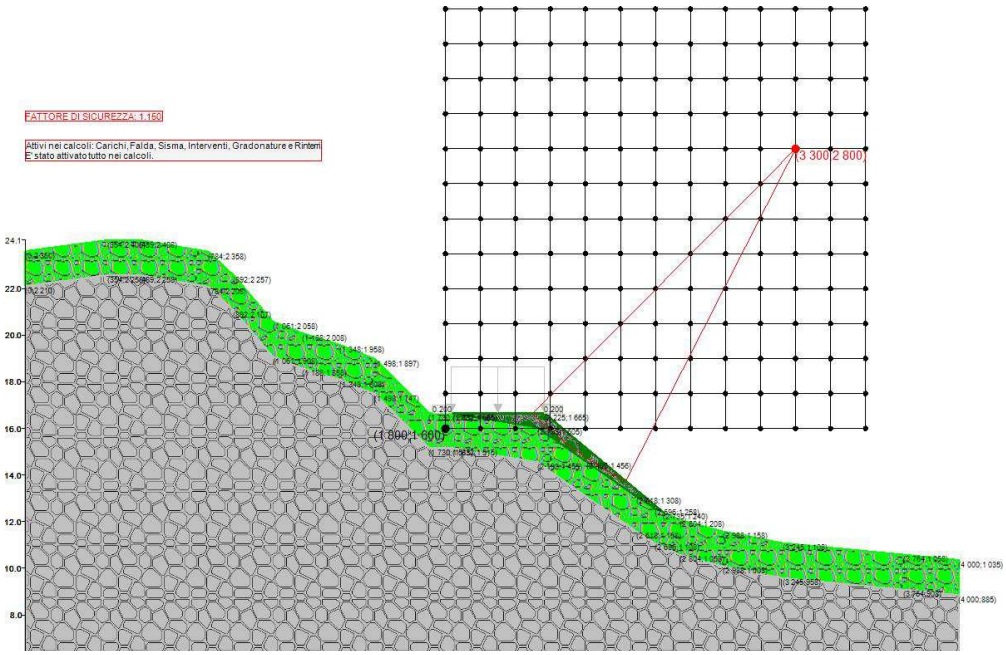


Figura 23. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

8.3. Condizioni di esercizio – assenza di interventi

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**

- Strato nr. 1b. **coltre sciolta ricavata da terreni di scavo**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

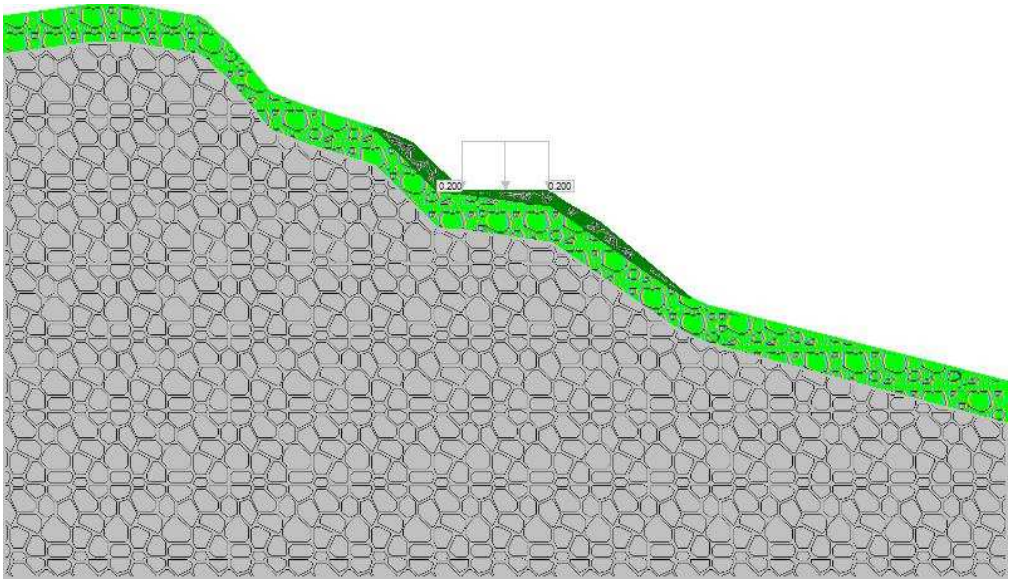


Figura 24. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In condizioni di cantiere è previsto il passaggio di mezzi pesanti il cui carico è quantificato in 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 1825 cm ed ordinata pari a 1542 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 2175 cm ed ordinata pari a 1542 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(1800,1600), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 121 ed il numero di superfici circolari generate è 641. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

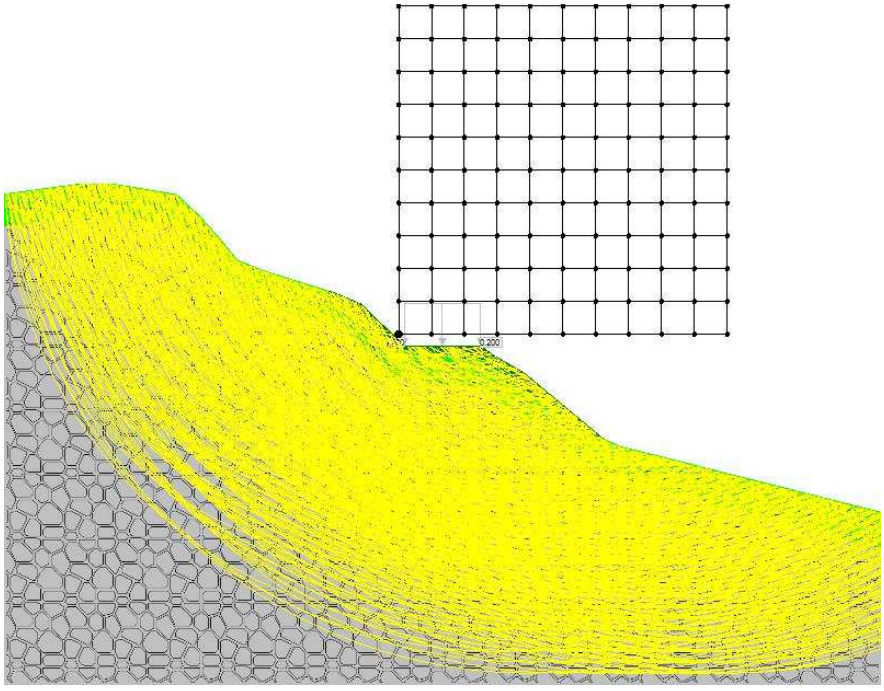


Figura 25. Superfici di rottura e maglia centri

8.3.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 0.869, si ha in corrispondenza del centro numero 107 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3150,2650). Il raggio della superficie critica è pari a 1500 cm.

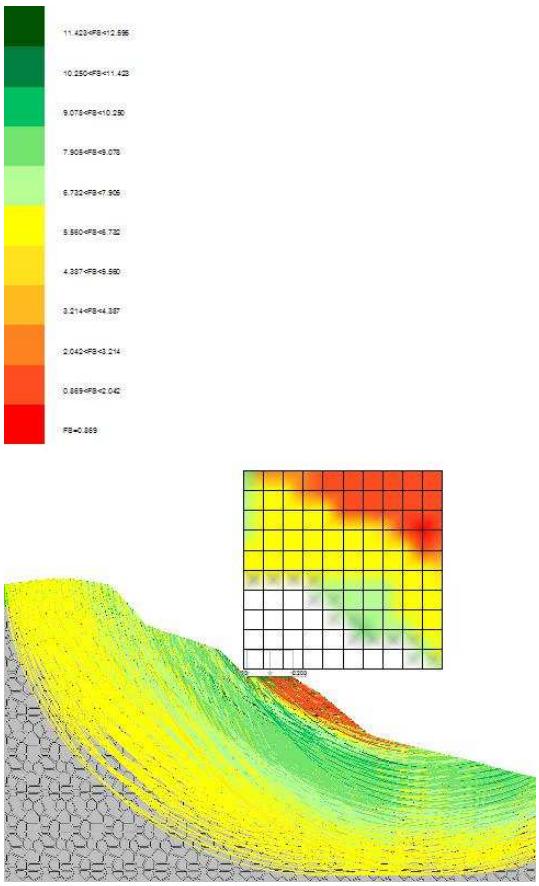


Figura 26. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

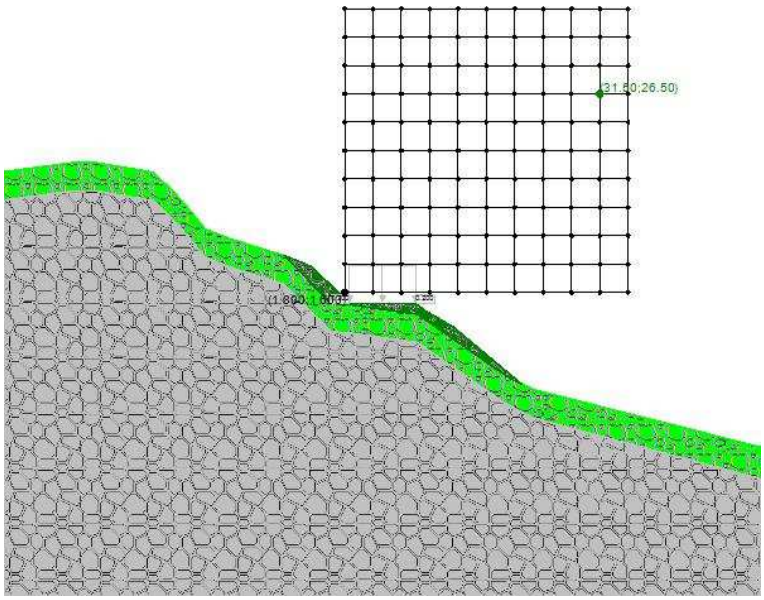


Figura 27. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	36	41	107	80	71	0.015	28	0	0	0	0
2	4	40	24	18	15	0.015	28	0	0	0	0
3	40	39	250	193	159	0.015	28	0	0	0	0
4	6	38	39	30	24	0.015	28	0	0	0	0
5	34	37	241	192	146	0.015	28	0	0	0	0
6	40	35	327	266	190	0.015	28	0	0	0	0
7	40	34	360	299	199	0.015	28	0	0	0	0
8	35	32	332	281	175	0.015	28	0	0	0	0
9	5	31	47	40	24	0.015	28	0	0	0	0
10	40	30	337	292	169	0.015	28	0	0	0	0
11	40	28	255	224	121	0.015	28	0	0	0	0
12	40	27	161	144	72	0.015	28	0	0	0	0
13	40	25	55	50	23	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 13. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
107	1	31.5	26.5	15	0.869
42	1	22.5	28	15	12.595

Tabella 14. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.3.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 0.883, si ha in corrispondenza del centro numero 107 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3150,2650). Il raggio della superficie critica è pari a 1500 cm.

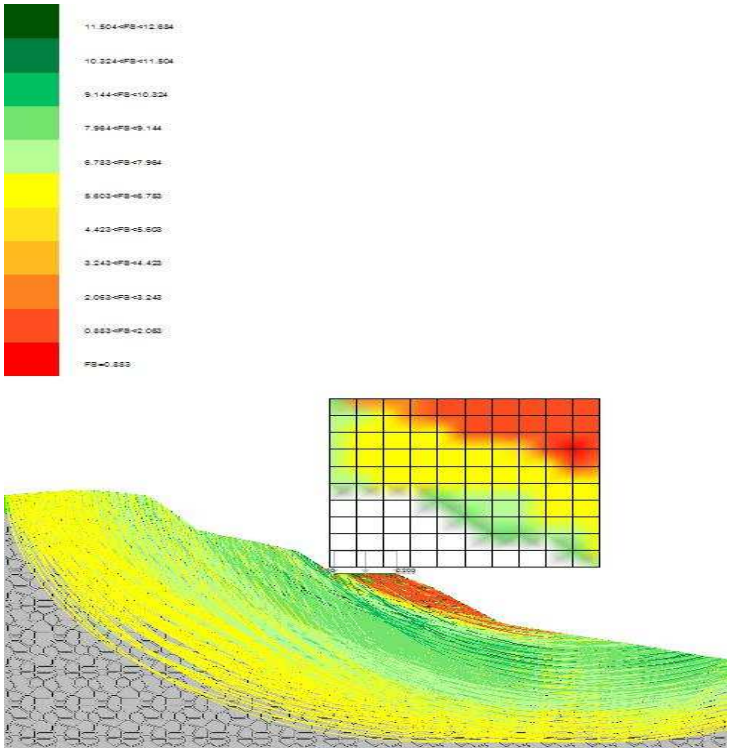


Figura 28. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

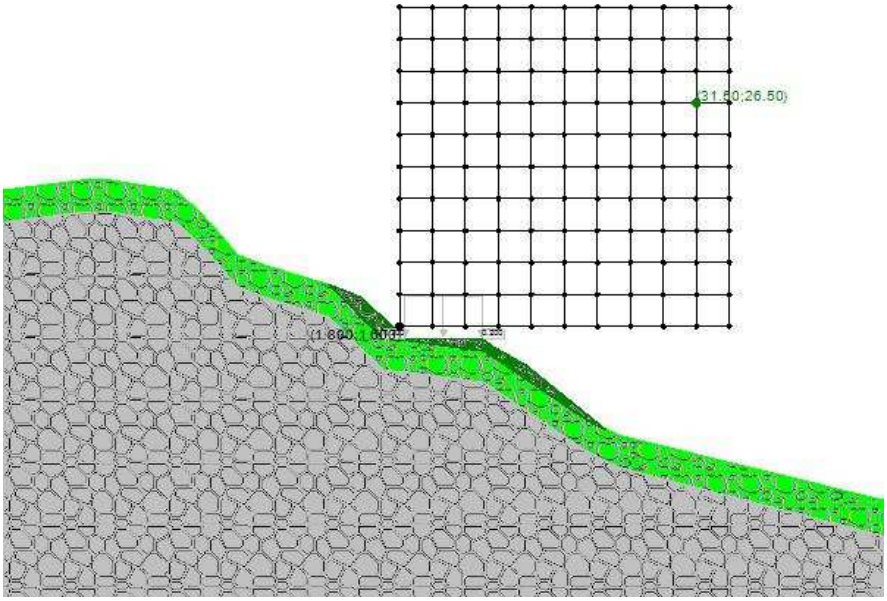


Figura 29. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	36	41	107	50	106	0.015	28	0	0	0	0
2	4	40	24	17	17	0.015	28	0	0	0	0
3	40	39	250	180	175	0.015	28	0	0	0	0
4	6	38	39	28	27	0.015	28	0	0	0	0
5	34	37	241	181	160	0.015	28	0	0	0	0
6	40	35	327	254	206	0.015	28	0	0	0	0
7	40	34	360	286	220	0.015	28	0	0	0	0
8	35	32	332	267	199	0.015	28	0	0	0	0
9	5	31	47	38	28	0.015	28	0	0	0	0
10	40	30	337	269	208	0.015	28	0	0	0	0
11	40	28	255	197	172	0.015	28	0	0	0	0
12	40	27	161	114	131	0.015	28	0	0	0	0
13	40	25	55	21	85	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 15. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
107	1	31.5	26.5	15	0.883
42	1	22.5	28	15	12.684

Tabella 16. Fattori di sicurezza massimi e minimi..

8.3.3. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.434, si ha in corrispondenza del centro numero 119 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3300,2800). Il raggio della superficie critica è pari a 1700 cm.

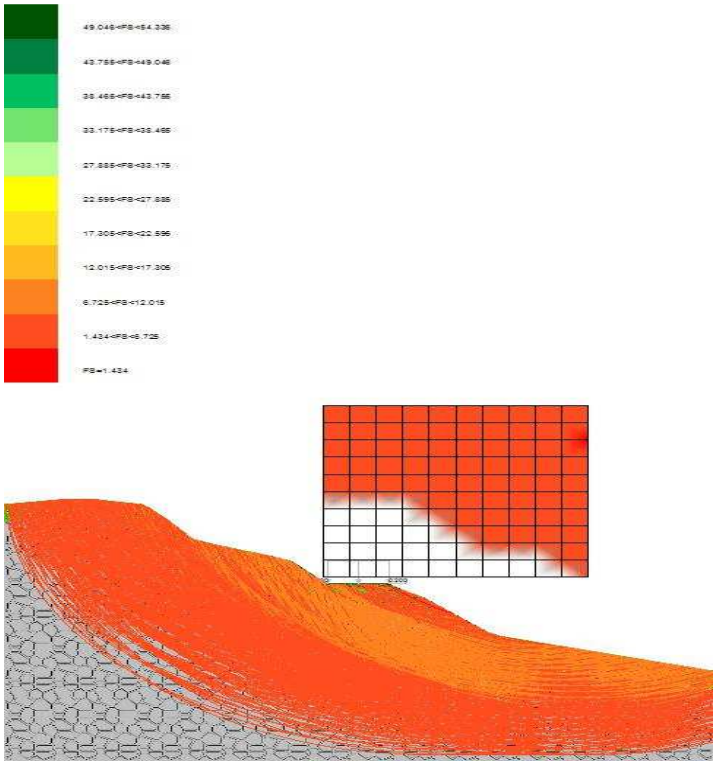


Figura 30. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

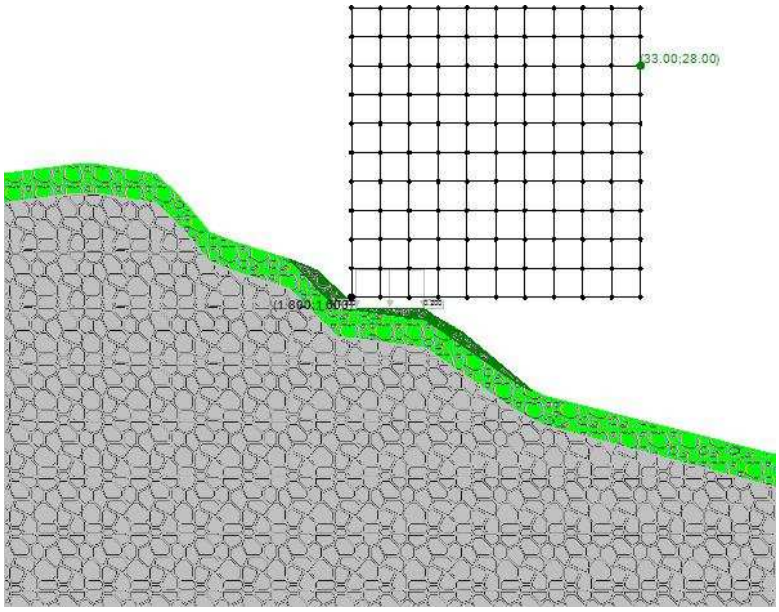


Figura 31. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	18	42	28	12	29	0.015	23.04	0	-1303	0	0
2	20	41	65	50	42	0.015	23.04	1303	-2011	0	0
3	30	40	111	89	67	0.015	23.04	2011	-382	0	0
4	8	39	34	28	20	0.015	23.04	382	-1417	0	0
5	38	38	192	166	100	0.015	23.04	1417	-2262	0	0
6	38	36	242	216	114	0.015	23.04	2262	-6019	0	0
7	38	35	279	254	124	0.015	23.04	6019	-7571	0	0
8	26	34	204	187	88	0.015	23.04	7571	-9076	0	0
9	13	33	98	90	42	0.015	23.04	9076	-11352	0	0
10	38	32	264	238	118	0.015	23.04	11352	-11617	0	0
11	38	30	200	174	98	0.015	23.04	11617	-16916	0	0

12	38	29	126	102	76	0.015	23.04	16916	-25025	0	0
13	38	27	44	22	52	0.015	23.04	25025	-25303	0	0

Tabella 17. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
119	1	33	28	17	1.434
88	1	28.5	31	17	54.336

Tabella 18. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.3.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

I fattori di sicurezza risultano, per due metodi di calcolo utilizzati, inferiori a 1. Si prevede pertanto l'inserimento di opere di sostegno sul versante al fine di garantire condizioni di stabilità. Tali interventi sono descritti e verificati nel paragrafo successivo.

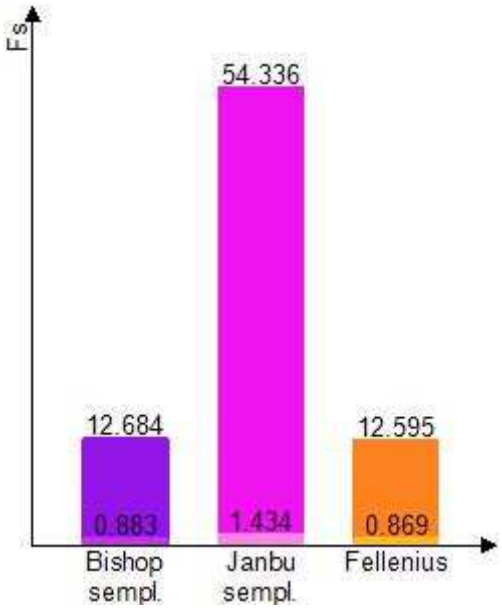


Figura 32. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

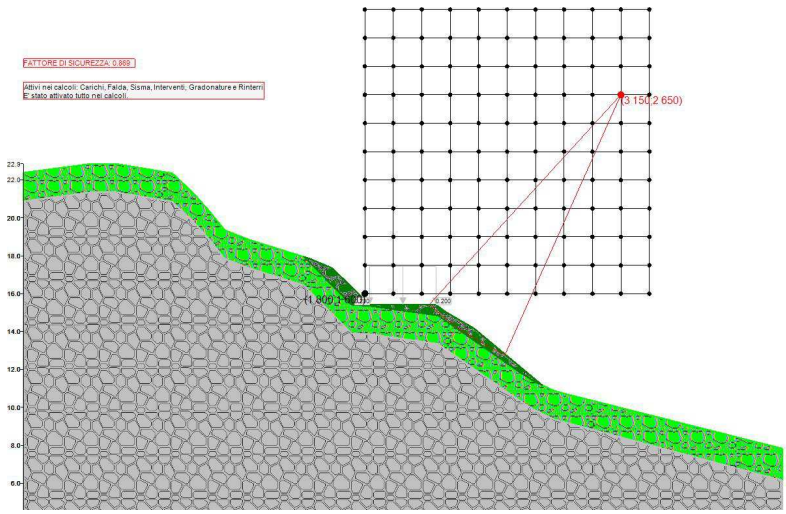


Figura 33. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

8.4. Condizioni di esercizio – interventi di sostegno sul versante

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 1b. **coltre sciolta ricavata da terreni di scavo**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Il materiale di riporto sulla viabilità in progetto è costituito da materiale proveniente dalle operazioni di scavo in cantiere (Strato nr. 1b).

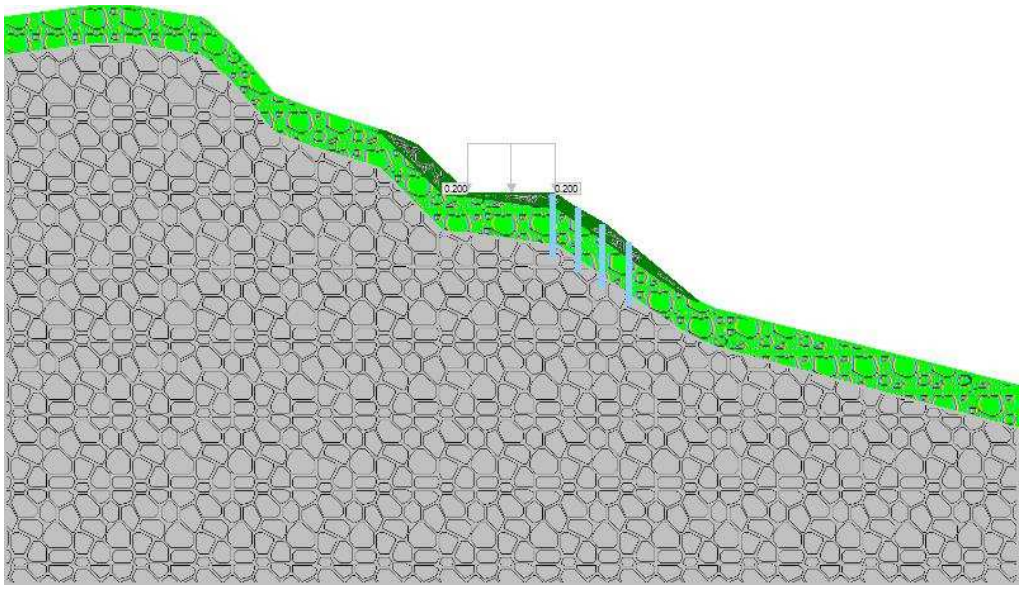


Figura 34. Rappresentazione del pendio.

Interventi.

8.4.1. Palificate

Sono state inserite 4 palificate, le cui caratteristiche sono riportate di seguito.

Palificata 1
- Lunghezza: 250 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm
- Posizione della palificata: x = 2173 cm, y = 1542 cm

Palificata 2
- Lunghezza: 250 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm
- Posizione della palificata: x = 2274 cm, y = 1487 cm

Palificata 3
- Lunghezza: 250 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm
- Posizione della palificata: x = 2368 cm, y = 1421 cm

Palificata 4
- Lunghezza: 250 cm
- Diametro: 20 cm

- Interasse tra i pali: 150 cm
- Posizione della palificata: x = 2473 cm, y = 1351 cm

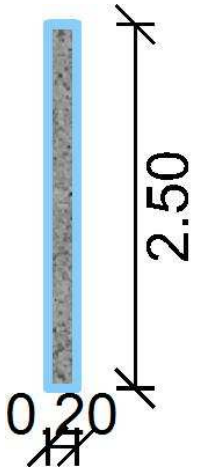


Figura 35. Rappresentazione della palificata

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale generato da un mezzo pesante a pieno carico e agente sull'estremità di valle della piazzola. L'entità del carico è ipotizzata pari a 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 1825 cm ed ordinata pari a 1542 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 2175 cm ed ordinata pari a 1542 cm.

8.4.2. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.181, si ha in corrispondenza del centro numero 107 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3150,2650). Il raggio della superficie critica è pari a 1500 cm.

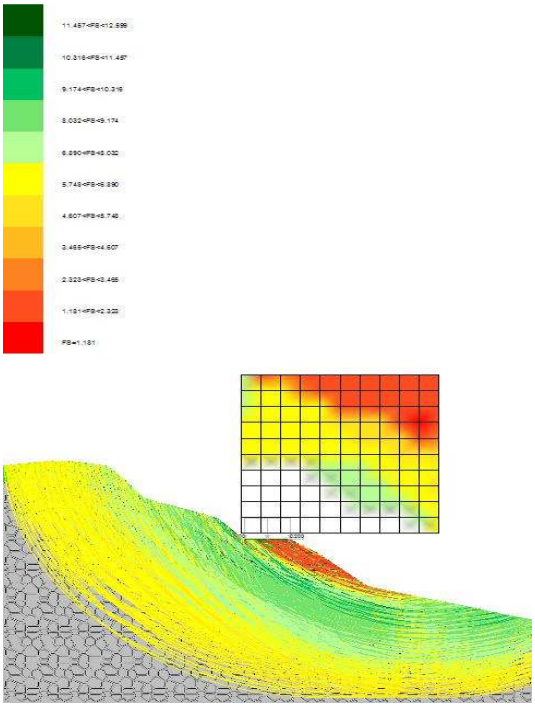


Figura 36. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

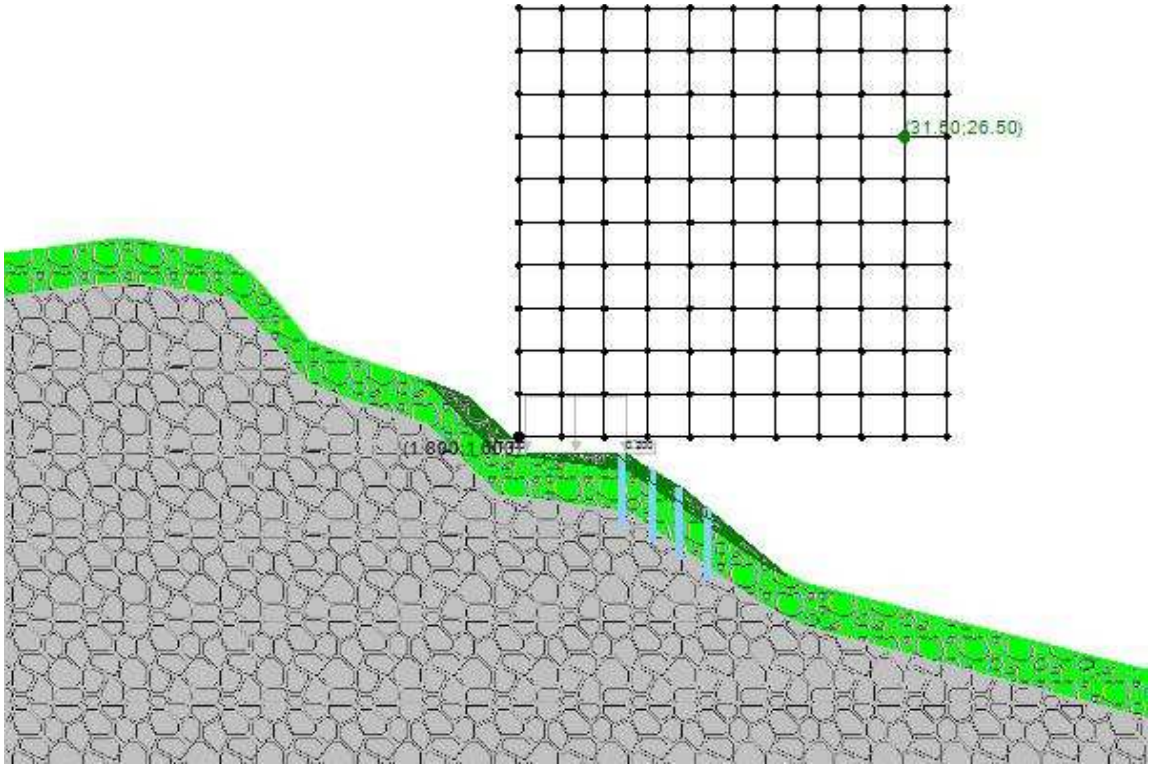


Figura 37. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	36	41	107	80	71	0.03	28	0	0	0	0
2	4	40	24	18	15	0.03	28	0	0	0	0
3	40	39	250	193	159	0.03	28	0	0	0	0
4	6	38	39	30	24	0.03	28	0	0	0	0
5	34	37	241	192	146	0.03	28	0	0	0	0
6	40	35	327	266	190	0.03	28	0	0	0	0
7	40	34	360	299	199	0.03	28	0	0	0	0
8	35	32	332	281	175	0.03	28	0	0	0	0
9	5	31	47	40	24	0.03	28	0	0	0	0
10	40	30	337	292	169	0.03	28	0	0	0	0
11	40	28	255	224	121	0.03	28	0	0	0	0
12	40	27	161	144	72	0.03	28	0	0	0	0
13	40	25	55	50	23	0.03	28	0	0	0	0

Tabella 19. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
107	1	31.5	26.5	15	1.181
42	1	22.5	28	15	12.599

Tabella 20. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.4.3. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.204, si ha in corrispondenza del centro numero 107 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3150,2650). Il raggio della superficie critica è pari a 1500 cm.

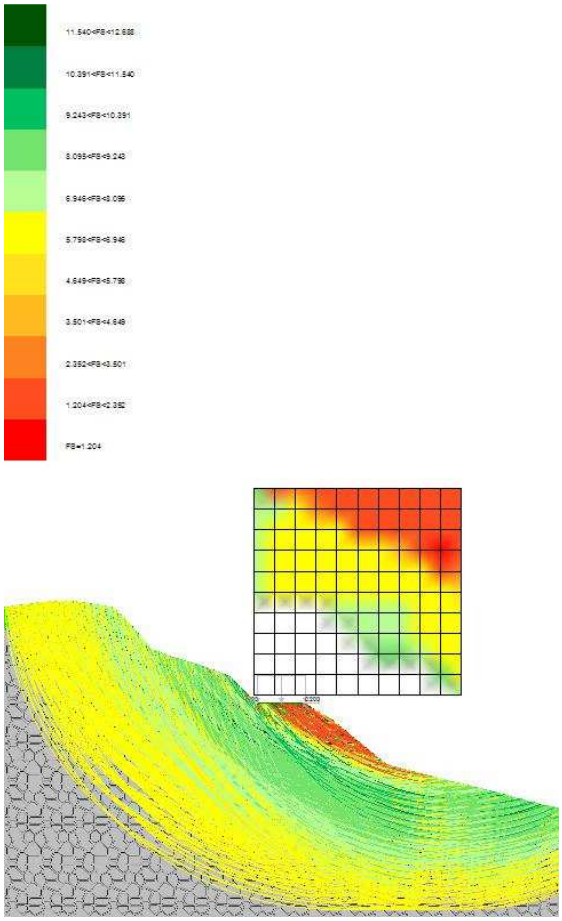


Figura 38. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

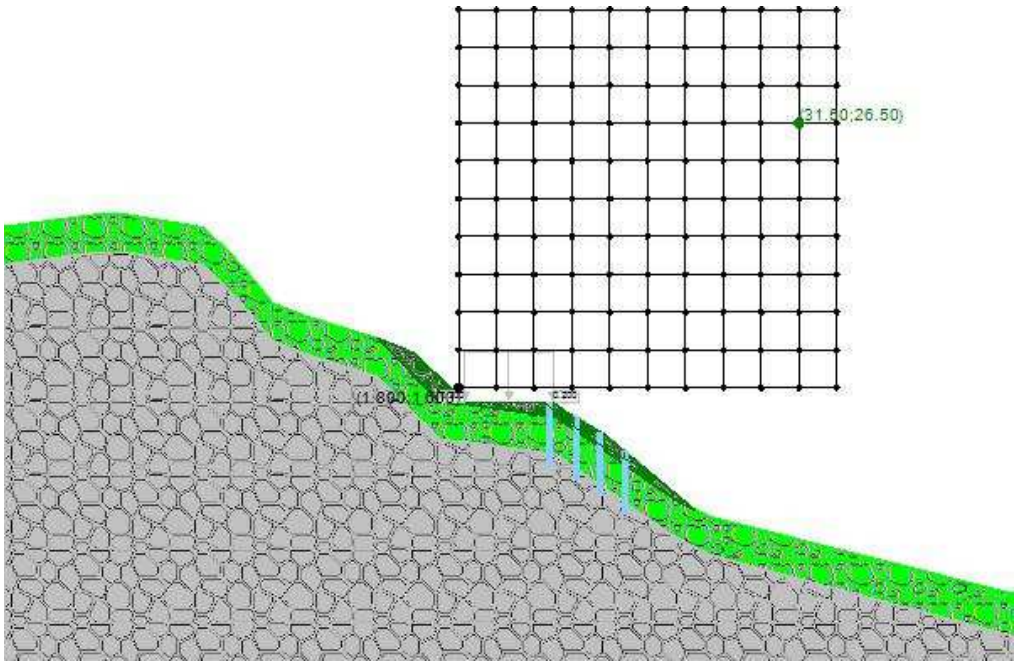


Figura 39. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	36	41	107	28	130	0.03	28	0	0	0	0
2	4	40	24	15	18	0.03	28	0	0	0	0

3	40	39	250	169	189	0.03	28	0	0	0	0
4	6	38	39	27	28	0.03	28	0	0	0	0
5	34	37	241	175	169	0.03	28	0	0	0	0
6	40	35	327	251	211	0.03	28	0	0	0	0
7	40	34	360	285	221	0.03	28	0	0	0	0
8	35	32	332	268	198	0.03	28	0	0	0	0
9	5	31	47	38	28	0.03	28	0	0	0	0
10	40	30	337	268	210	0.03	28	0	0	0	0
11	40	28	255	192	181	0.03	28	0	0	0	0
12	40	27	161	105	149	0.03	28	0	0	0	0
13	40	25	55	9	113	0.03	28	0	0	0	0

Tabella 21. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
107	1	31.5	26.5	15	1.204
42	1	22.5	28	15	12.688

Tabella 22. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.4.4. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.817, si ha in corrispondenza del centro numero 107 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(3150,2650). Il raggio della superficie critica è pari a 1500 cm.

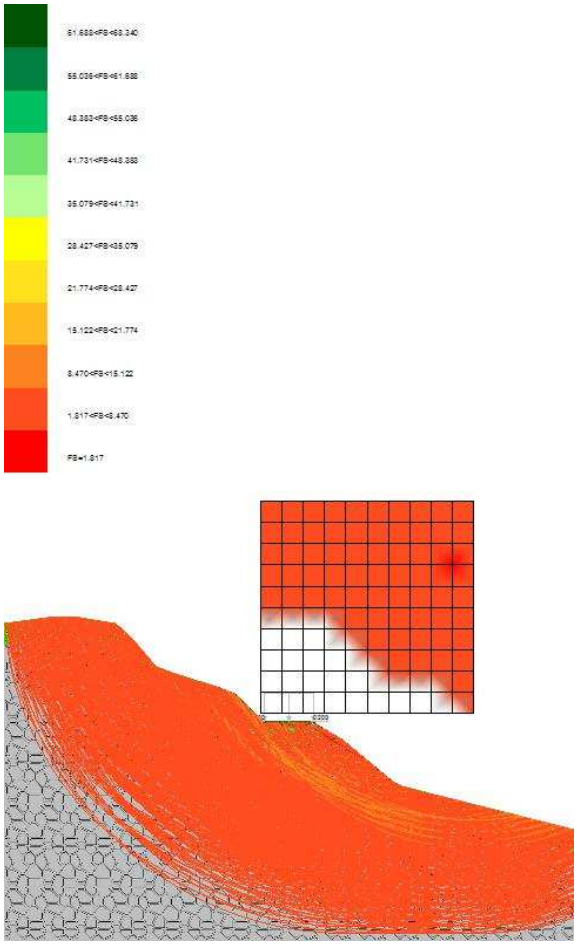


Figura 40. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

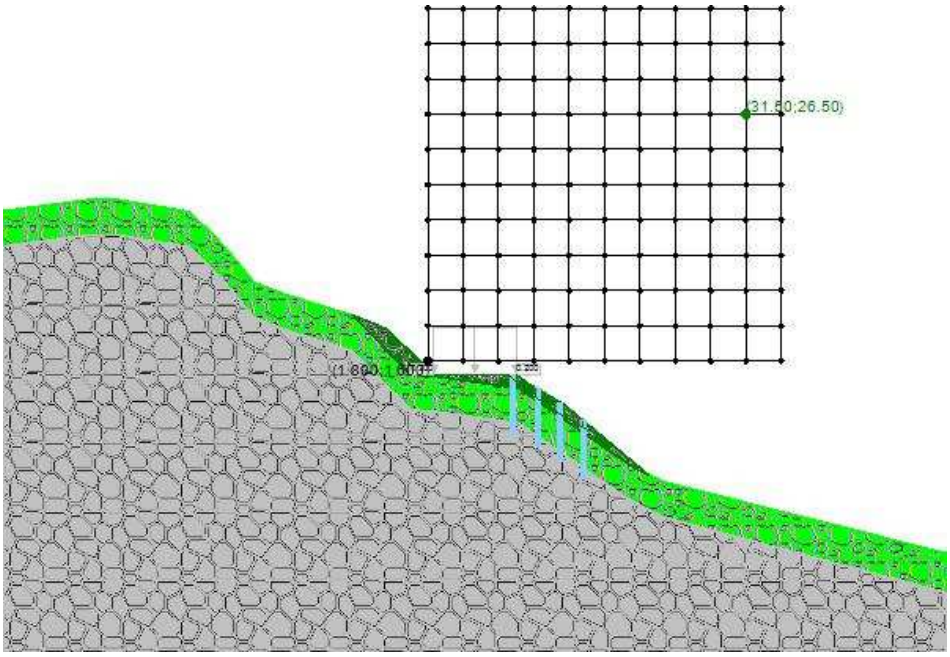


Figura 41. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	36	41	107	60	94	0.03	23.04	0	-1303	0	0
2	4	40	24	20	13	0.03	23.04	1303	-2011	0	0
3	40	39	250	213	135	0.03	23.04	2011	-382	0	0
4	6	38	39	33	20	0.03	23.04	382	-1417	0	0
5	34	37	241	212	120	0.03	23.04	1417	-2262	0	0
6	40	35	327	294	150	0.03	23.04	2262	-6019	0	0
7	40	34	360	328	156	0.03	23.04	6019	-7571	0	0
8	35	32	332	304	139	0.03	23.04	7571	-9076	0	0
9	5	31	47	43	20	0.03	23.04	9076	-11352	0	0
10	40	30	337	304	148	0.03	23.04	11352	-11617	0	0
11	40	28	255	221	127	0.03	23.04	11617	-16916	0	0
12	40	27	161	128	104	0.03	23.04	16916	-25025	0	0
13	40	25	55	25	79	0.03	23.04	25025	-25303	0	0

Tabella 23. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
107	1	31.5	26.5	15	1.817
88	1	28.5	31	17	68.34

Tabella 24. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

8.4.5. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

Il fattore di sicurezza minimo risulta pari a 1.181 (metodo di Fellenius). Ne consegue che l'inserimento di opere di sostegno sul lato di valle dell'infrastruttura stradale in progetto permette di garantire la stabilità del versante in condizioni di esercizio.

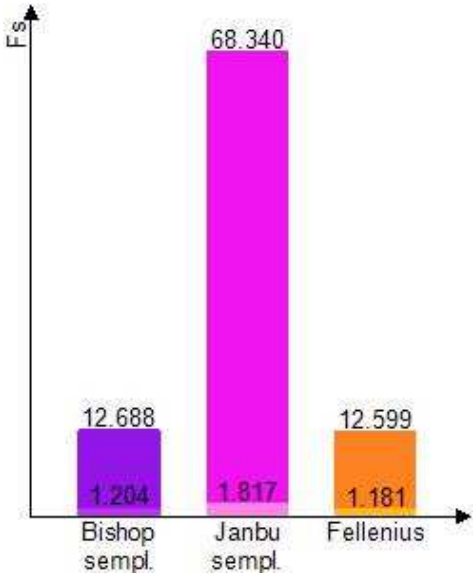


Figura 10.1: Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

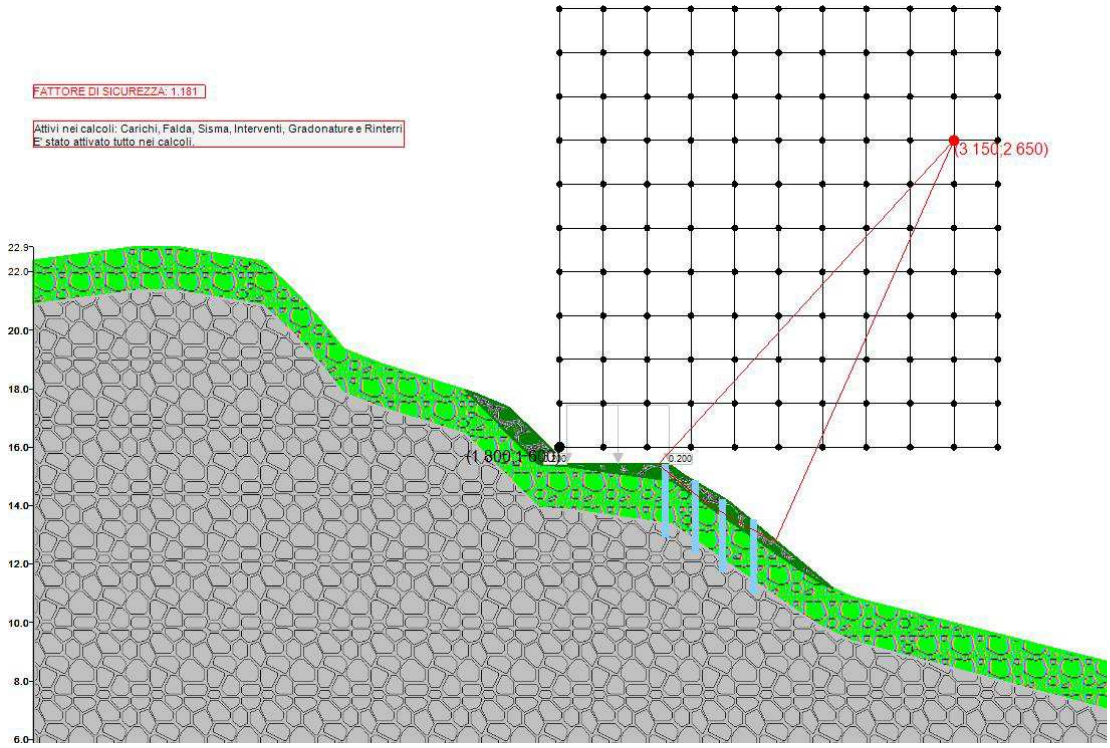


Figura 42. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

8.4.6. Calcolo della resistenza della palificata.

Le palificate sono piuttosto utilizzate negli interventi di stabilizzazione dei versanti. I pali che intersecano le potenziali superfici di scorrimento, danno un contributo alle azioni resistenti esercitando una forza orizzontale, e permettono di aumentare il valore del fattore di sicurezza. Per calcolare questo contributo è stato utilizzato il metodo di Ito e Matsui (1981), che ipotizzano pali sottoposti a carichi noti ed assimilabili a travi su suolo elastico al di sopra delle superfici di scivolamento. Le sollecitazioni esercitate dal terreno sono contenute dall'azione esercitata dai pali e valutate in base alle dimensioni degli stessi, al loro interasse ed alle caratteristiche del terreno che si trova a monte. Con questo metodo possono essere inserite diverse file di pali, supponendo che non vi sia interazione tra essi. Viene calcolata la funzione della distribuzione della

forza, variabile con la profondità, che agisce sulla palificata.

La resistenza massima ricavata per la palificata numero 1 è pari a: 25 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 96 e della superficie numero 2.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :2.49 m.
La resistenza massima ricavata per la palificata numero 2 è pari a: 25 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 108 e della superficie numero 3.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :2.48 m.
La resistenza massima ricavata per la palificata numero 3 è pari a: 25 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 86 e della superficie numero 3.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :2.45 m.
La resistenza massima ricavata per la palificata numero 4 è pari a: 26 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 55 e della superficie numero 5.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :2.50 m.

9. Verifiche di stabilità - Sezione A*/80

La sezione A80 è ubicata lungo la piazzola dell'aerogeneratore nr. 1. Nelle figure sottostanti è riportata la sezione nelle condizioni di stato attuale, cantiere ed esercizio.

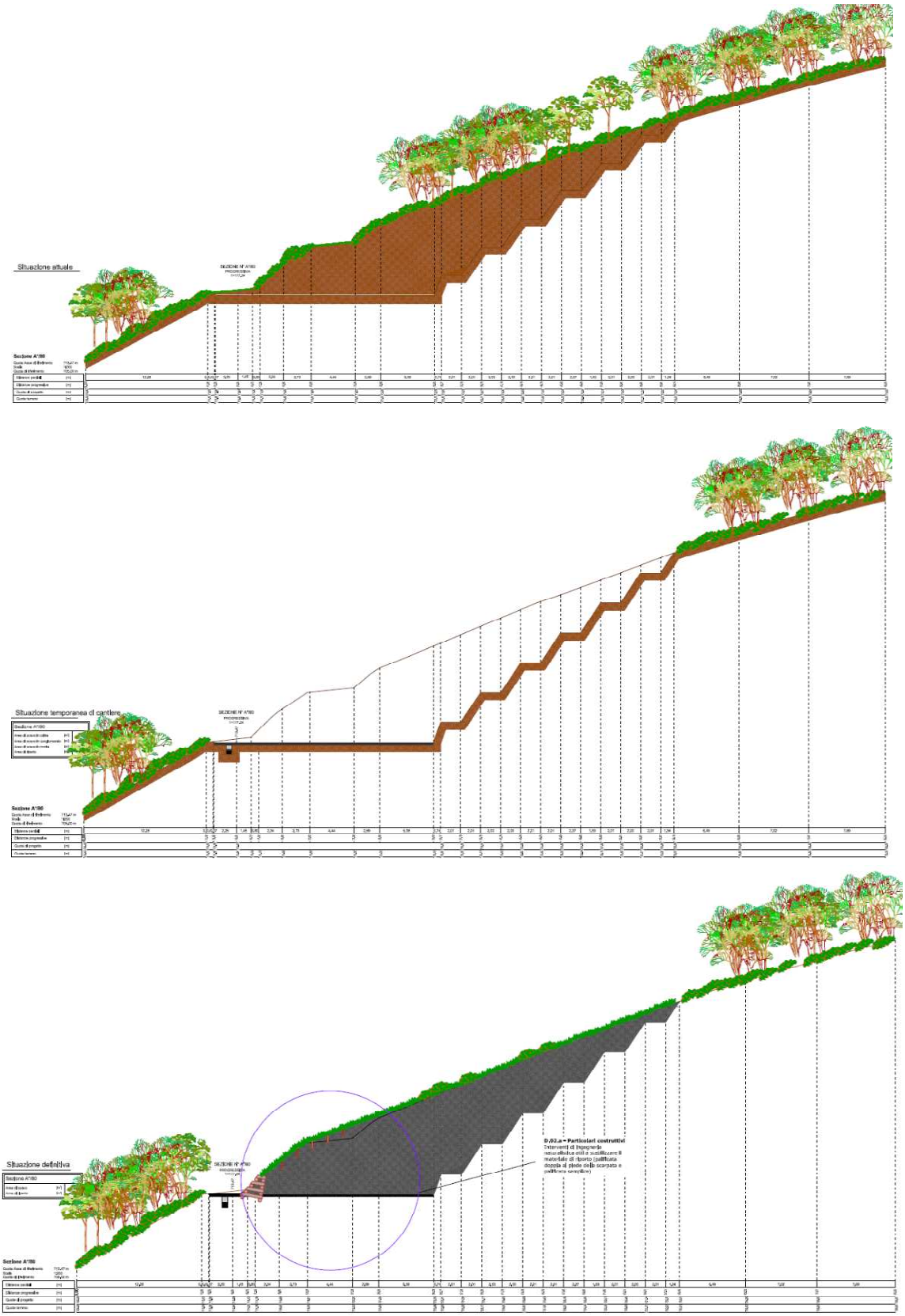


Figura 43. Sezione A*/80. Stato attuale – cantiere – esercizio dell'impianto

9.1. Stato attuale

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

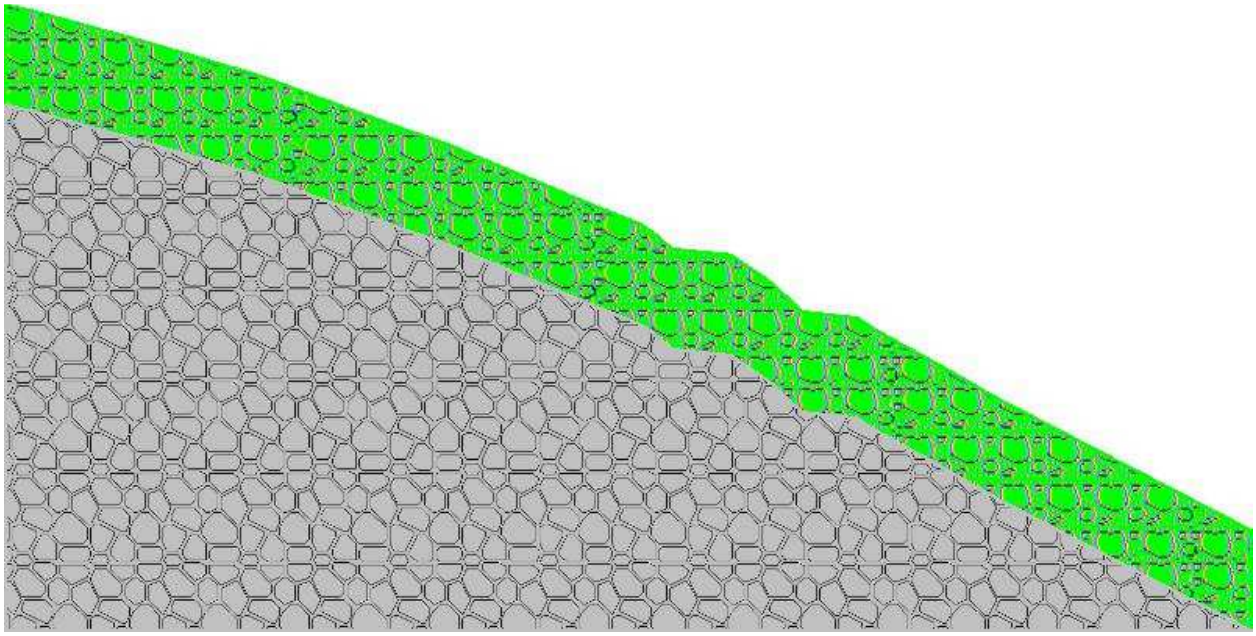


Figura 44. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In tale condizione non sono previsti carichi.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(6000,2700), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 20 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 336 ed il numero di superfici circolari generate è 3911. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

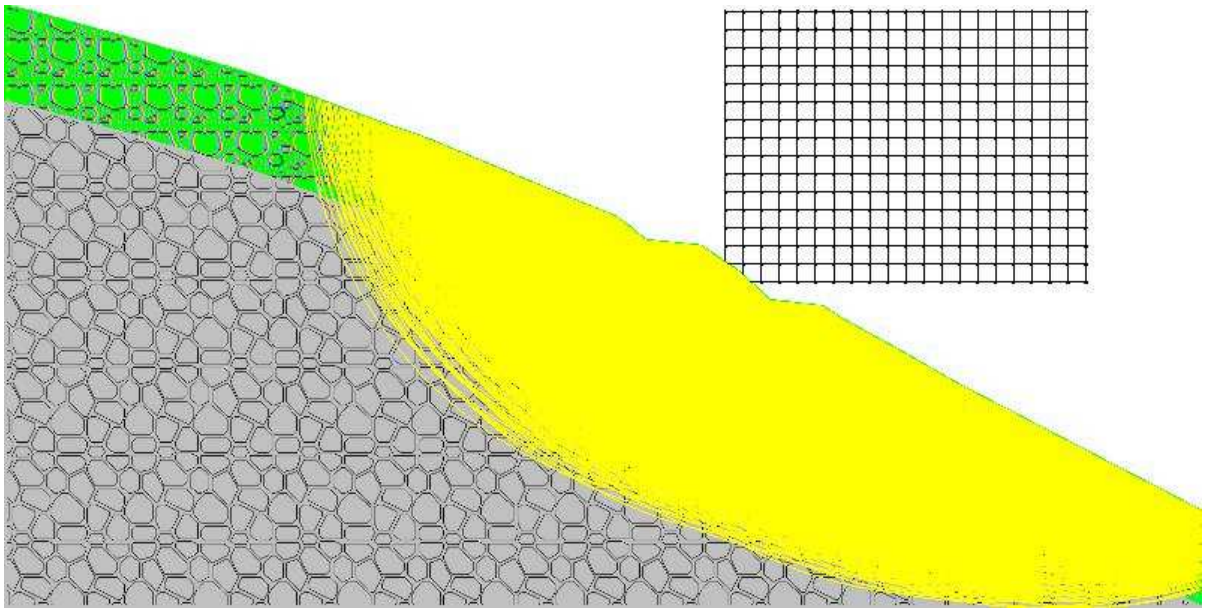


Figura 45. Superfici di rottura e maglia centri

9.1.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.210, si ha in corrispondenza del centro numero 302 e della superficie numero 7. Le coordinate del centro sono: C(8700,4650). Il raggio della superficie critica è pari a 3500 cm.

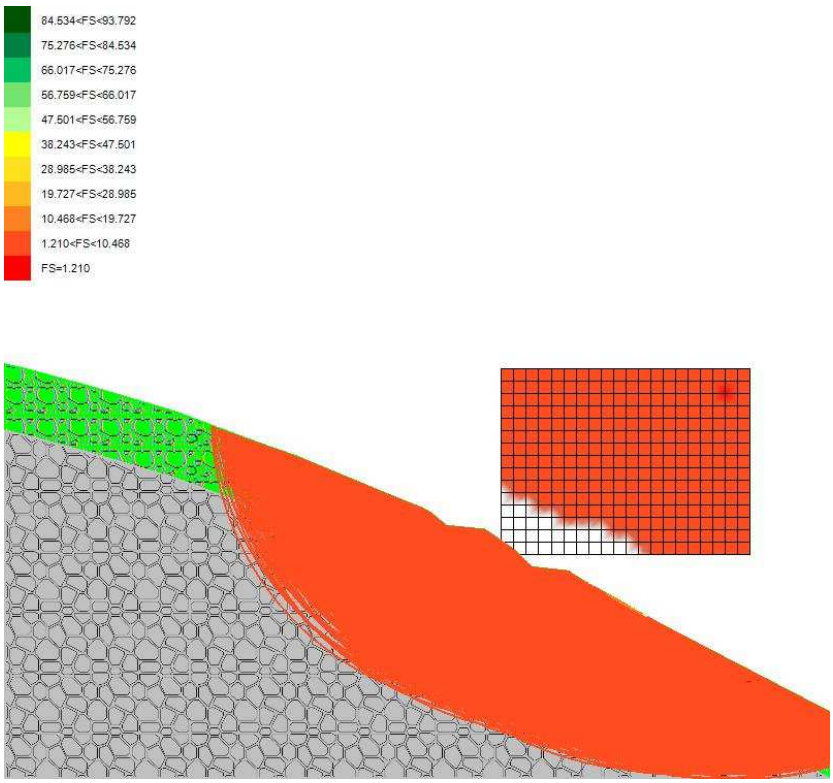


Figura 46. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

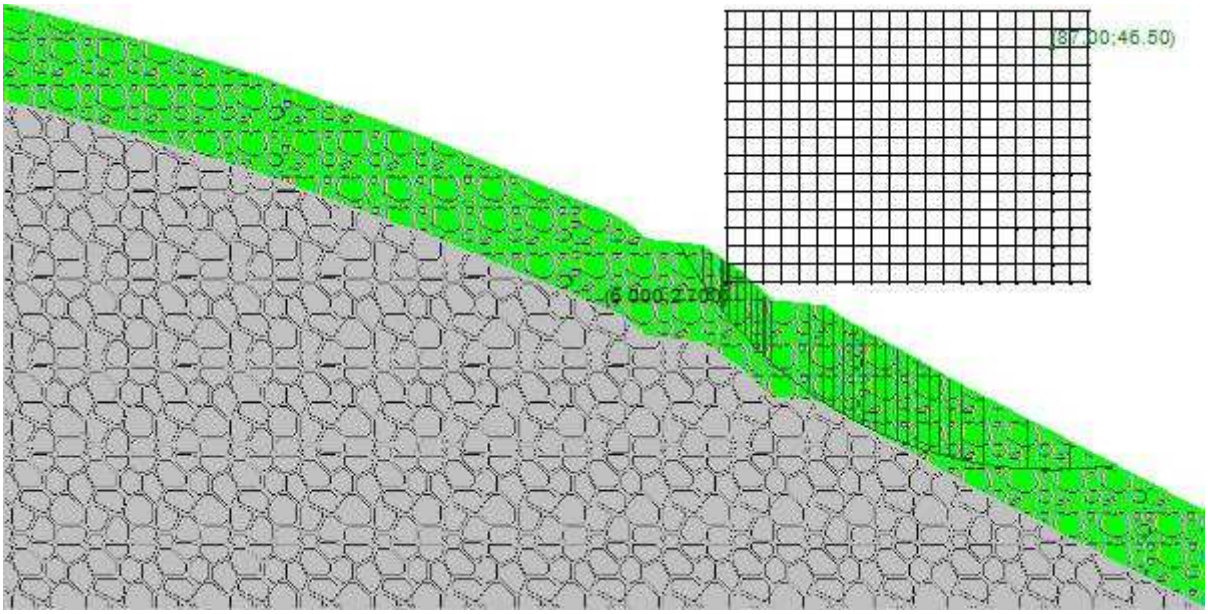


Figura 47. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

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

						[daN/cmq]					
1	195	59	5567	2853	4780	0.1	30	0	0	0	0
2	74	55	4591	2633	3761	0.1	30	0	0	0	0
3	74	53	5332	3214	4255	0.1	30	0	0	0	0
4	18	52	1376	853	1079	0.1	30	0	0	0	0
5	57	51	4597	2910	3558	0.1	30	0	0	0	0
6	73	49	6401	4194	4836	0.1	30	0	0	0	0
7	62	47	5748	3891	4231	0.1	30	0	0	0	0
8	51	46	4838	3359	3482	0.1	30	0	0	0	0
9	51	45	4850	3440	3420	0.1	30	0	0	0	0
10	51	44	4847	3507	3346	0.1	30	0	0	0	0
11	14	43	1361	997	927	0.1	30	0	0	0	0
12	36	42	3427	2533	2309	0.1	30	0	0	0	0
13	325	39	37159	29061	23157	0.1	30	0	0	0	0
14	122	34	17236	14299	9625	0.1	30	0	0	0	0
15	75	32	11093	9405	5881	0.1	30	0	0	0	0
16	77	31	11381	9800	5786	0.1	30	0	0	0	0
17	87	29	12704	11110	6161	0.1	30	0	0	0	0
18	1	28	155	136	73	0.1	30	0	0	0	0
19	92	27	13439	11939	6170	0.1	30	0	0	0	0
20	91	26	13285	11976	5751	0.1	30	0	0	0	0
21	91	24	13051	11922	5310	0.1	30	0	0	0	0
22	86	22	12177	11255	4647	0.1	30	0	0	0	0
23	4	22	606	563	223	0.1	30	0	0	0	0
24	89	21	12367	11559	4396	0.1	30	0	0	0	0
25	88	19	11988	11316	3957	0.1	30	0	0	0	0
26	86	18	11394	10850	3477	0.1	30	0	0	0	0
27	87	16	11065	10621	3103	0.1	30	0	0	0	0
28	6	15	798	769	213	0.1	30	0	0	0	0
29	81	15	9923	9596	2527	0.1	30	0	0	0	0
30	90	13	10534	10251	2425	0.1	30	0	0	0	0
31	191	11	20773	20394	3953	0.1	30	0	0	0	0
32	361	6	32338	32136	3607	0.1	30	0	0	0	0
33	361	0	21169	21169	174	0.1	30	0	0	0	0
34	361	5	7477	7443	711	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 25. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
302	7	87	46.5	35	1.210
60	1	64.5	43.5	15	93.79

Tabella 26. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.1.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.298, si ha in corrispondenza del centro numero 302 e della superficie numero 7. Le coordinate del centro sono: C(8700,4650). Il raggio della superficie critica è pari a 3500 cm.

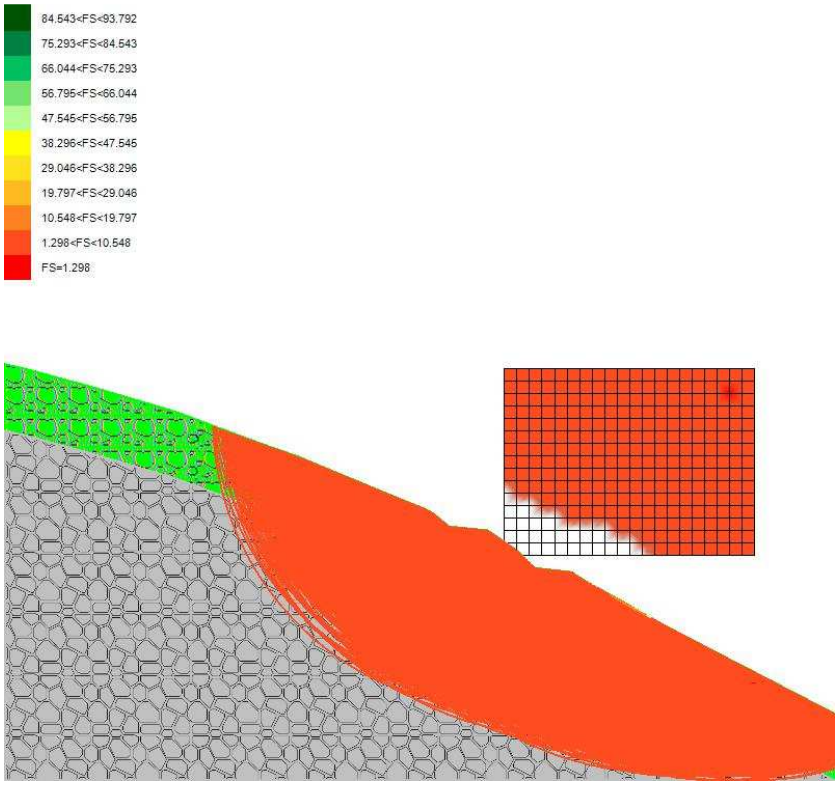


Figura 48. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

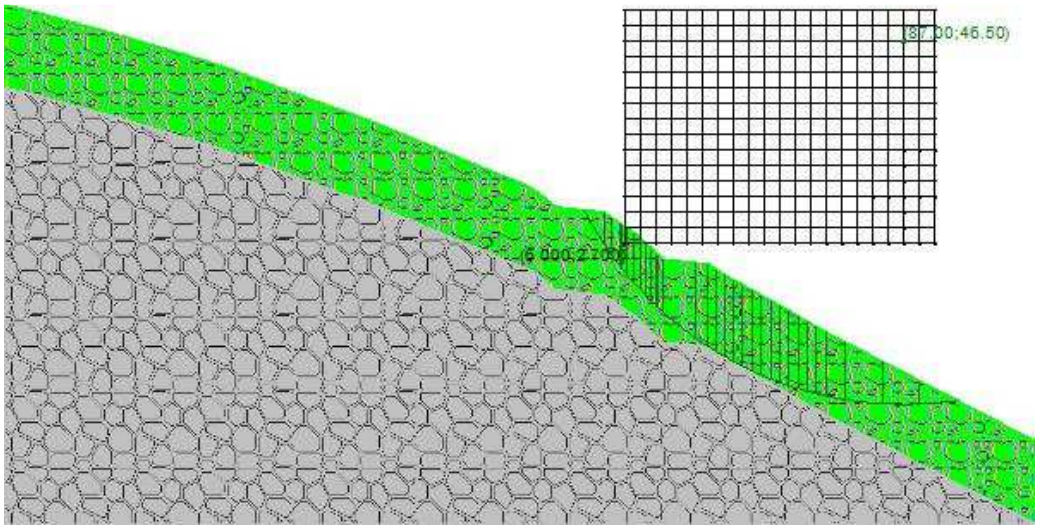


Figura 49. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	195	59	5567	3731	4256	0.1	30	0	0	0	0
2	74	55	4591	4367	2546	0.1	30	0	0	0	0
3	74	53	5332	5158	2786	0.1	30	0	0	0	0
4	18	52	1376	1337	697	0.1	30	0	0	0	0
5	57	51	4597	4471	2281	0.1	30	0	0	0	0
6	73	49	6401	6222	3077	0.1	30	0	0	0	0
7	62	47	5748	5566	2690	0.1	30	0	0	0	0
8	51	46	4838	4659	2228	0.1	30	0	0	0	0
9	51	45	4850	4643	2209	0.1	30	0	0	0	0
10	51	44	4847	4613	2187	0.1	30	0	0	0	0
11	14	43	1361	1290	611	0.1	30	0	0	0	0
12	36	42	3427	3240	1533	0.1	30	0	0	0	0
13	325	39	37159	35034	15661	0.1	30	0	0	0	0

14	122	34	17236	16149	6876	0.1	30	0	0	0	0
15	75	32	11093	10353	4366	0.1	30	0	0	0	0
16	77	31	11381	10584	4458	0.1	30	0	0	0	0
17	87	29	12704	11779	4955	0.1	30	0	0	0	0
18	1	28	155	143	60	0.1	30	0	0	0	0
19	92	27	13439	12430	5220	0.1	30	0	0	0	0
20	91	26	13285	12267	5145	0.1	30	0	0	0	0
21	91	24	13051	12039	5048	0.1	30	0	0	0	0
22	86	22	12177	11229	4711	0.1	30	0	0	0	0
23	4	22	606	559	235	0.1	30	0	0	0	0
24	89	21	12367	11409	4792	0.1	30	0	0	0	0
25	88	19	11988	11071	4659	0.1	30	0	0	0	0
26	86	18	11394	10539	4448	0.1	30	0	0	0	0
27	87	16	11065	10258	4346	0.1	30	0	0	0	0
28	6	15	798	740	314	0.1	30	0	0	0	0
29	81	15	9923	9227	3928	0.1	30	0	0	0	0
30	90	13	10534	9829	4206	0.1	30	0	0	0	0
31	191	11	20773	19524	8440	0.1	30	0	0	0	0
32	361	6	32338	30989	13824	0.1	30	0	0	0	0
33	361	0	21169	21086	10283	0.1	30	0	0	0	0
34	361	5	7477	7006	5287	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 27. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
302	7	87	46.5	35	1.298
60	1	64.5	43.5	15	93.792

Tabella 28. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.1.3. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.231, si ha in corrispondenza del centro numero 292 e della superficie numero 7. Le coordinate del centro sono: C(8700,3150). Il raggio della superficie critica è pari a 2200 cm.

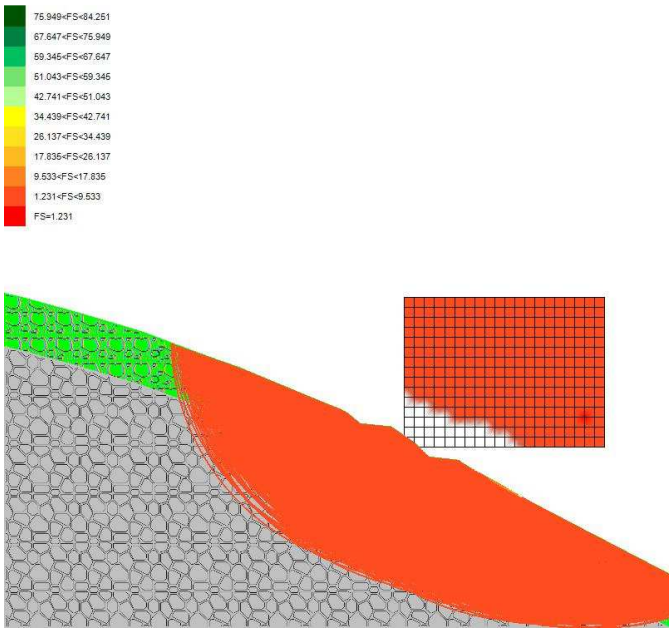


Figura 50. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

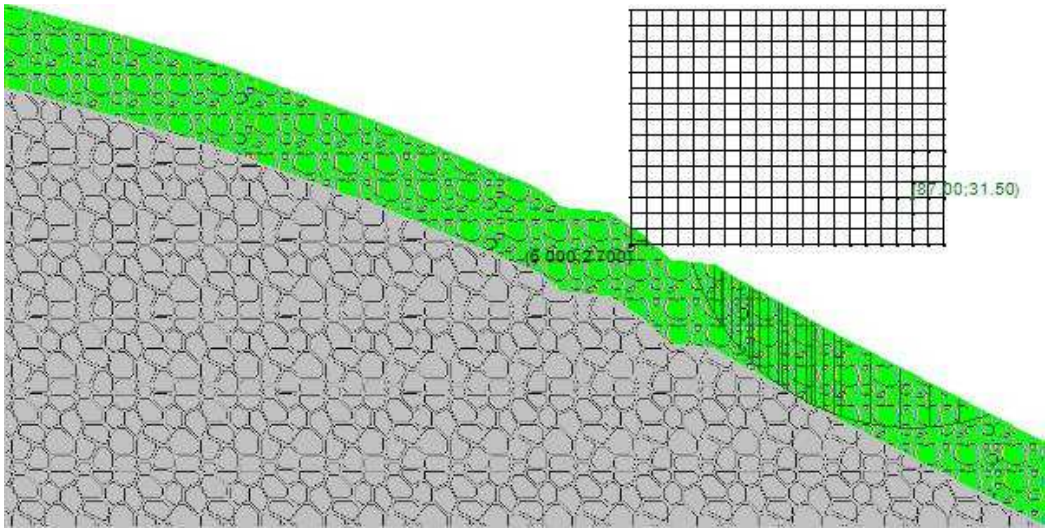


Figura 51. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	216	66	9467	7323	7134	0.1	24.79	0	-281	0	0
2	68	58	6361	6444	3453	0.1	24.79	281	-1700	0	0
3	7	56	710	717	372	0.1	24.79	1700	-2710	0	0
4	77	54	8185	8211	4152	0.1	24.79	2710	-3027	0	0
5	88	50	10206	10091	4908	0.1	24.79	3027	-3668	0	0
6	92	47	11592	11279	5327	0.1	24.79	3668	-4649	0	0
7	20	45	2569	2476	1153	0.1	24.79	4649	-5458	0	0
8	72	43	9688	9270	4280	0.1	24.79	5458	-5557	0	0
9	91	40	12698	12011	5474	0.1	24.79	5557	-6319	0	0
10	90	37	13005	12169	5488	0.1	24.79	6319	-6918	0	0
11	31	35	4557	4238	1901	0.1	24.79	6918	-7074	0	0
12	58	34	8523	7898	3530	0.1	24.79	7074	-7351	0	0
13	88	32	13108	12084	5378	0.1	24.79	7351	-7612	0	0
14	86	29	12842	11788	5226	0.1	24.79	7612	-7705	0	0
15	51	27	7617	6976	3087	0.1	24.79	7705	-7712	0	0
16	35	26	5217	4774	2111	0.1	24.79	7712	-7660	0	0
17	87	24	12771	11682	5161	0.1	24.79	7660	-7467	0	0
18	90	21	12887	11798	5210	0.1	24.79	7467	-7366	0	0
19	72	19	10110	9278	4098	0.1	24.79	7366	-7147	0	0
20	284	14	37816	35049	15535	0.1	24.79	7147	-6701	0	0
21	284	7	32849	31384	14101	0.1	24.79	6701	-6243	0	0
22	284	1	25877	25766	11976	0.1	24.79	6243	-4608	0	0
23	284	8	16946	15947	8314	0.1	24.79	4608	-2821	0	0
24	284	16	5995	5031	4282	0.1	24.79	2821	-1329	0	0

Tabella 29. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
292	7	87	31.5	22	1.231
60	1	64.5	43.5	15	84.251

Tabella 30. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.1.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

I risultati forniti dai metodi sopra riportati dimostrano che, in condizioni attuali, le condizioni di stabilità globale del versante sono verificate

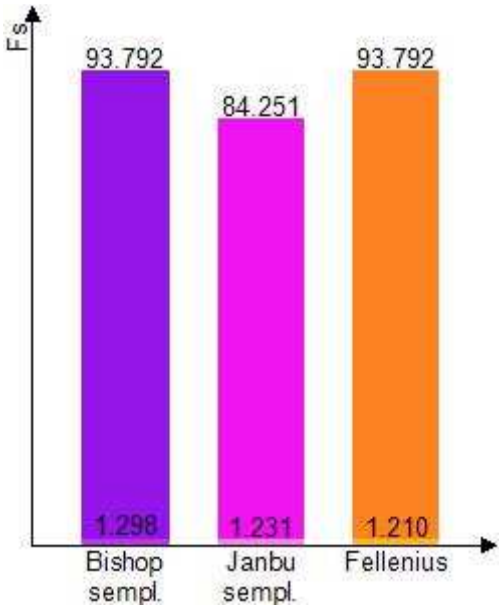


Figura 52. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

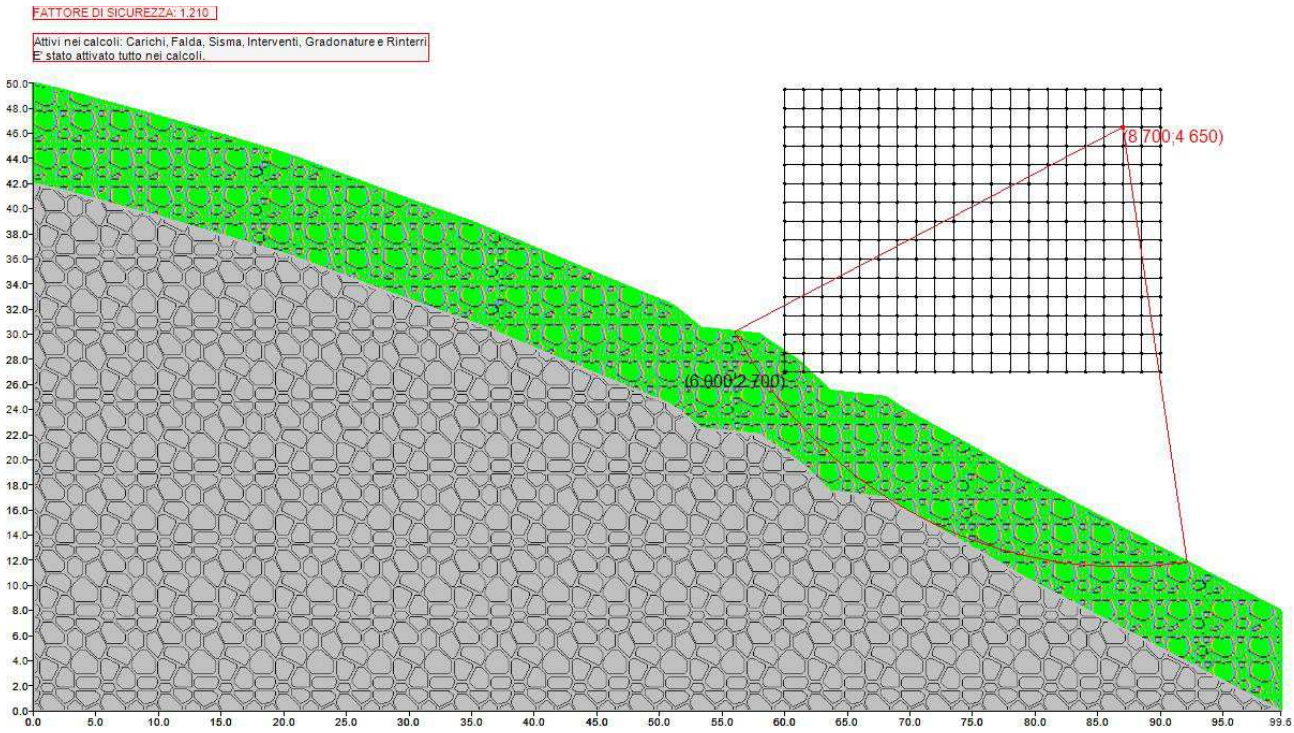


Figura 53. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

9.2. Cantiere – carico stradale

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

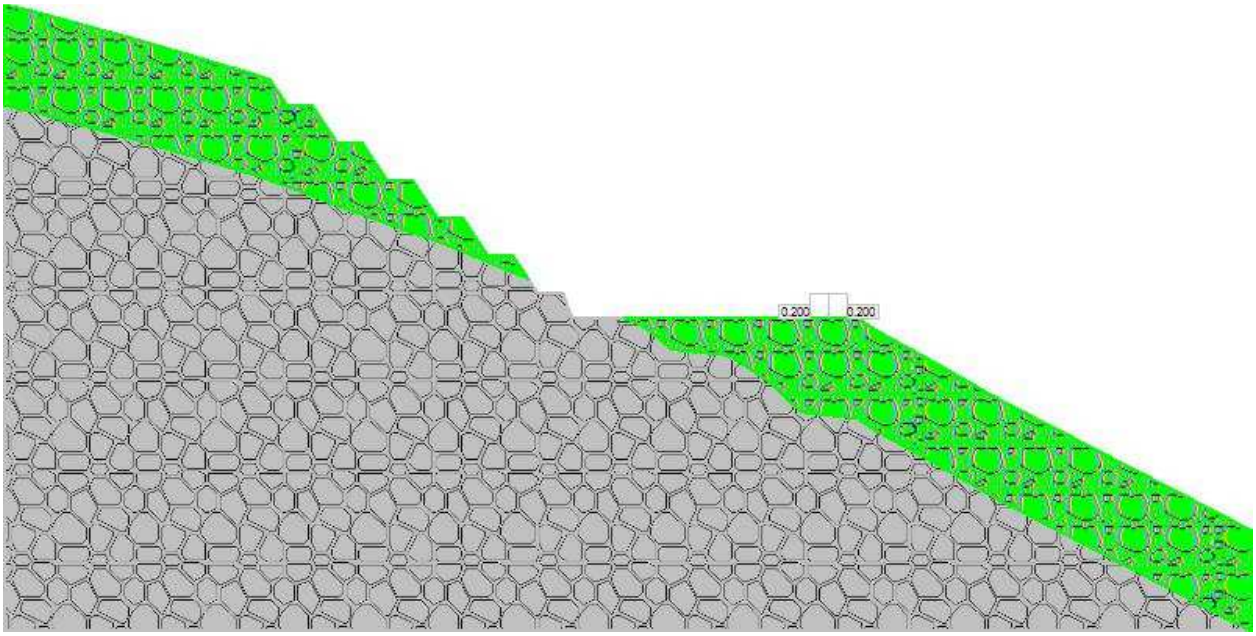


Figura 54. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale generato da un mezzo pesante a pieno carico e agente sull'estremità di valle della piazzola. L'entità del carico è ipotizzata pari a 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 6430 cm ed ordinata pari a 2497 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 6730 cm ed ordinata pari a 2497 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(6000,2700), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 20 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 416 ed il numero di superfici circolari generate è 4978. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

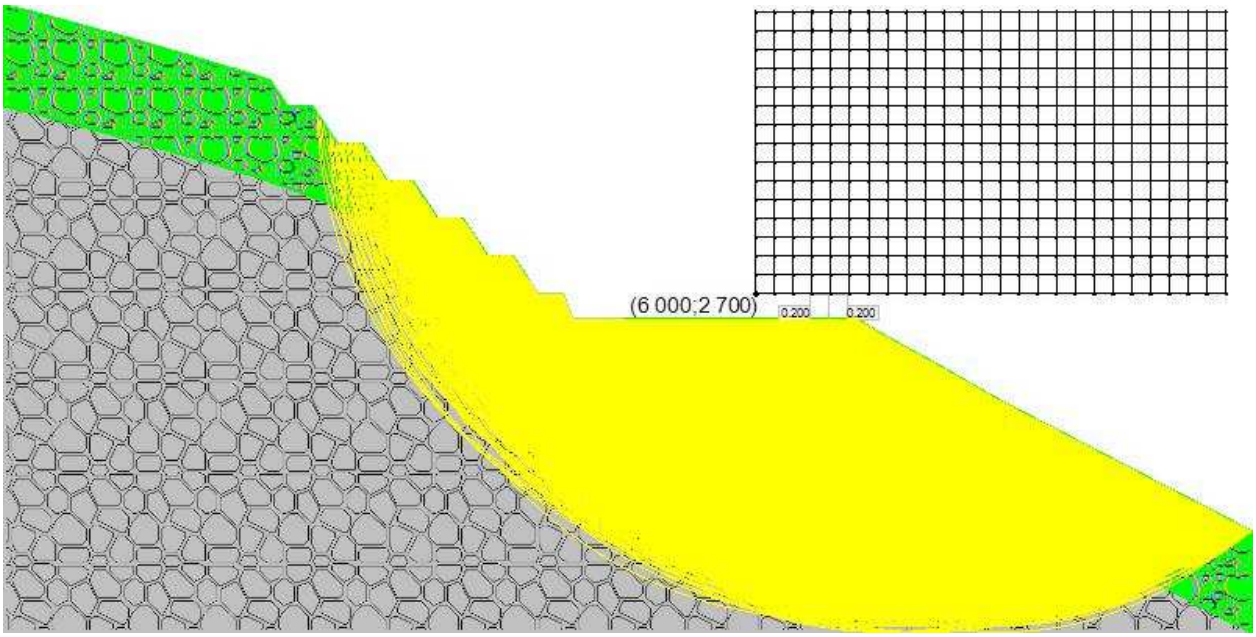


Figura 55. Superfici di rottura e maglia centri

9.2.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.164, si ha in corrispondenza del centro numero 379 e della superficie numero 7. Le coordinate del centro sono: C(9450,4200). Il raggio della superficie critica è pari a 3400 cm.

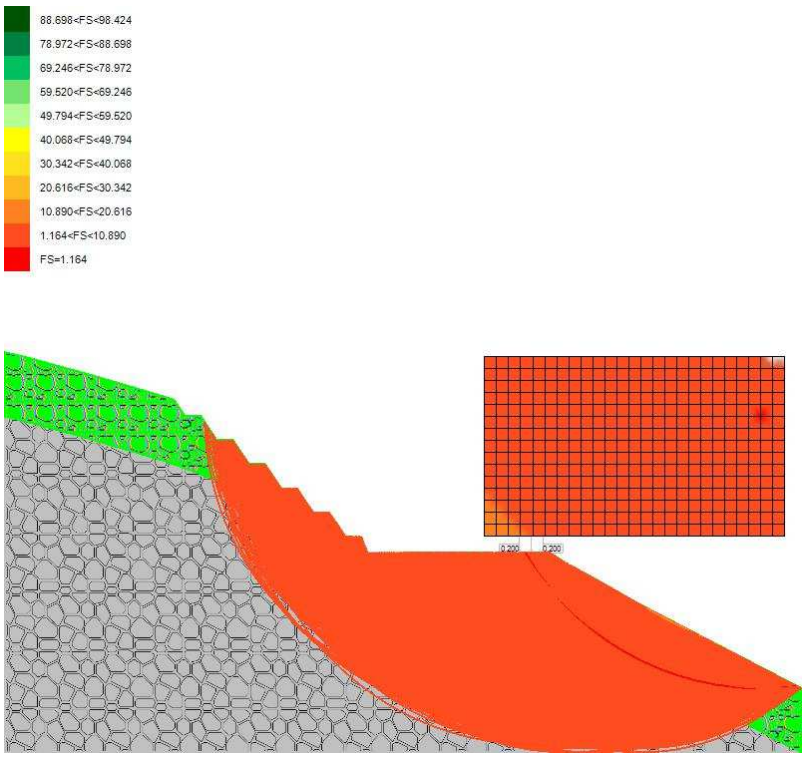


Figura 56. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

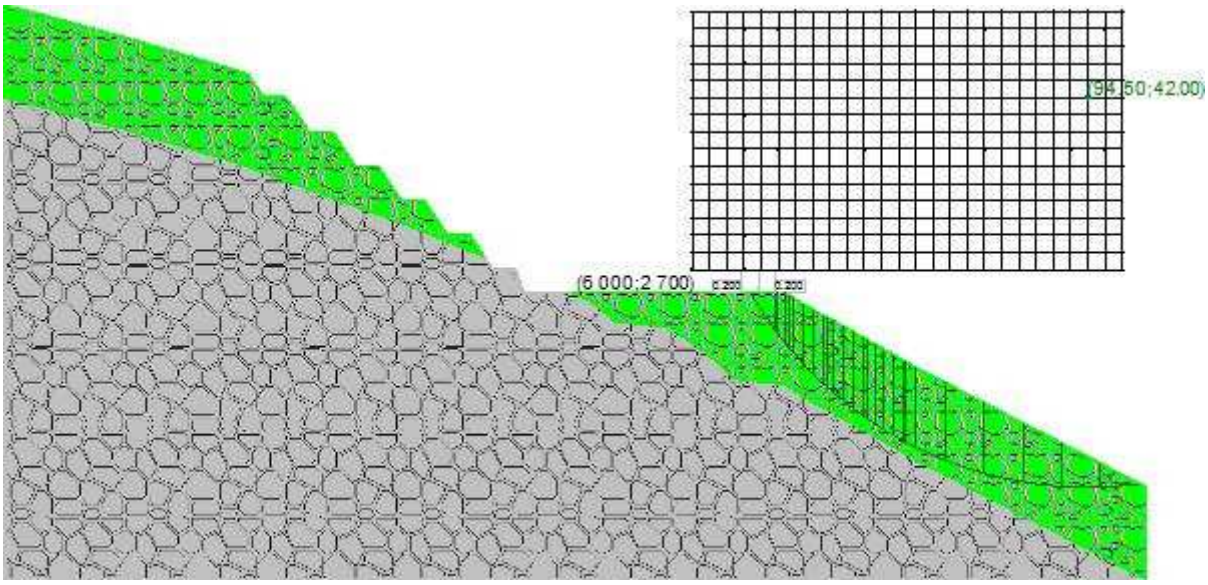


Figura 57. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	223	57	7030	3877	5864	0.1	30	0	0	0	0
2	7	53	477	287	381	0.1	30	0	0	0	0
3	69	52	5110	3149	4025	0.1	30	0	0	0	0

4	40	50	3336	2122	2574	0.1	30	0	0	0	0
5	35	50	3087	2005	2348	0.1	30	0	0	0	0
6	77	48	7163	4786	5330	0.1	30	0	0	0	0
7	88	46	8755	6078	6301	0.1	30	0	0	0	0
8	92	44	9853	7101	6831	0.1	30	0	0	0	0
9	47	42	5256	3888	3536	0.1	30	0	0	0	0
10	45	41	5143	3867	3391	0.1	30	0	0	0	0
11	91	40	10796	8300	6904	0.1	30	0	0	0	0
12	90	38	11112	8780	6810	0.1	30	0	0	0	0
13	89	36	11244	9107	6595	0.1	30	0	0	0	0
14	25	35	3184	2617	1814	0.1	30	0	0	0	0
15	63	34	8182	6797	4556	0.1	30	0	0	0	0
16	86	32	11232	9491	6006	0.1	30	0	0	0	0
17	87	31	11331	9751	5770	0.1	30	0	0	0	0
18	87	29	11404	9982	5516	0.1	30	0	0	0	0
19	15	28	2006	1772	940	0.1	30	0	0	0	0
20	74	27	9650	8592	4394	0.1	30	0	0	0	0
21	265	24	33879	30965	13747	0.1	30	0	0	0	0
22	339	18	40738	38638	12911	0.1	30	0	0	0	0
23	339	13	35553	34706	7714	0.1	30	0	0	0	0
24	339	7	28046	27853	3282	0.1	30	0	0	0	0
25	339	1	18337	18334	313	0.1	30	0	0	0	0
26	339	5	6471	6448	536	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 31. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
45	5	63.0	45.0	26	98.424
379	7	94.5	42.0	34	1.164

Tabella 32. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.2.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.248, si ha in corrispondenza del centro numero 380 e della superficie numero 6. Le coordinate del centro sono: C(9450,4350). Il raggio della superficie critica è pari a 3500 cm.

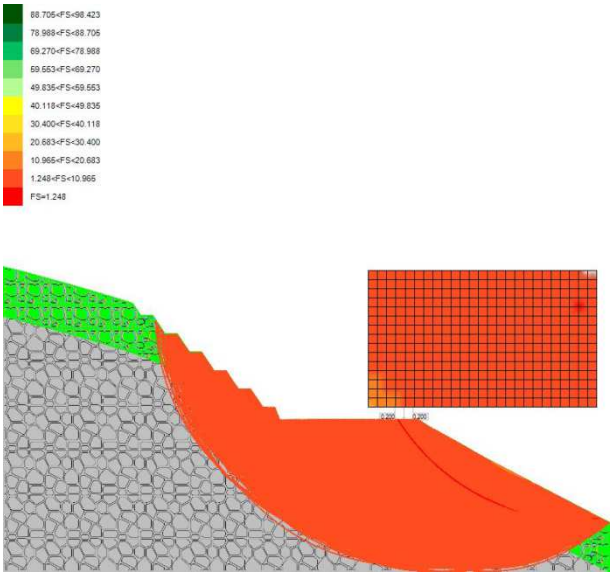


Figura 58. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

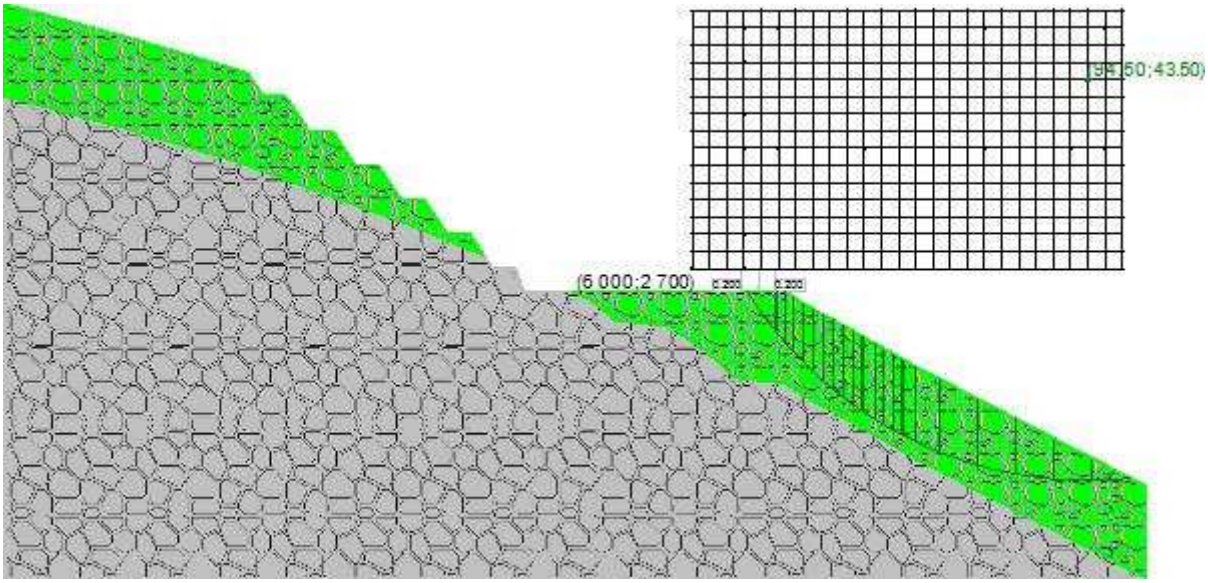


Figura 59. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	250	55	8156	6064	5693	0.1	30	0	0	0	0
2	7	51	493	458	263	0.1	30	0	0	0	0
3	69	50	5223	4926	2680	0.1	30	0	0	0	0
4	8	49	690	656	344	0.1	30	0	0	0	0
5	67	48	5768	5479	2829	0.1	30	0	0	0	0
6	77	46	7123	6753	3398	0.1	30	0	0	0	0
7	88	44	8623	8149	4001	0.1	30	0	0	0	0
8	92	42	9631	9064	4352	0.1	30	0	0	0	0
9	10	41	1107	1039	494	0.1	30	0	0	0	0
10	81	40	8992	8420	3969	0.1	30	0	0	0	0
11	91	38	10439	9730	4530	0.1	30	0	0	0	0
12	90	37	10700	9928	4574	0.1	30	0	0	0	0
13	72	35	8744	8083	3697	0.1	30	0	0	0	0
14	17	34	2048	1889	861	0.1	30	0	0	0	0
15	88	33	10869	10006	4548	0.1	30	0	0	0	0
16	86	31	10712	9831	4449	0.1	30	0	0	0	0
17	87	30	10775	9865	4452	0.1	30	0	0	0	0
18	56	28	6952	6354	2863	0.1	30	0	0	0	0
19	31	28	3866	3531	1590	0.1	30	0	0	0	0
20	90	26	11021	10058	4525	0.1	30	0	0	0	0
21	213	24	25784	23518	10573	0.1	30	0	0	0	0
22	334	19	37995	34784	15707	0.1	30	0	0	0	0
23	334	13	33162	30751	14134	0.1	30	0	0	0	0
24	334	8	26157	24805	11885	0.1	30	0	0	0	0
25	334	2	17097	16784	8894	0.1	30	0	0	0	0
26	334	3	6031	5756	4815	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 33. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
380	6	94.5	43.5	35	1.248
45	5	63	45	26	98.423

Tabella 34. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.2.3. Verifica di stabilità. Metodo di JANBU SEMPLIFICATO (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.233, si ha in corrispondenza del centro numero 340 e della superficie numero 7. Le coordinate del centro sono: C(9150,3150). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

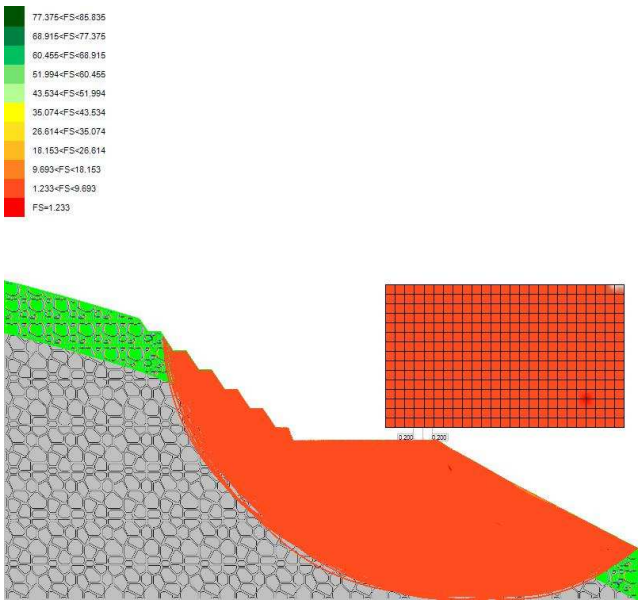


Figura 60. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

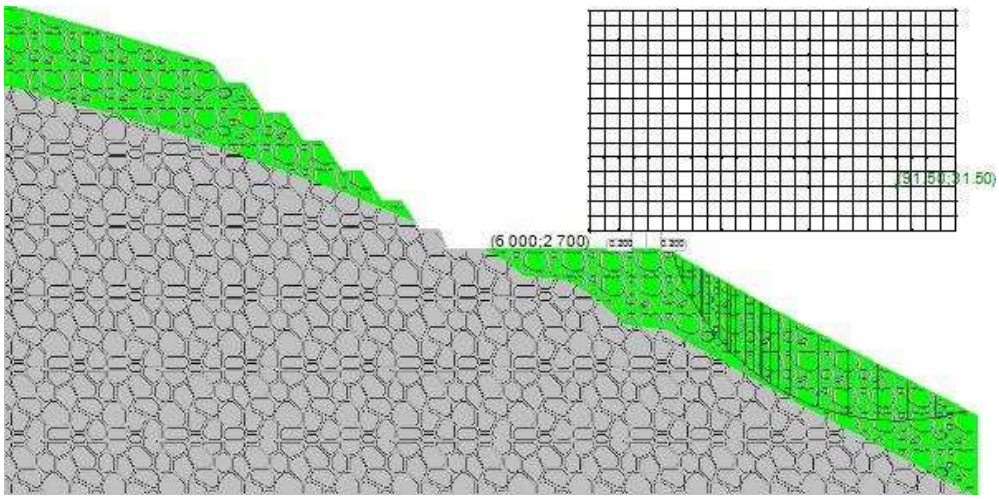


Figura 61. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	34	72	272	-910	577	0.1	24.79	0	-43	0	0
2	77	68	2275	961	2066	0.1	24.79	43	-216	0	0
3	88	64	4805	4321	3217	0.1	24.79	216	-225	0	0
4	92	59	7004	6893	4033	0.1	24.79	225	-262	0	0
5	9	57	761	757	413	0.1	24.79	262	-257	0	0
6	83	55	7776	7735	4061	0.1	24.79	257	-229	0	0
7	91	51	9683	9556	4758	0.1	24.79	229	-187	0	0
8	90	48	10580	10310	4956	0.1	24.79	187	-152	0	0
9	37	46	4565	4408	2081	0.1	24.79	152	-72	0	0
10	52	44	6616	6348	2967	0.1	24.79	72	-55	0	0

11	88	42	11653	11076	5113	0.1	24.79	55	-152	0	0
12	86	39	11802	11103	5064	0.1	24.79	152	-189	0	0
13	74	37	10311	9622	4352	0.1	24.79	189	-147	0	0
14	13	36	1831	1702	767	0.1	24.79	147	-16	0	0
15	87	34	12413	11495	5161	0.1	24.79	16	-202	0	0
16	90	32	12854	11837	5287	0.1	24.79	202	-3416	0	0
17	111	29	15937	14615	6498	0.1	24.79	3416	-2634	0	0
18	301	23	42684	39033	17277	0.1	24.79	2634	-1594	0	0
19	301	16	39945	36892	16352	0.1	24.79	1594	-552	0	0
20	301	8	34808	32999	14825	0.1	24.79	552	-6426	0	0
21	301	1	27470	27219	12634	0.1	24.79	6426	-3777	0	0
22	301	6	18002	17163	8880	0.1	24.79	3777	-1708	0	0
23	301	13	6369	5466	4553	0.1	24.79	1708	-5917	0	0

Tabella 35. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
74	1	66.0	40.5	16	85.835
340	7	91.5	31.5	24	1.233

Tabella 36. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

9.2.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

I risultati delle verifiche dimostrano che in condizioni di cantiere, con il transito di un semovente in prossimità della scarpata di valle della piazzola, la stabilità della sezione in oggetto è garantita.

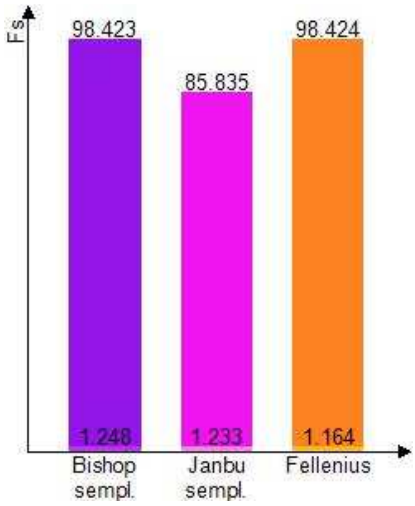


Figura 62. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

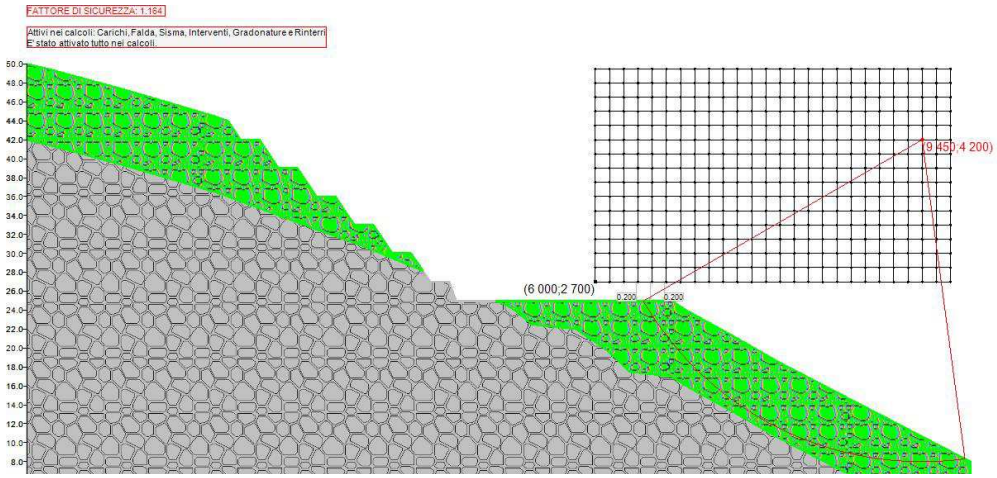


Figura 63. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

9.3. Cantiere – carico stradale – carico piazzola

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

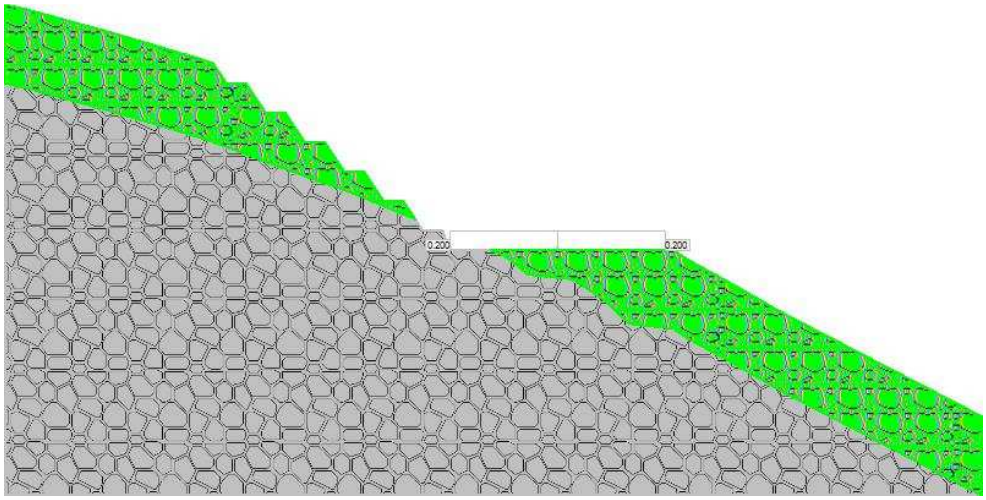


Figura 64. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale generato da un mezzo pesante a pieno carico, agente sull'estremità di valle della piazzola; e da una gru, la cui occupazione interessa a restante parte della piazzola. L'entità complessiva per entrambi i carichi è ipotizzata pari a 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale ha ascissa pari a 4532 cm ed ordinata pari a 2497 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 6730 cm ed ordinata pari a 2497 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(6000,2700), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 20 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 416 ed il numero di superfici circolari generate è 5018. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

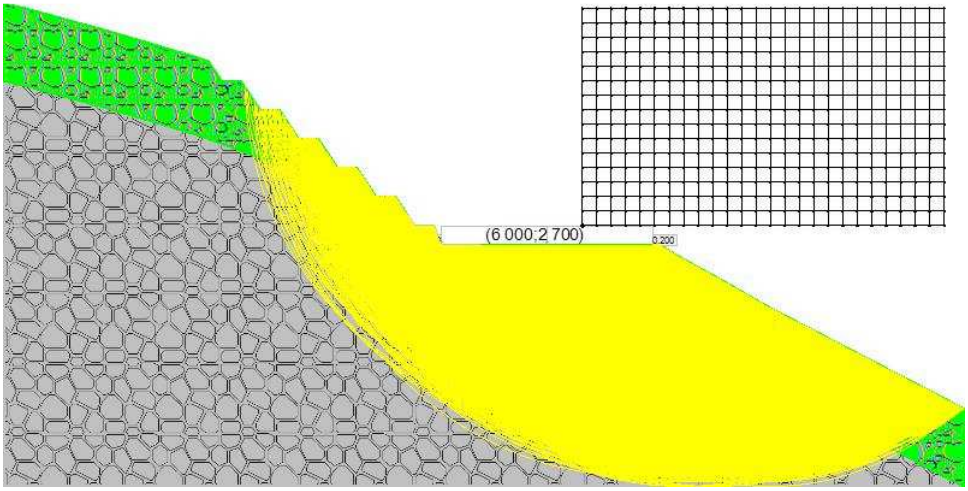


Figura 65. Superfici di rottura e maglia centri

9.3.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.164, si ha in corrispondenza del centro numero 379 e della superficie numero 7. Le coordinate del centro sono: C(9450,4200). Il raggio della superficie critica è pari a 3400 cm.

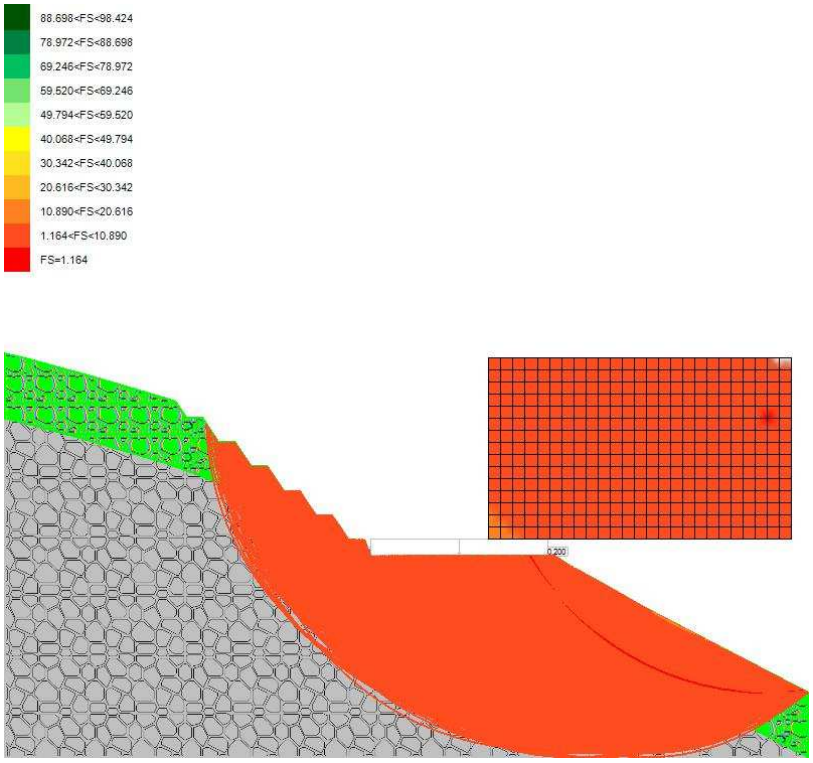


Figura 66. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

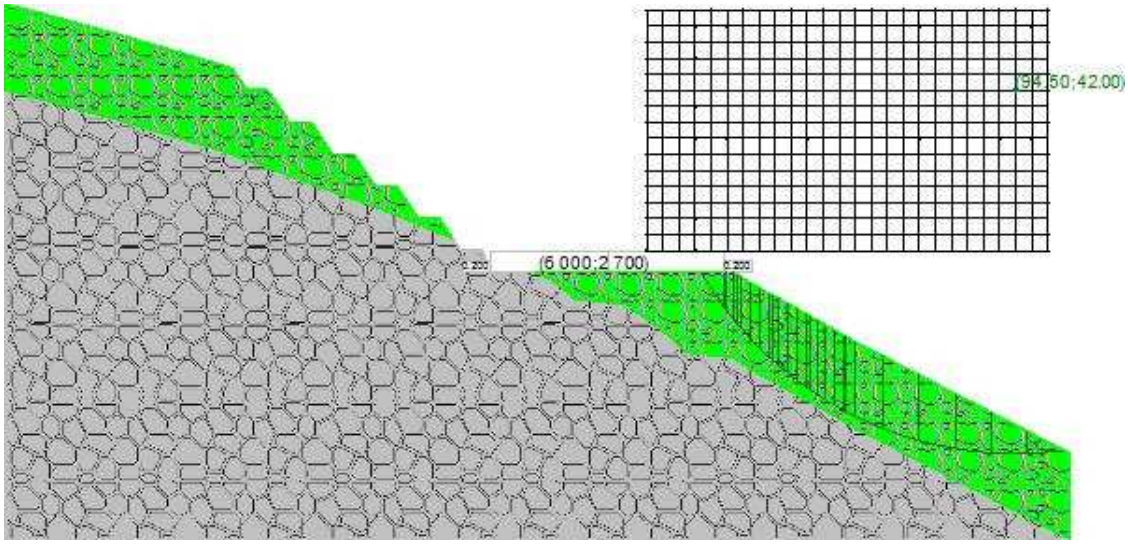


Figura 67. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	223	57	7030	3877	5864	0.1	30	0	0	0	0
2	7	53	477	287	381	0.1	30	0	0	0	0

3	69	52	5110	3149	4025	0.1	30	0	0	0	0
4	40	50	3336	2122	2574	0.1	30	0	0	0	0
5	35	50	3087	2005	2348	0.1	30	0	0	0	0
6	77	48	7163	4786	5330	0.1	30	0	0	0	0
7	88	46	8755	6078	6301	0.1	30	0	0	0	0
8	92	44	9853	7101	6831	0.1	30	0	0	0	0
9	47	42	5256	3888	3536	0.1	30	0	0	0	0
10	45	41	5143	3867	3391	0.1	30	0	0	0	0
11	91	40	10796	8300	6904	0.1	30	0	0	0	0
12	90	38	11112	8780	6810	0.1	30	0	0	0	0
13	89	36	11244	9107	6595	0.1	30	0	0	0	0
14	25	35	3184	2617	1814	0.1	30	0	0	0	0
15	63	34	8182	6797	4556	0.1	30	0	0	0	0
16	86	32	11232	9491	6006	0.1	30	0	0	0	0
17	87	31	11331	9751	5770	0.1	30	0	0	0	0
18	87	29	11404	9982	5516	0.1	30	0	0	0	0
19	15	28	2006	1772	940	0.1	30	0	0	0	0
20	74	27	9650	8592	4394	0.1	30	0	0	0	0
21	265	24	33879	30965	13747	0.1	30	0	0	0	0
22	339	18	40738	38638	12911	0.1	30	0	0	0	0
23	339	13	35553	34706	7714	0.1	30	0	0	0	0
24	339	7	28046	27853	3282	0.1	30	0	0	0	0
25	339	1	18337	18334	313	0.1	30	0	0	0	0
26	339	5	6471	6448	536	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 37. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
45	5	63.0	45.0	26	98.424
379	7	94.5	42.0	34	1.164

Tabella 38. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.3.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.248, si ha in corrispondenza del centro numero 380 e della superficie numero 6. Le coordinate del centro sono: C(9450,4350). Il raggio della superficie critica è pari a 3500 cm.

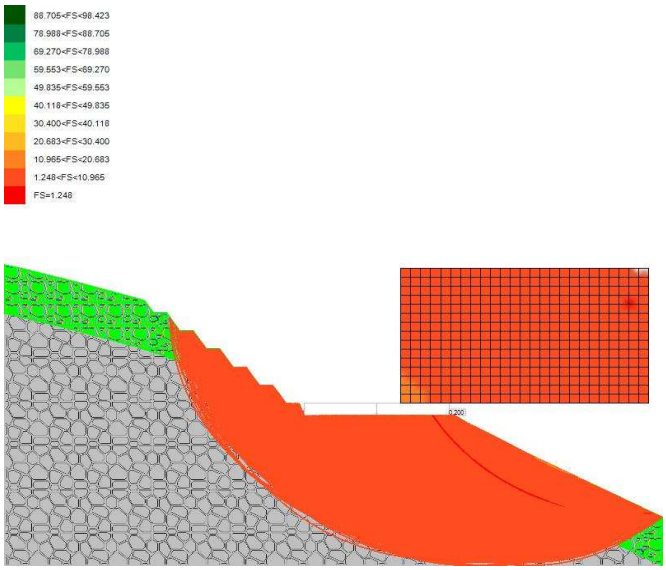


Figura 68. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

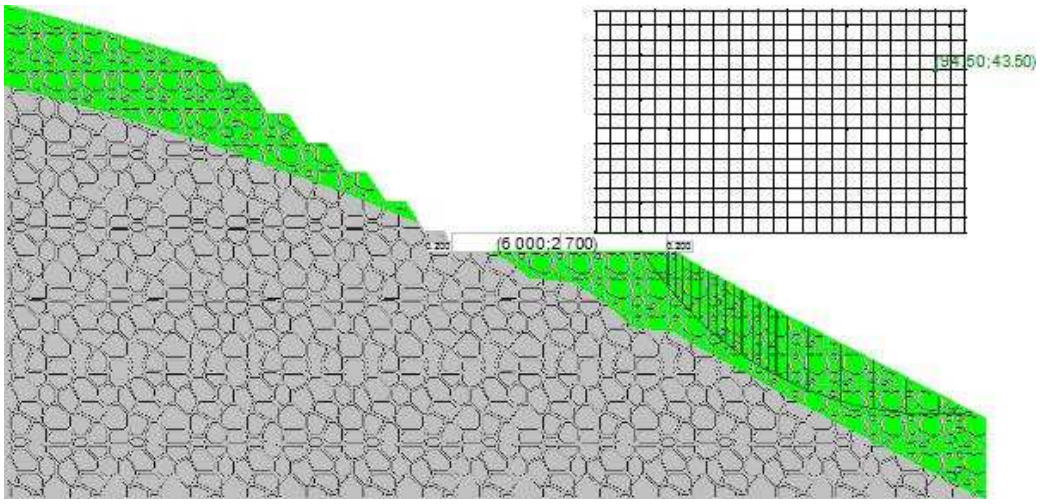


Figura 69. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	250	55	8156	6064	5693	0.1	30	0	0	0	0
2	7	51	493	458	263	0.1	30	0	0	0	0
3	69	50	5223	4926	2680	0.1	30	0	0	0	0
4	8	49	690	656	344	0.1	30	0	0	0	0
5	67	48	5768	5479	2829	0.1	30	0	0	0	0
6	77	46	7123	6753	3398	0.1	30	0	0	0	0
7	88	44	8623	8149	4001	0.1	30	0	0	0	0
8	92	42	9631	9064	4352	0.1	30	0	0	0	0
9	10	41	1107	1039	494	0.1	30	0	0	0	0
10	81	40	8992	8420	3969	0.1	30	0	0	0	0
11	91	38	10439	9730	4530	0.1	30	0	0	0	0
12	90	37	10700	9928	4574	0.1	30	0	0	0	0
13	72	35	8744	8083	3697	0.1	30	0	0	0	0
14	17	34	2048	1889	861	0.1	30	0	0	0	0
15	88	33	10869	10006	4548	0.1	30	0	0	0	0
16	86	31	10712	9831	4449	0.1	30	0	0	0	0
17	87	30	10775	9865	4452	0.1	30	0	0	0	0
18	56	28	6952	6354	2863	0.1	30	0	0	0	0
19	31	28	3866	3531	1590	0.1	30	0	0	0	0
20	90	26	11021	10058	4525	0.1	30	0	0	0	0
21	213	24	25784	23518	10573	0.1	30	0	0	0	0
22	334	19	37995	34784	15707	0.1	30	0	0	0	0
23	334	13	33162	30751	14134	0.1	30	0	0	0	0
24	334	8	26157	24805	11885	0.1	30	0	0	0	0
25	334	2	17097	16784	8894	0.1	30	0	0	0	0
26	334	3	6031	5756	4815	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 39. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
45	5	63.0	45.0	26	98.423
380	6	94.5	43.5	35	1.248

Tabella 40. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.3.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.233, si ha in corrispondenza del centro numero 340 e della superficie numero 7. Le coordinate del centro sono: C(9150,3150). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

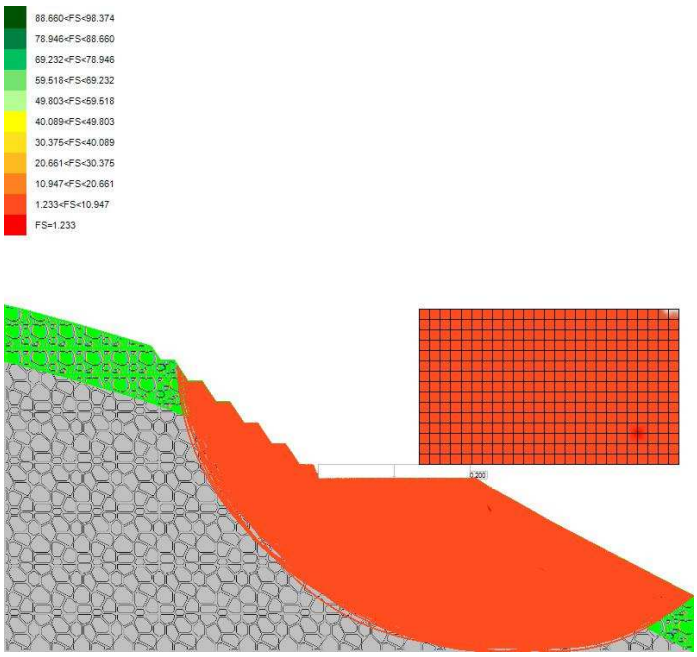


Figura 70. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

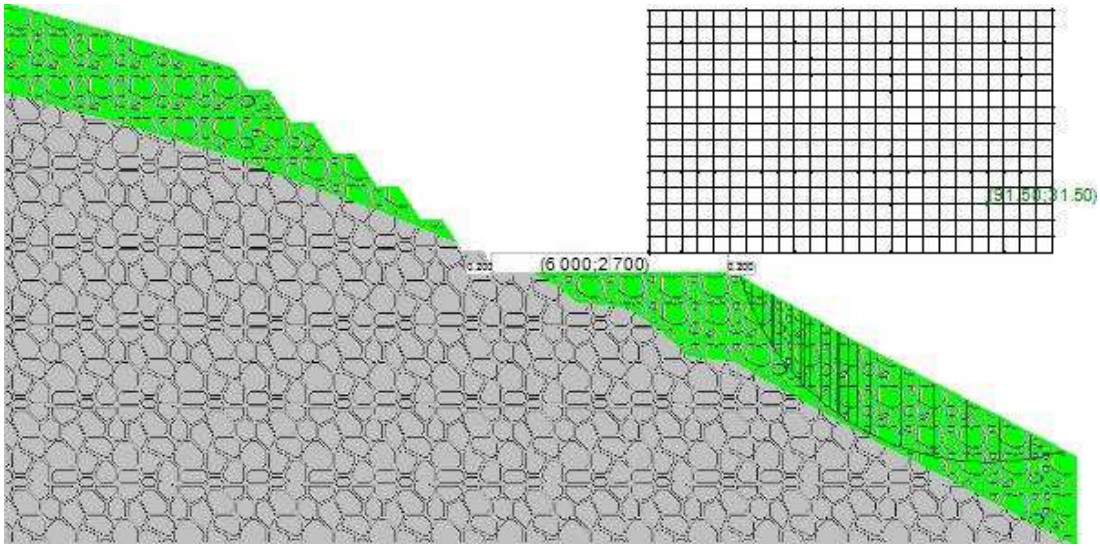


Figura 71. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	34	72	272	-910	577	0.1	24.79	0	-43	0	0
2	77	68	2275	961	2066	0.1	24.79	43	-216	0	0
3	88	64	4805	4321	3217	0.1	24.79	216	-225	0	0
4	92	59	7004	6893	4033	0.1	24.79	225	-262	0	0
5	9	57	761	757	413	0.1	24.79	262	-257	0	0
6	83	55	7776	7735	4061	0.1	24.79	257	-229	0	0
7	91	51	9683	9556	4758	0.1	24.79	229	-187	0	0

8	90	48	10580	10310	4956	0.1	24.79	187	-152	0	0
9	37	46	4565	4408	2081	0.1	24.79	152	-72	0	0
10	52	44	6616	6348	2967	0.1	24.79	72	-55	0	0
11	88	42	11653	11076	5113	0.1	24.79	55	-152	0	0
12	86	39	11802	11103	5064	0.1	24.79	152	-189	0	0
13	74	37	10311	9622	4352	0.1	24.79	189	-147	0	0
14	13	36	1831	1702	767	0.1	24.79	147	-16	0	0
15	87	34	12413	11495	5161	0.1	24.79	16	-202	0	0
16	90	32	12854	11837	5287	0.1	24.79	202	-3416	0	0
17	111	29	15937	14615	6498	0.1	24.79	3416	-2634	0	0
18	301	23	42684	39033	17277	0.1	24.79	2634	-1594	0	0
19	301	16	39945	36892	16352	0.1	24.79	1594	-552	0	0
20	301	8	34808	32999	14825	0.1	24.79	552	-6426	0	0
21	301	1	27470	27219	12634	0.1	24.79	6426	-3777	0	0
22	301	6	18002	17163	8880	0.1	24.79	3777	-1708	0	0
23	301	13	6369	5466	4553	0.1	24.79	1708	-5917	0	0

Tabella 41. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
45	5	65	45	26	87.235
270	4	75	42	35	1.233

Tabella 42. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.3.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

I risultati delle analisi, riassunti nelle figure sottostanti, permettono di concludere che in fase di cantiere, nell'ipotesi di posizionamento della gru sulla piazzola e del semovente per il trasporto della gru, la stabilità del versante risulta verificata.

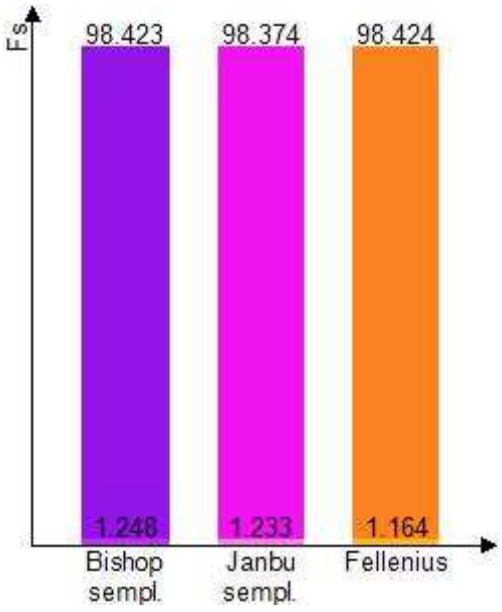


Figura 9.1: Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

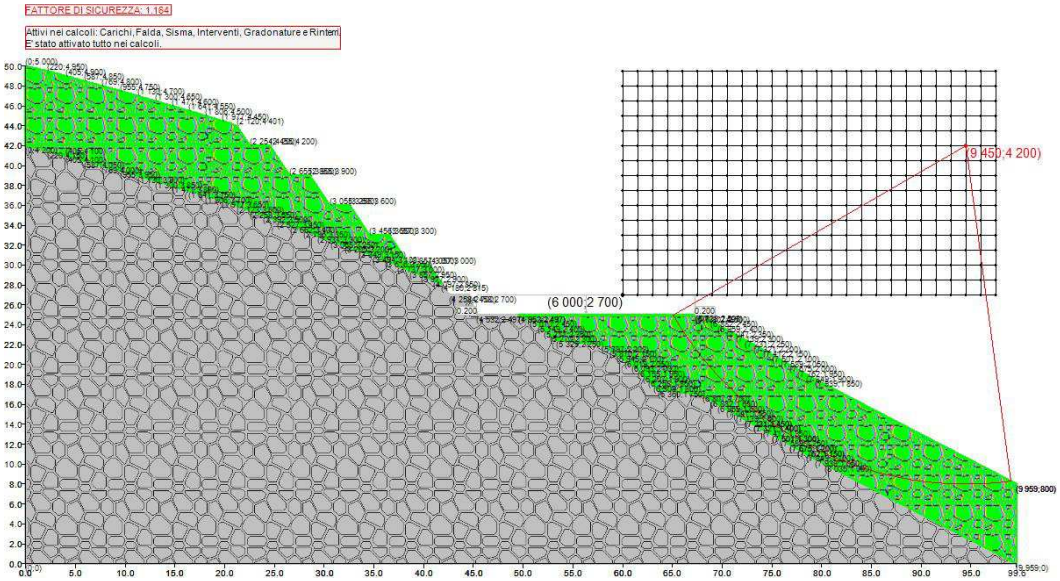


Figura 72. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

9.4. Condizioni di esercizio – assenza di interventi

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 1b. **coltre sciolta ricavata da terreni di scavo**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Al termine delle operazioni di installazione degli aerogeneratori è previsto il ricoprimento delle scarpate in scavo con materiale di riporto ricavato dagli scavi (Strato nr. 1b).

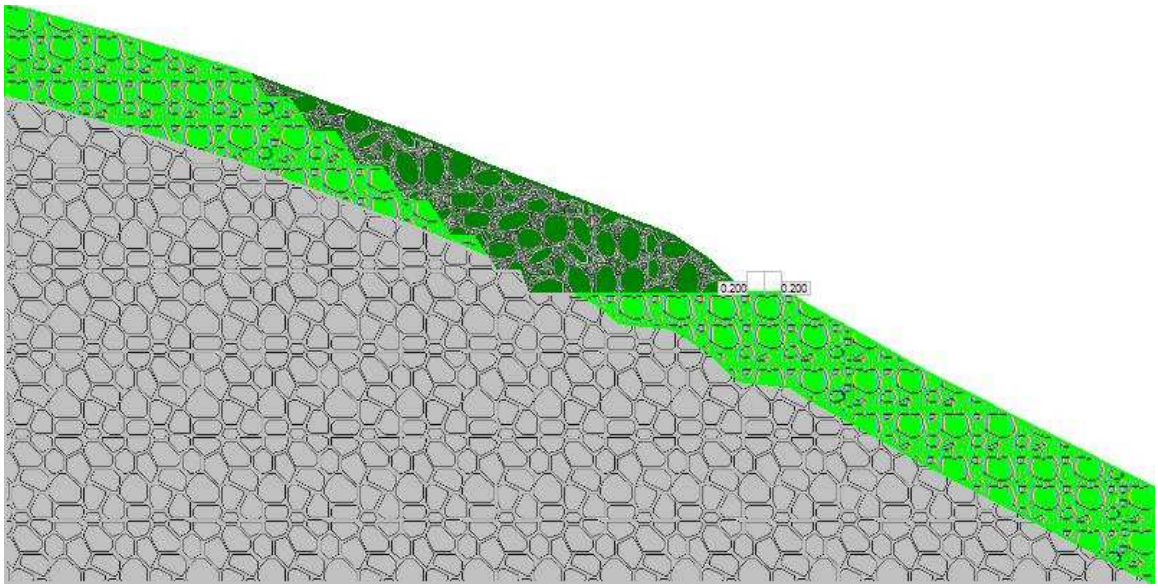


Figura 73. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale generato da un mezzo pesante a pieno carico e agente sull'estremità di valle della piazzola. L'entità del carico è ipotizzata pari a 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 6430 cm ed ordinata pari a 2497 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 6730 cm ed ordinata pari a 2497 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(6000,2700), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 20 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 416 ed il numero di superfici circolari generate è 4079. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

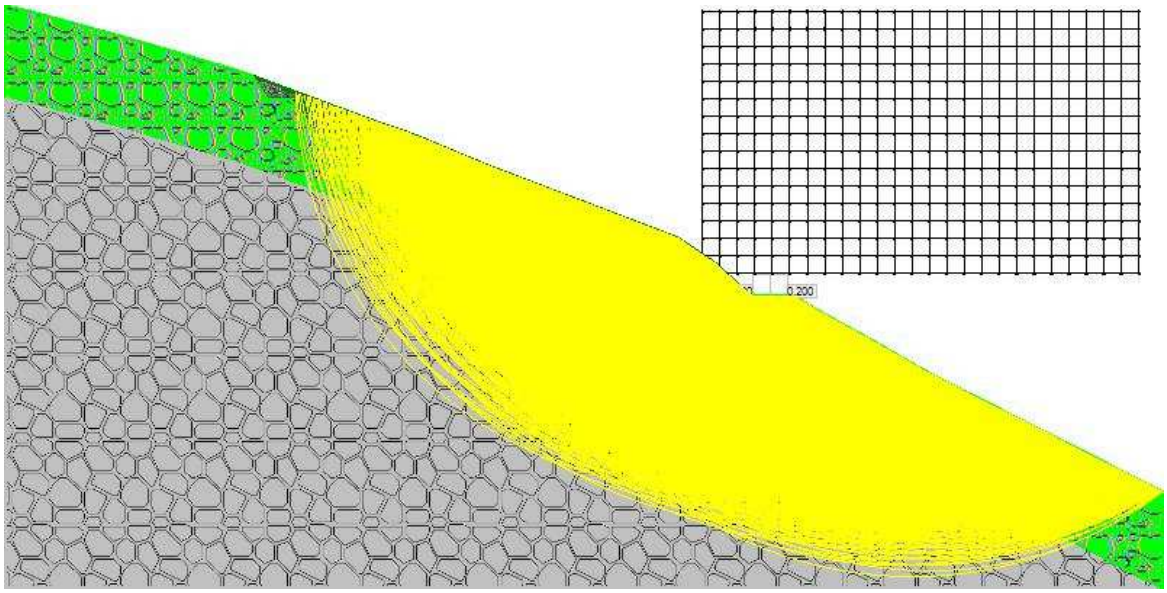


Figura 74. Superfici di rottura e maglia centri

9.4.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 0.754, si ha in corrispondenza del centro numero 123 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7050,4200). Il raggio della superficie critica è pari a 1800 cm.

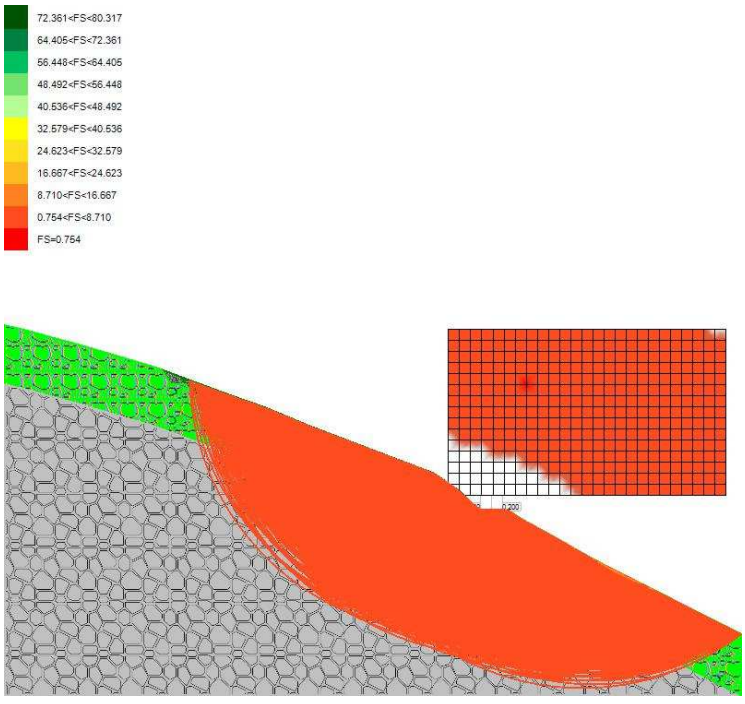


Figura 75. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

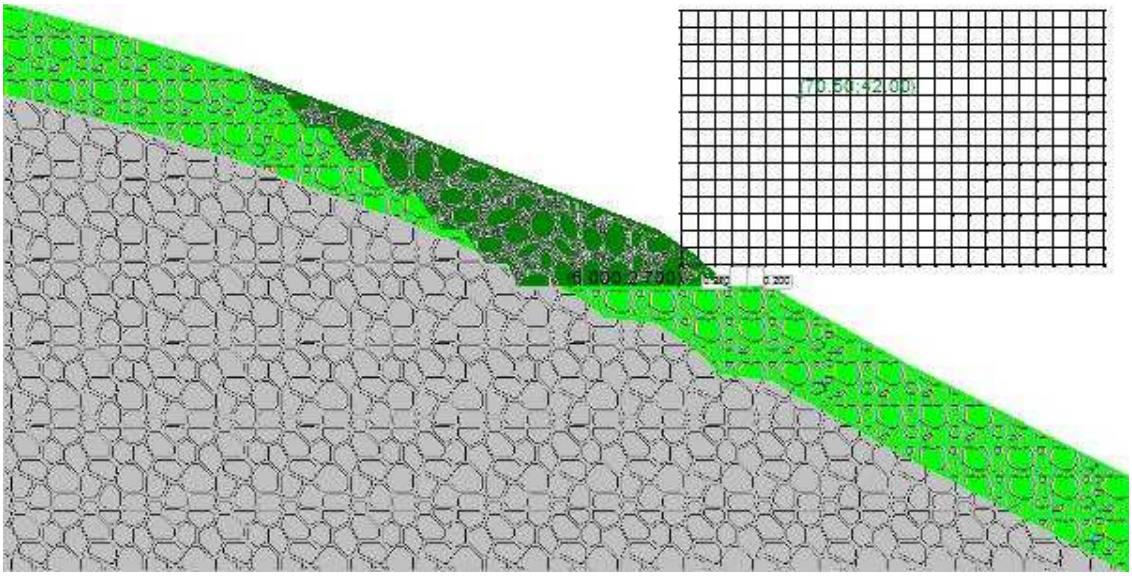


Figura 76. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	77	49	411	272	308	0.015	28	0	0	0	0
2	57	45	808	567	575	0.015	28	0	0	0	0
3	19	44	348	252	241	0.015	28	0	0	0	0
4	55	42	1059	786	710	0.015	28	0	0	0	0
5	22	40	459	349	298	0.015	28	0	0	0	0
6	52	39	1145	891	720	0.015	28	0	0	0	0
7	24	37	550	437	334	0.015	28	0	0	0	0
8	50	36	1169	946	685	0.015	28	0	0	0	0
9	26	34	615	507	347	0.015	28	0	0	0	0
10	47	33	1102	924	600	0.015	28	0	0	0	0
11	29	32	666	567	349	0.015	28	0	0	0	0
12	33	30	711	614	360	0.015	28	0	0	0	0
13	44	29	834	729	404	0.015	28	0	0	0	0
14	8	28	136	120	64	0.015	28	0	0	0	0
15	51	27	750	668	341	0.015	28	0	0	0	0
16	17	26	201	181	87	0.015	28	0	0	0	0
17	17	25	172	155	73	0.015	28	0	0	0	0
18	59	24	435	398	176	0.015	28	0	0	0	0
19	77	22	210	195	77	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 43. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

9.4.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 0.766, si ha in corrispondenza del centro numero 123 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7050,4200). Il raggio della superficie critica è pari a 1800 cm.

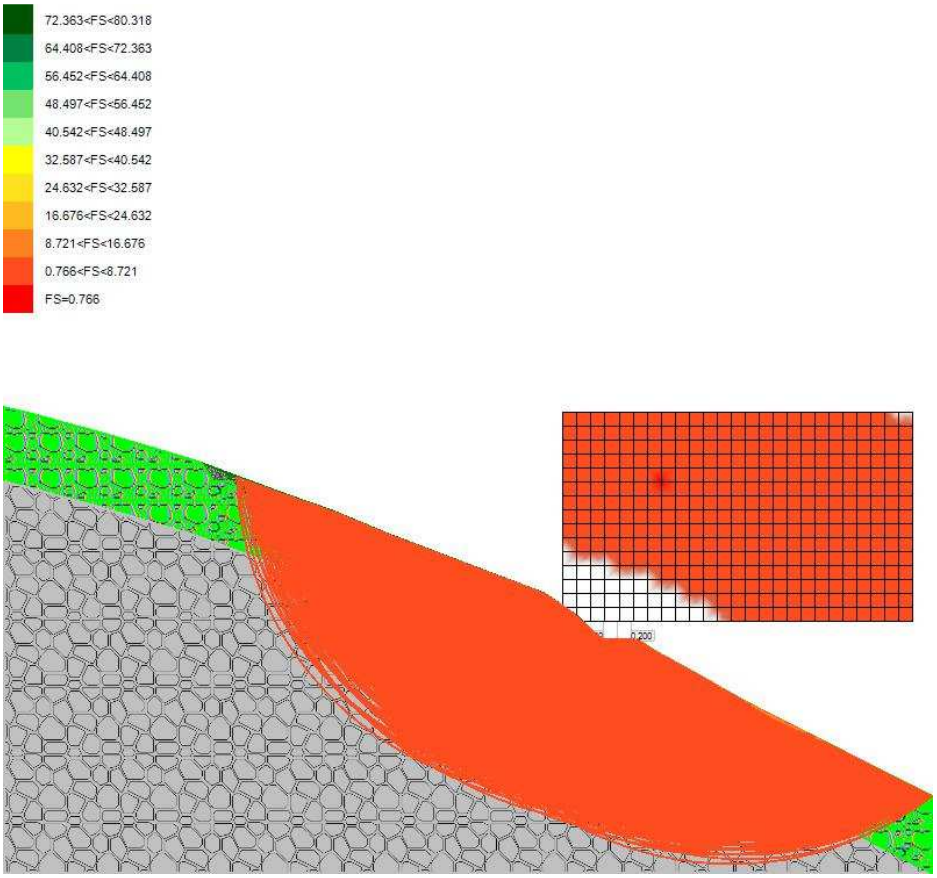


Figura 77. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

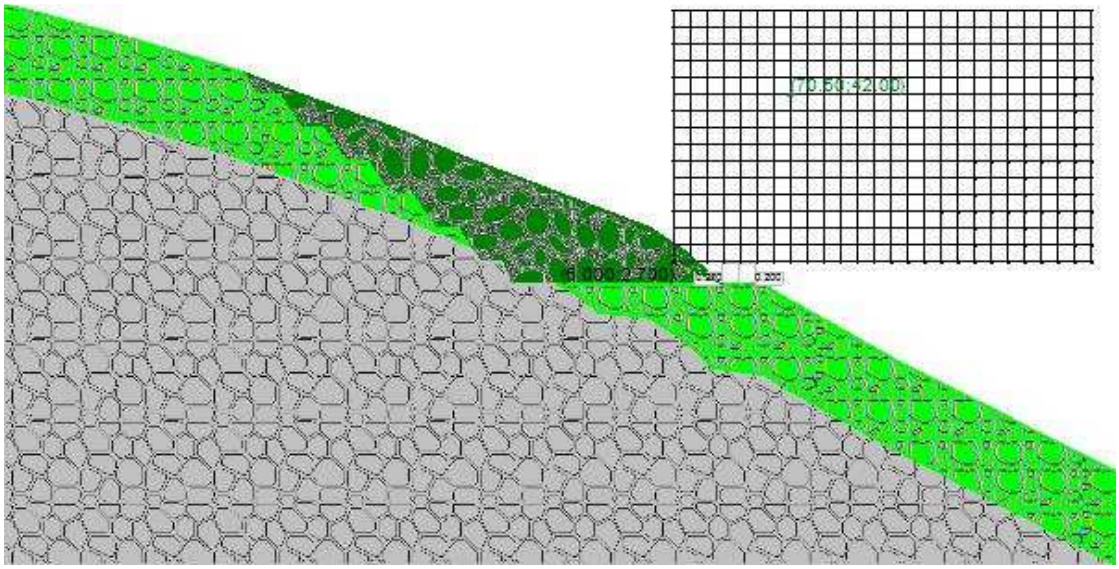


Figura 78. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	77	49	411	224	351	0.015	28	0	0	0	0
2	57	45	808	632	511	0.015	28	0	0	0	0
3	19	44	348	282	209	0.015	28	0	0	0	0
4	55	42	1059	864	624	0.015	28	0	0	0	0
5	22	40	459	376	266	0.015	28	0	0	0	0
6	52	39	1145	943	655	0.015	28	0	0	0	0

7	24	37	550	454	312	0.015	28	0	0	0	0
8	50	36	1169	966	658	0.015	28	0	0	0	0
9	26	34	615	509	345	0.015	28	0	0	0	0
10	47	33	1102	913	617	0.015	28	0	0	0	0
11	29	32	666	552	374	0.015	28	0	0	0	0
12	33	30	711	589	402	0.015	28	0	0	0	0
13	44	29	834	688	479	0.015	28	0	0	0	0
14	8	28	136	112	80	0.015	28	0	0	0	0
15	51	27	750	611	452	0.015	28	0	0	0	0
16	17	26	201	161	127	0.015	28	0	0	0	0
17	17	25	172	137	113	0.015	28	0	0	0	0
18	59	24	435	337	314	0.015	28	0	0	0	0
19	77	22	210	133	235	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 44. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
123	2	70.5	42.0	18	0.766
187	1	76.5	42.0	19	80.318

Tabella 45. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.4.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 0.940, si ha in corrispondenza del centro numero 106 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(6900,4050). Il raggio della superficie critica è pari a 1600 cm.

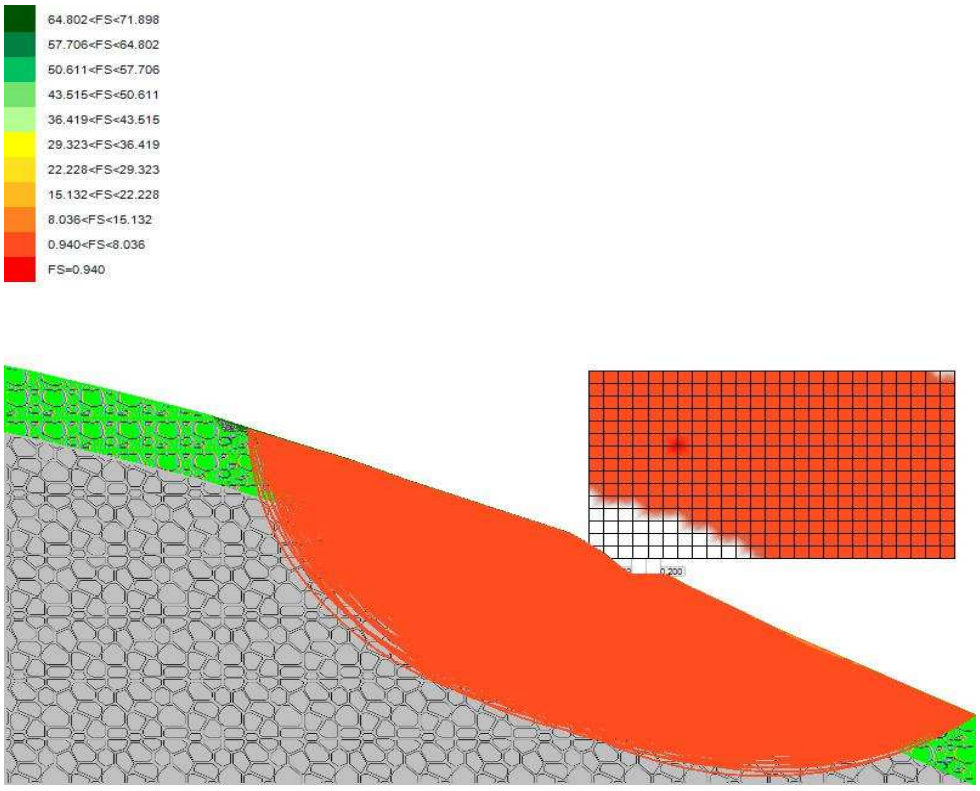


Figura 8.5 Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

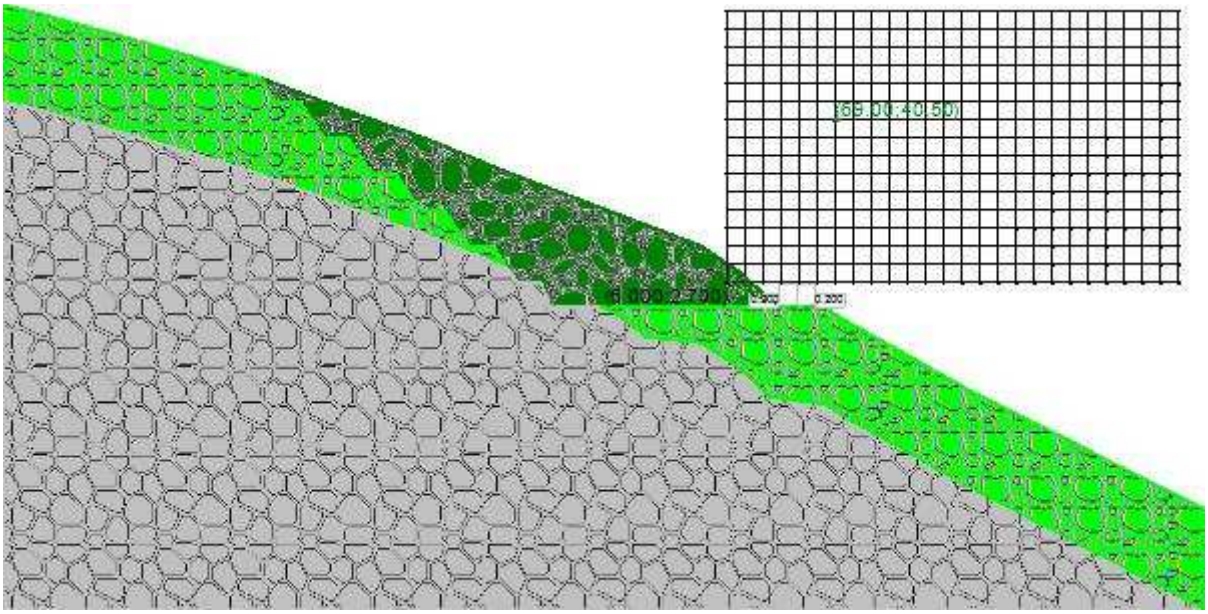


Figura 79. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	76	50	434	293	321	0.015	23.04	0	-44	0	0
2	76	46	1216	1067	657	0.015	23.04	44	-218	0	0
3	1	44	27	24	14	0.015	23.04	218	-232	0	0
4	74	42	1622	1448	814	0.015	23.04	232	-266	0	0
5	1	40	26	23	13	0.015	23.04	266	-260	0	0
6	73	38	1767	1572	860	0.015	23.04	260	-236	0	0
7	3	37	76	67	36	0.015	23.04	236	-185	0	0
8	72	35	1798	1593	860	0.015	23.04	185	-163	0	0
9	5	33	122	108	58	0.015	23.04	163	-65	0	0
10	69	32	1709	1508	811	0.015	23.04	65	-58	0	0
11	8	30	189	167	90	0.015	23.04	58	-66	0	0
12	55	29	1253	1101	598	0.015	23.04	66	-168	0	0
13	22	27	450	394	217	0.015	23.04	168	-207	0	0
14	30	26	549	479	270	0.015	23.04	207	-161	0	0
15	47	25	696	603	355	0.015	23.04	161	-23	0	0
16	5	24	59	51	31	0.015	23.04	23	-205	0	0
17	34	23	361	307	199	0.015	23.04	205	-3506	0	0
18	37	22	274	228	167	0.015	23.04	3506	-2675	0	0
19	76	19	231	172	207	0.015	23.04	2675	-1587	0	0

Tabella 46. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
106	2	69.0	40.5	16	0.940
187	1	76.5	42.0	19	71.898

Tabella 47. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.4.4. 9Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

I fattori di sicurezza risultano, per tutti i metodi di calcolo utilizzati, inferiori a 1. Si prevede pertanto l'inserimento di opere di sostegno sul versante al fine di garantire condizioni di stabilità. Tali interventi sono descritti e verificati nel paragrafo successivo.

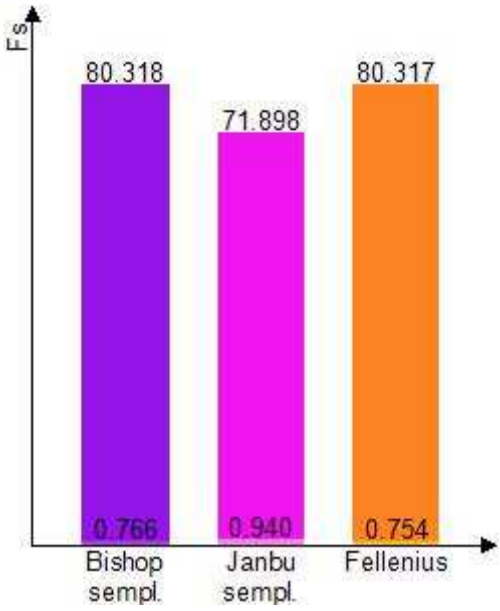


Figura 9.1: Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

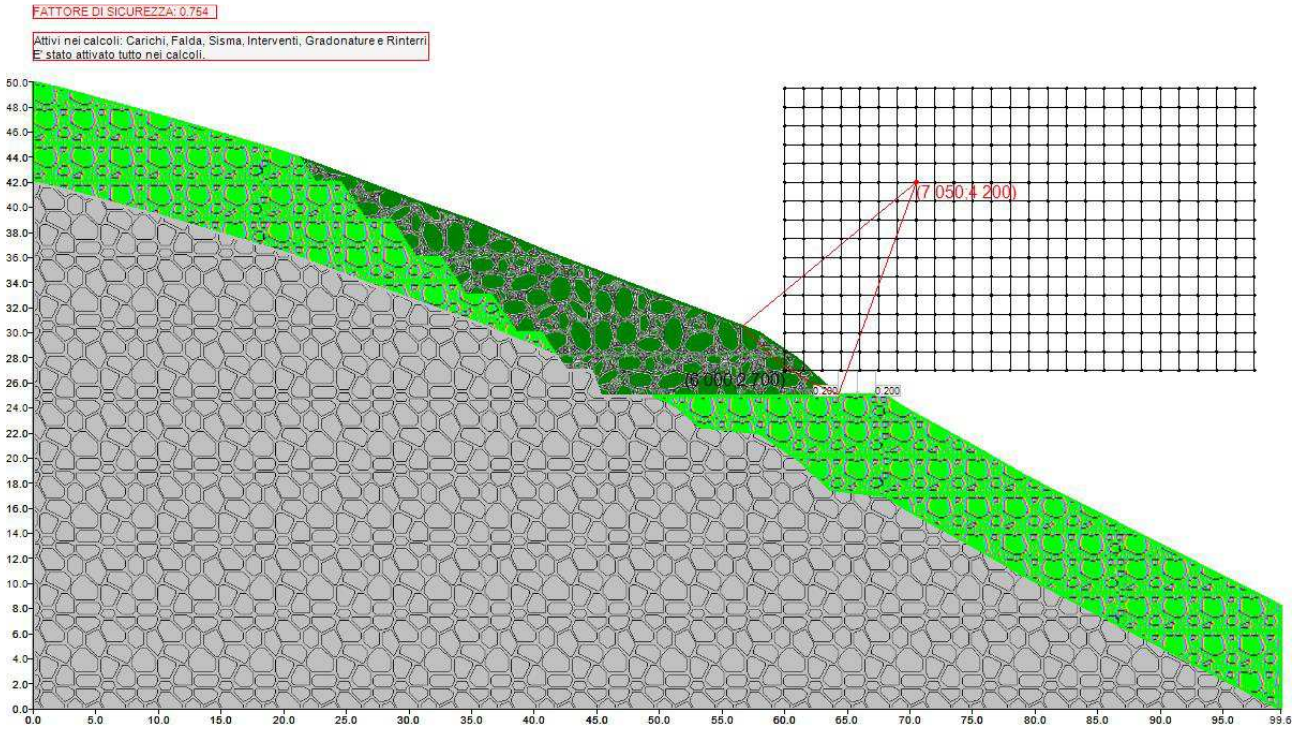


Figura 80. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

9.5. Condizioni di esercizio - interventi di sostegno sul versante

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 1b. **coltre sciolta ricavata da terreni di scavo**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Al termine delle operazioni di installazione degli aerogeneratori è previsto il ricoprimento delle scarpate in scavo con materiale di riporto ricavato dagli scavi (Strato nr. 1b).

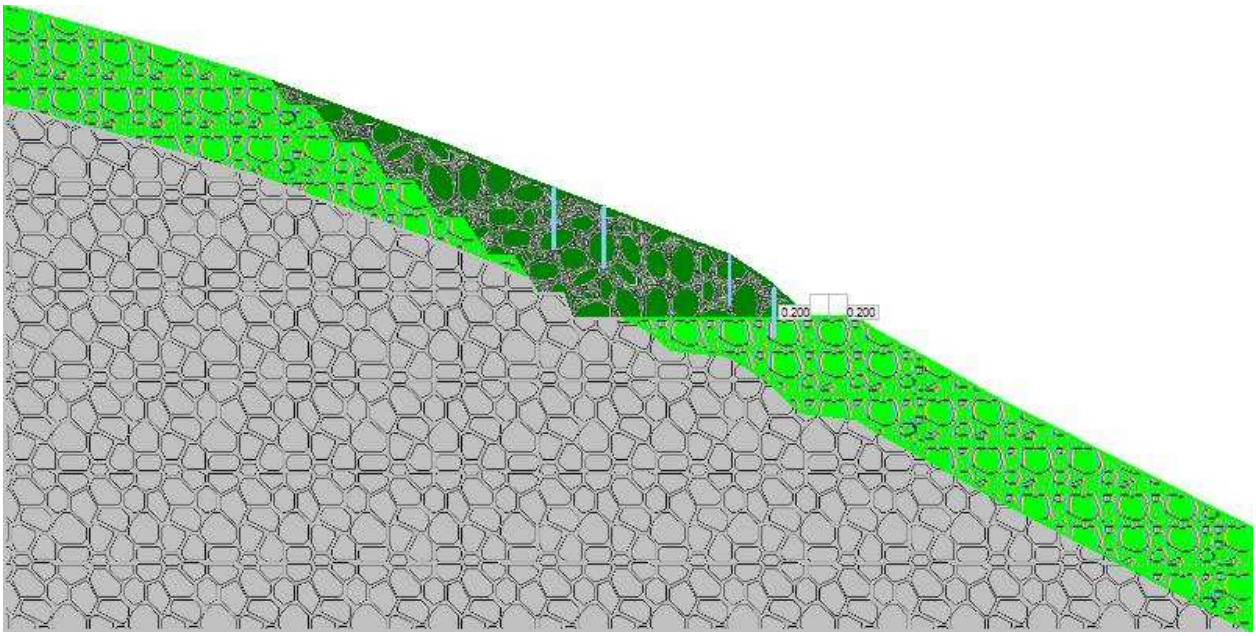


Figura 81. Rappresentazione del pendio.

Interventi

9.5.1. Palificate

Sono state inserite 4 palificate, le cui caratteristiche sono riportate di seguito.

Palificata 1
- Lunghezza: 500 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm

Posizione della palificata: x = 5800 cm, y = 3000 cm

Palificata 2
- Lunghezza: 500 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm

Posizione della palificata: x = 4800 cm, y = 3400 cm

Palificata 3
- Lunghezza: 400 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm

Posizione della palificata: x = 4400 cm, y = 3550 cm

Palificata 4

- Lunghezza: 400 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm

Posizione della palificata: x = 6216 cm, y = 2691 cm

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale generato da un mezzo pesante a pieno carico e agente sull'estremità di valle della piazzola. L'entità del carico è ipotizzata pari a 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 6430 cm ed ordinata pari a 2497 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 6730 cm ed ordinata pari a 2497 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(6000,2700), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 20 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 416 ed il numero di superfici circolari generate è 4078. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

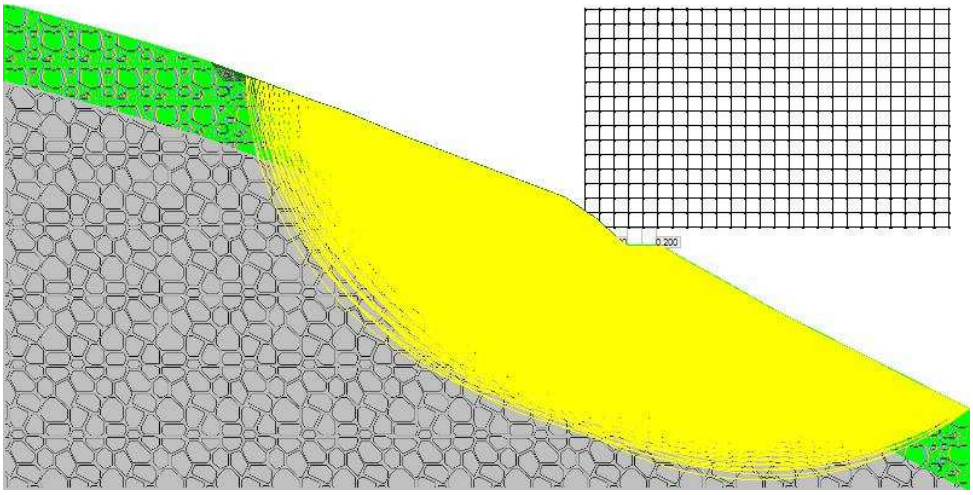


Figura 82. Superfici di rottura e maglia centri

9.5.2. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.046, si ha in corrispondenza del centro numero 106 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(6900,4050). Il raggio della superficie critica è pari a 1600 cm.

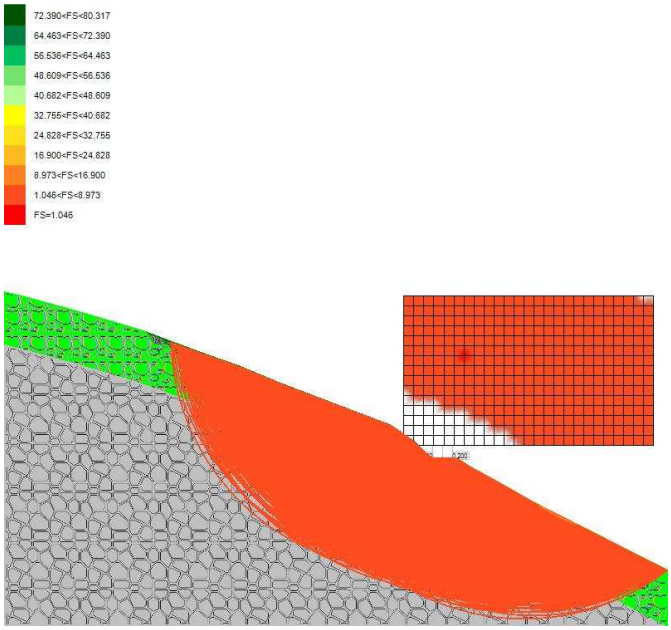


Figura 83. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

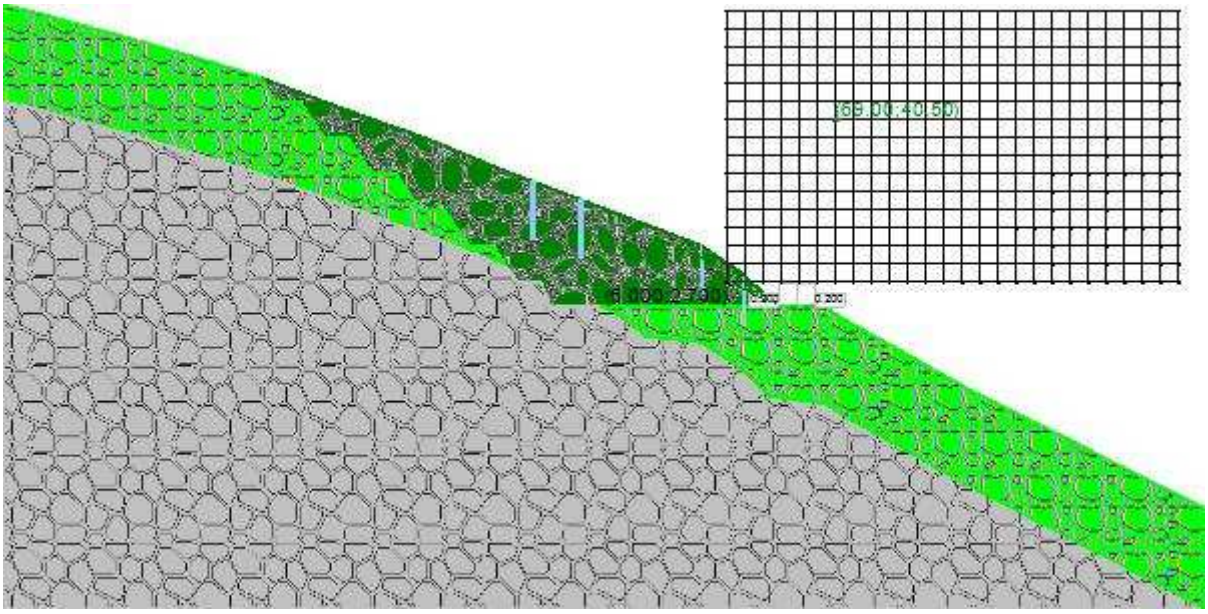


Figura 84. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	76	50	434	281	331	0.04	28	0	0	0	0
2	76	46	1216	851	869	0.04	28	0	0	0	0
3	1	44	27	20	19	0.04	28	0	0	0	0
4	74	42	1622	1209	1082	0.04	28	0	0	0	0
5	1	40	26	20	17	0.04	28	0	0	0	0
6	73	38	1767	1386	1096	0.04	28	0	0	0	0
7	3	37	76	61	45	0.04	28	0	0	0	0
8	72	35	1798	1474	1030	0.04	28	0	0	0	0
9	5	33	122	102	67	0.04	28	0	0	0	0
10	69	32	1709	1453	899	0.04	28	0	0	0	0
11	8	30	189	164	95	0.04	28	0	0	0	0
12	55	29	1253	1097	604	0.04	28	0	0	0	0

13	22	27	450	400	206	0.04	28	0	0	0	0
14	30	26	549	493	243	0.04	28	0	0	0	0
15	47	25	696	632	291	0.04	28	0	0	0	0
16	5	24	59	54	24	0.04	28	0	0	0	0
17	34	23	361	332	141	0.04	28	0	0	0	0
18	37	22	274	255	101	0.04	28	0	0	0	0
19	76	19	231	218	77	0.04	28	0	0	0	0

Tabella 48. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
106	2	69.0	40.5	16	1.055
187	1	76.5	42.0	19	80.317

Tabella 49. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

9.5.3. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.079, si ha in corrispondenza del centro numero 106 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(6900,4050). Il raggio della superficie critica è pari a 1600 cm.

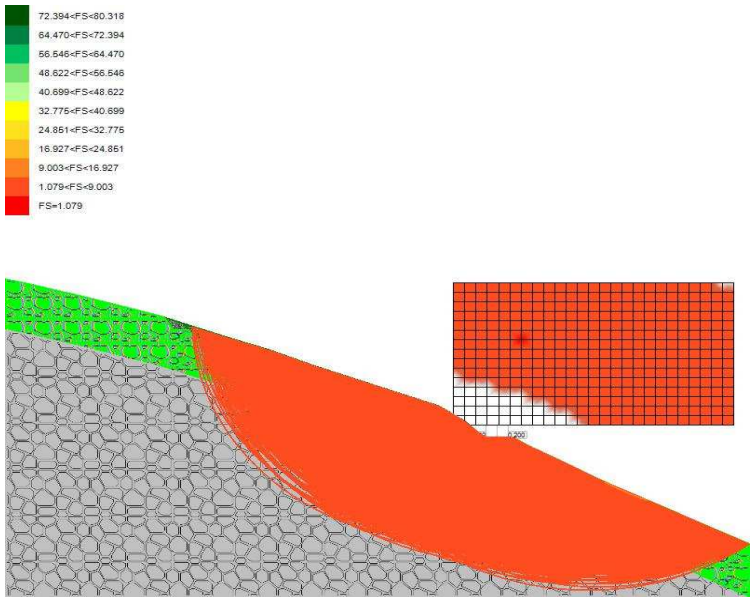


Figura 85. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

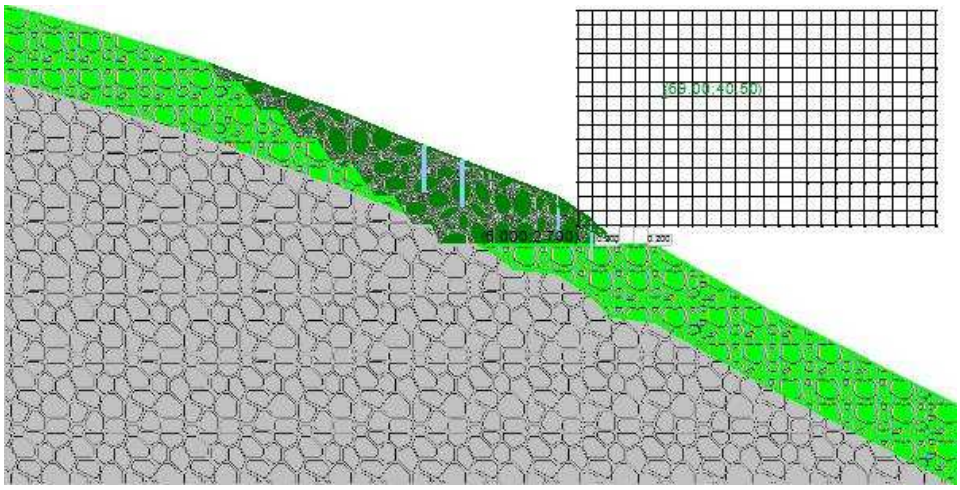


Figura 86. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	76	50	434	106	479	0.04	28	0	0	0	0
2	76	46	1216	945	777	0.04	28	0	0	0	0
3	1	44	27	23	16	0.04	28	0	0	0	0
4	74	42	1622	1366	906	0.04	28	0	0	0	0
5	1	40	26	22	14	0.04	28	0	0	0	0
6	73	38	1767	1509	941	0.04	28	0	0	0	0
7	3	37	76	65	39	0.04	28	0	0	0	0
8	72	35	1798	1543	932	0.04	28	0	0	0	0
9	5	33	122	105	63	0.04	28	0	0	0	0
10	69	32	1709	1467	877	0.04	28	0	0	0	0
11	8	30	189	162	97	0.04	28	0	0	0	0
12	55	29	1253	1070	653	0.04	28	0	0	0	0
13	22	27	450	382	241	0.04	28	0	0	0	0
14	30	26	549	462	305	0.04	28	0	0	0	0
15	47	25	696	574	417	0.04	28	0	0	0	0
16	5	24	59	48	38	0.04	28	0	0	0	0
17	34	23	361	285	251	0.04	28	0	0	0	0
18	37	22	274	204	229	0.04	28	0	0	0	0
19	76	19	231	122	348	0.04	28	0	0	0	0

Tabella 50. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
106	2	69.0	40.5	16	1.079
187	1	76.5	42.0	19	80.318

Tabella 51. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.5.4. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.176, si ha in corrispondenza del centro numero 43 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(6300,4200). Il raggio della superficie critica è pari a 1700 cm.

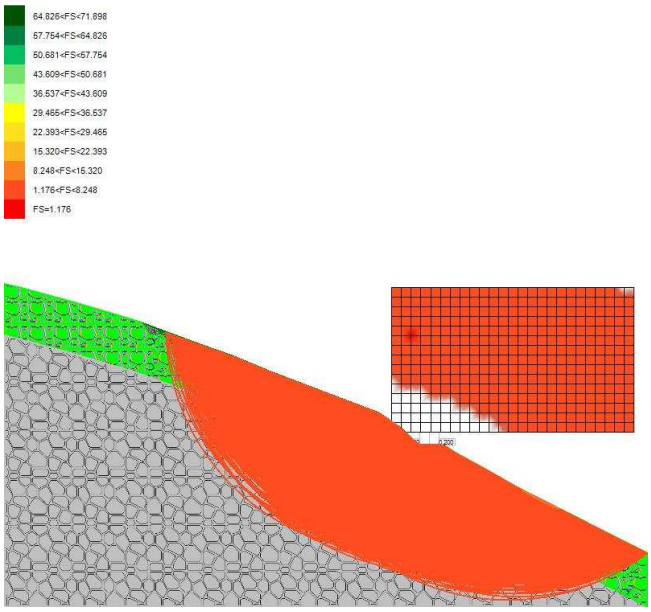


Figura 87. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

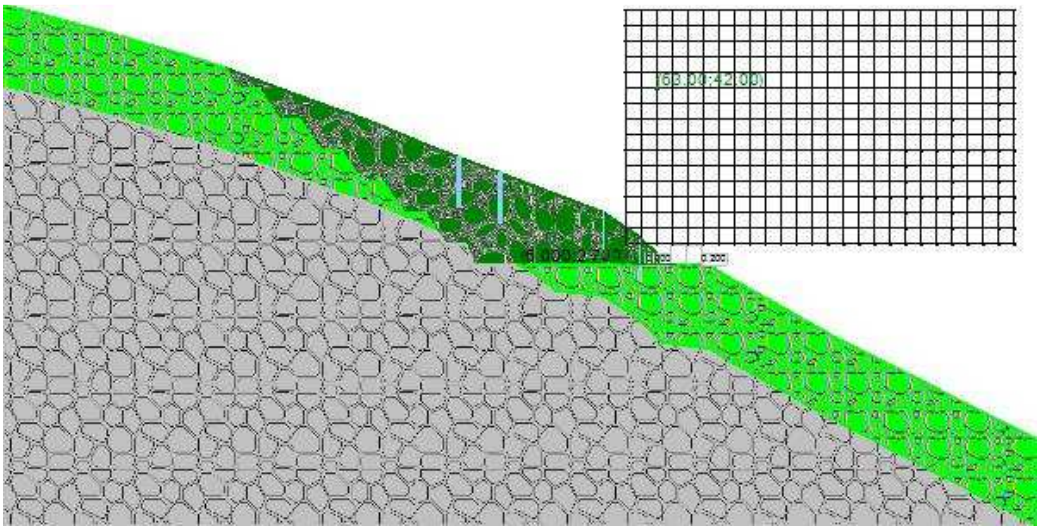


Figura 88. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	166	56	2844	2333	1856	0.04	23.04	0	-44	0	0
2	166	47	7460	7235	3445	0.04	23.04	44	-218	0	0
3	166	39	10352	9853	4294	0.04	23.04	218	-232	0	0
4	166	32	12114	11318	4763	0.04	23.04	232	-266	0	0
5	166	26	13023	12053	4989	0.04	23.04	266	-260	0	0
6	152	20	12074	11178	4592	0.04	23.04	260	-236	0	0
7	15	17	1160	1078	442	0.04	23.04	236	-185	0	0
8	59	16	4495	4185	1723	0.04	23.04	185	-163	0	0
9	74	13	5254	4916	2039	0.04	23.04	163	-65	0	0
10	33	11	2164	2036	850	0.04	23.04	65	-58	0	0
11	42	10	2626	2481	1042	0.04	23.04	58	-66	0	0
12	73	8	4201	3998	1699	0.04	23.04	66	-168	0	0
13	51	6	2569	2469	1068	0.04	23.04	168	-207	0	0
14	11	5	521	504	221	0.04	23.04	207	-161	0	0
15	51	4	2115	2056	919	0.04	23.04	161	-23	0	0
16	51	2	1660	1631	765	0.04	23.04	23	-205	0	0
17	34	1	854	848	424	0.04	23.04	205	-3506	0	0
18	18	0	364	363	192	0.04	23.04	3506	-2675	0	0
19	120	2	1193	1159	828	0.04	23.04	2675	-1587	0	0
20	46	5	18	-17	390	0.1	24.79	1587	-515	0	0

Tabella 52. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
43	3	63.0	42.0	17	1.176
187	1	76.5	42.0	19	71.898

Tabella 53. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

9.5.5. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

La figura sottostante evidenzia che gli interventi previsti sul versante permettono di garantire condizioni di stabiltà globale.

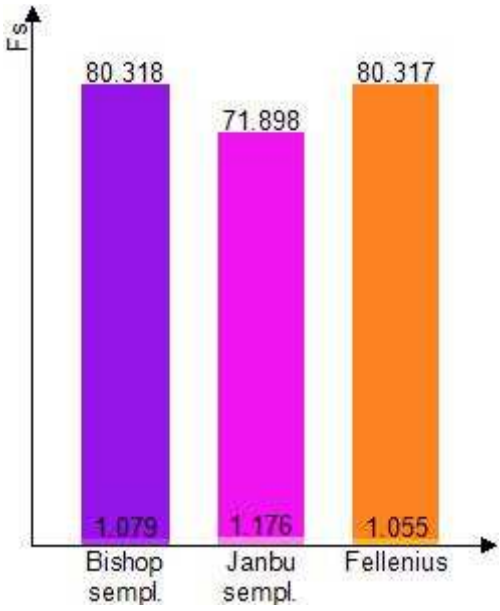


Figura 89. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

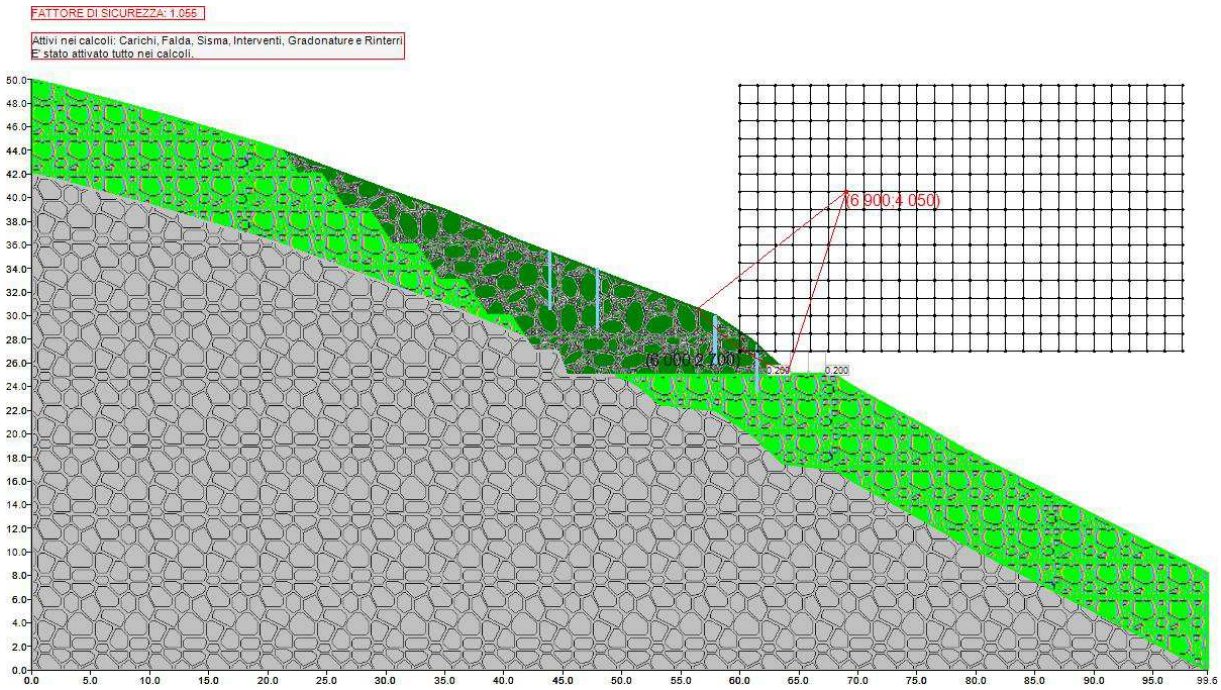


Figura 90. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

9.5.6. Calcolo della resistenza della palificata.

Le palificate sono piuttosto utilizzate negli interventi di stabilizzazione dei versanti. I pali che intersecano le potenziali superfici di scorrimento, danno un contributo alle azioni resistenti esercitando una forza orizzontale, e permettono di aumentare il valore del fattore di sicurezza. Per calcolare questo contributo è stato utilizzato il metodo di Ito e Matsui (1981), che ipotizzano pali sottoposti a carichi noti ed assimilabili a travi su suolo elastico al di sopra delle superfici di scivolamento. Le sollecitazioni esercitate dal terreno sono contenute dall'azione esercitata dai pali e valutate in base alle dimensioni degli stessi, al loro interasse ed alle caratteristiche del terreno che si trova a monte. Con questo metodo possono essere inserite diverse file di pali, supponendo che non vi sia interazione tra essi. Viene calcolata la funzione della distribuzione della forza, variabile con la profondità, che agisce sulla palificata.

La resistenza massima ricavata per la palificata numero 1 è pari a: 259 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 16 e della superficie numero 11.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :8.00 m.
La resistenza massima ricavata per la palificata numero 2 è pari a: 258 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 218 e della superficie numero 16.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :7.98 m.
La resistenza massima ricavata per la palificata numero 3 è pari a: 258 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 218 e della superficie numero 16.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :7.98 m.
La resistenza massima ricavata per la palificata numero 4 è pari a: 258 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 109 e della superficie numero 9.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :7.98 m.

10.Verifiche di stabilità - Sezione A*/100

La sezione A100 è ubicata all'interno del tratto di viabilità dei collegamento tra gli aerogeneratori nr. 1 e nr. 2. Nelle figure sottostanti sono riportate le sezioni trasversali in condizioni attuali, di cantiere e di esercizio.

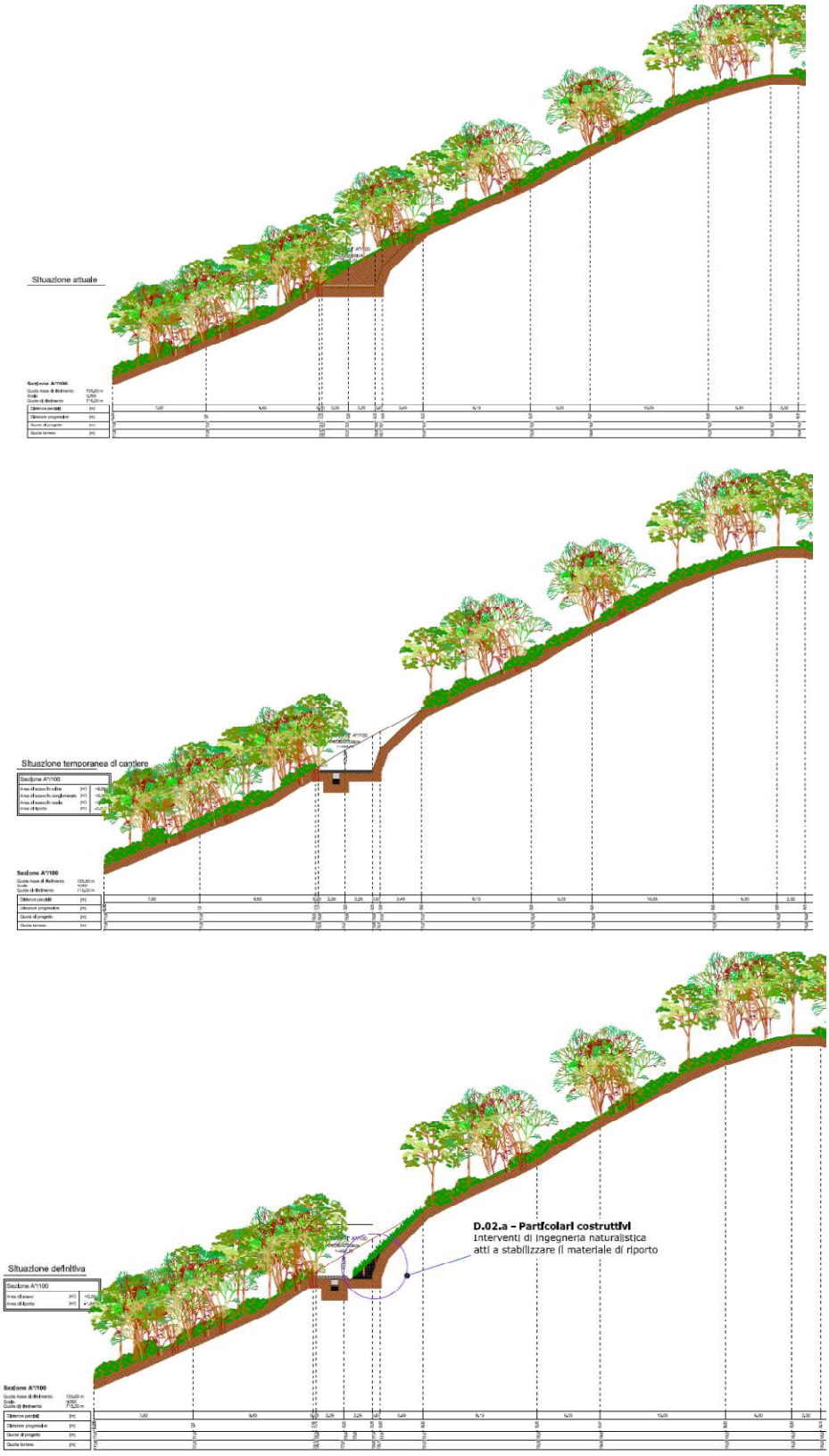


Figura 91. Sezione A*/100. Stato attuale – cantiere – condizioni di esercizio

10.1. Condizioni attuali

Stratigrafia.

- Strato nr. 1. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

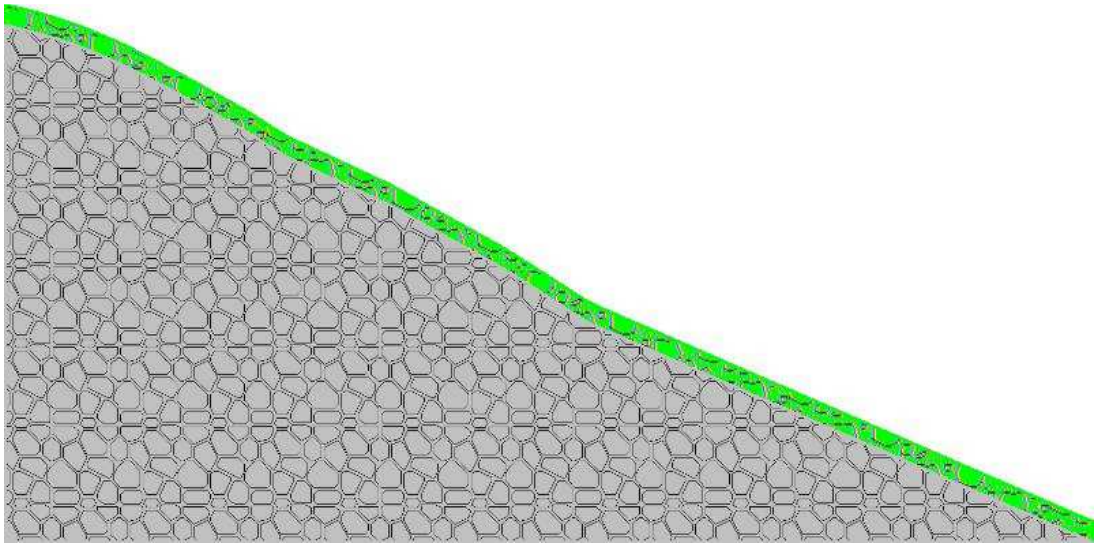


Figura 92. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In tale condizione non sono previsti carichi esterni (variabili o permanenti).

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(3500,2500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 1308. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

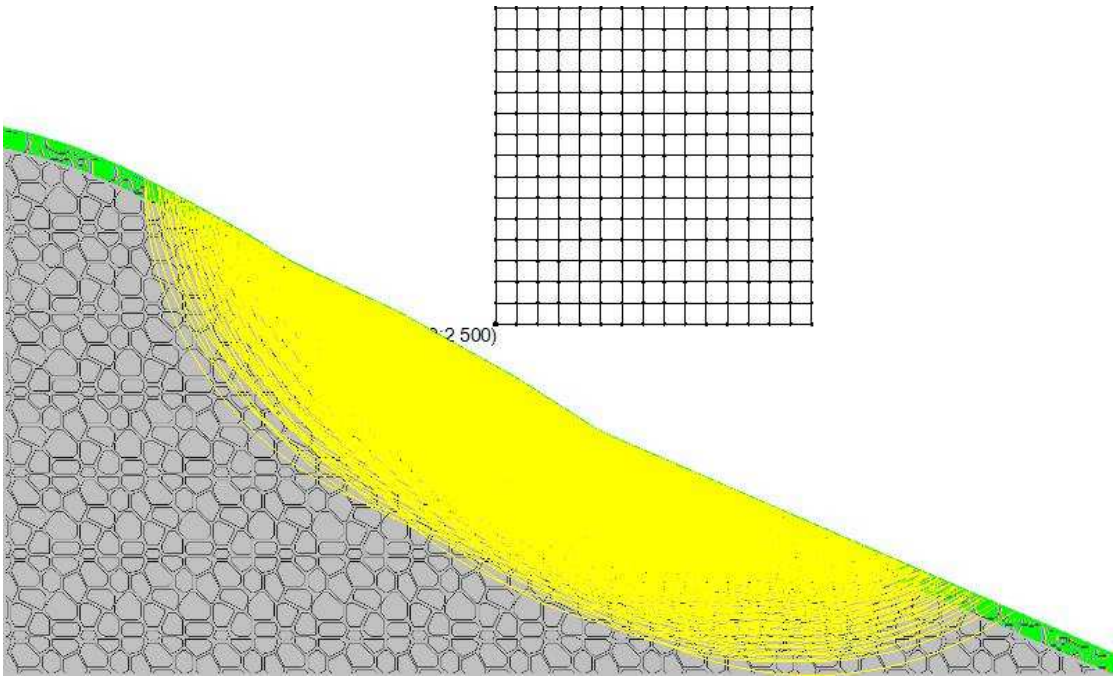


Figura 93. Superfici di rottura e maglia centri

10.1.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi.
Il fattore di sicurezza critico è 1.867, si ha in corrispondenza del centro numero 75 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4100,4000). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

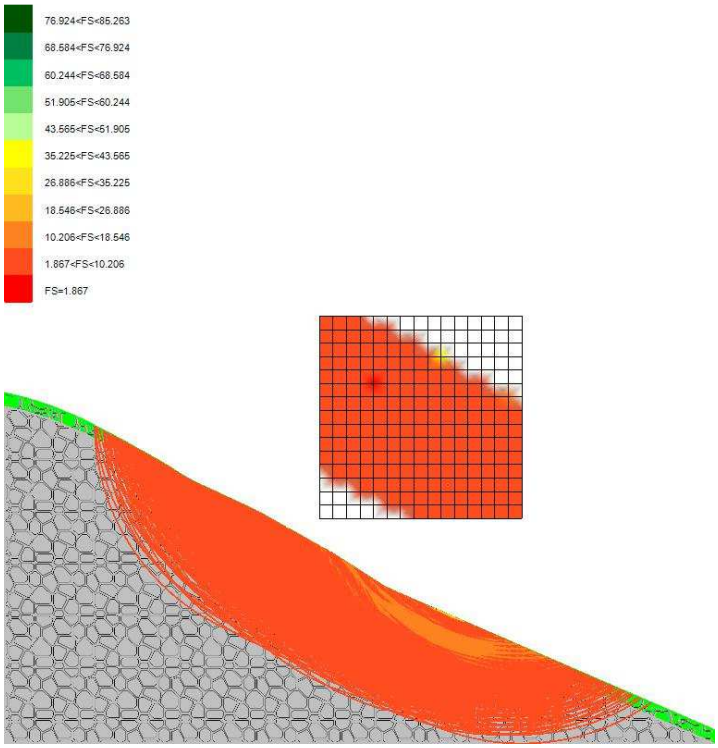


Figura 94. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

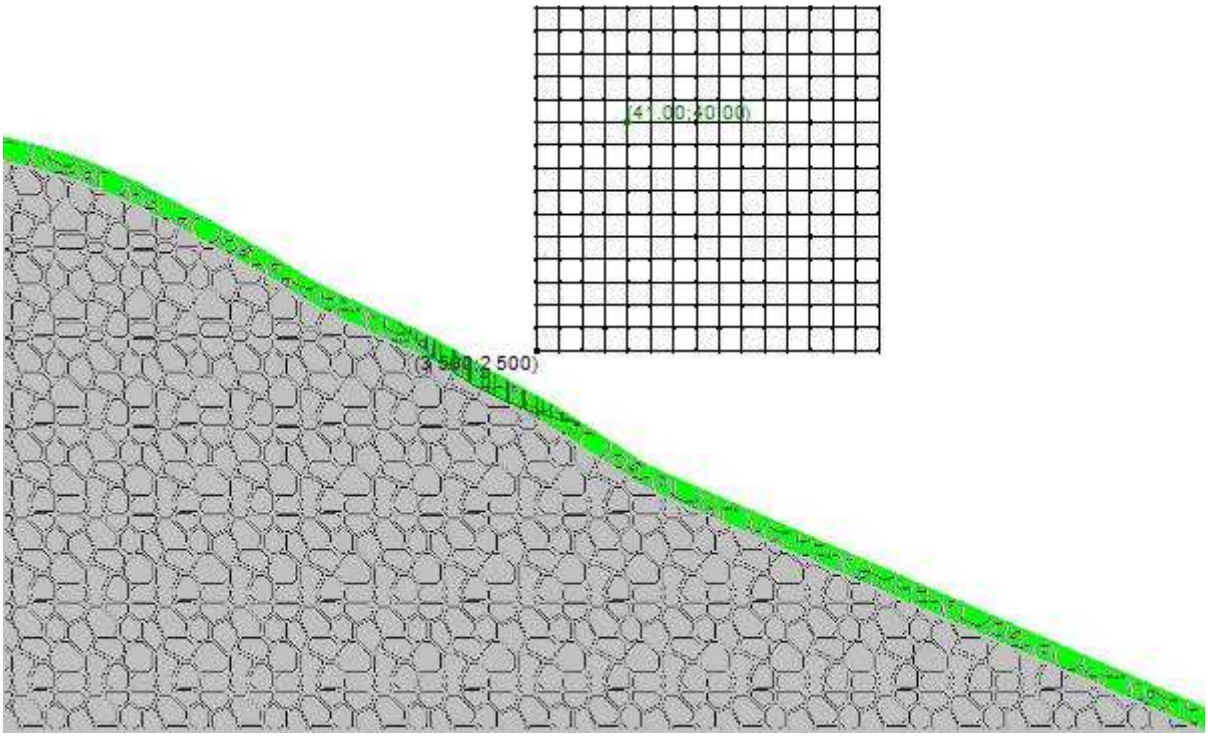


Figura 95. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	79	47	356	243	261	0.1	30	0	0	0	0
2	40	45	433	308	304	0.1	30	0	0	0	0
3	68	42	1069	788	722	0.1	30	0	0	0	0
4	51	40	1010	772	652	0.1	30	0	0	0	0
5	40	39	902	706	562	0.1	30	0	0	0	0
6	78	36	1914	1541	1135	0.1	30	0	0	0	0
7	11	35	277	228	158	0.1	30	0	0	0	0
8	89	33	2373	1987	1296	0.1	30	0	0	0	0
9	19	31	530	453	275	0.1	30	0	0	0	0
10	70	30	1941	1684	964	0.1	30	0	0	0	0
11	49	28	1347	1191	629	0.1	30	0	0	0	0
12	42	26	1152	1032	512	0.1	30	0	0	0	0
13	77	25	2023	1841	839	0.1	30	0	0	0	0
14	13	23	332	305	130	0.1	30	0	0	0	0
15	90	22	2164	2013	793	0.1	30	0	0	0	0
16	16	20	349	328	119	0.1	30	0	0	0	0
17	75	19	1535	1455	488	0.1	30	0	0	0	0
18	44	17	794	760	229	0.1	30	0	0	0	0
19	46	15	725	699	193	0.1	30	0	0	0	0
20	73	14	887	862	209	0.1	30	0	0	0	0
21	12	12	111	108	24	0.1	30	0	0	0	0
22	78	11	451	443	87	0.1	30	0	0	0	0
23	29	10	37	36	6	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 54. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
75	2	41.0	40.0	20	1.867
212	1	54.5	29.5	16	85.263

Tabella 55. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

10.1.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi.
Il fattore di sicurezza critico è 1.888, si ha in corrispondenza del centro numero 75 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4100,4000). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

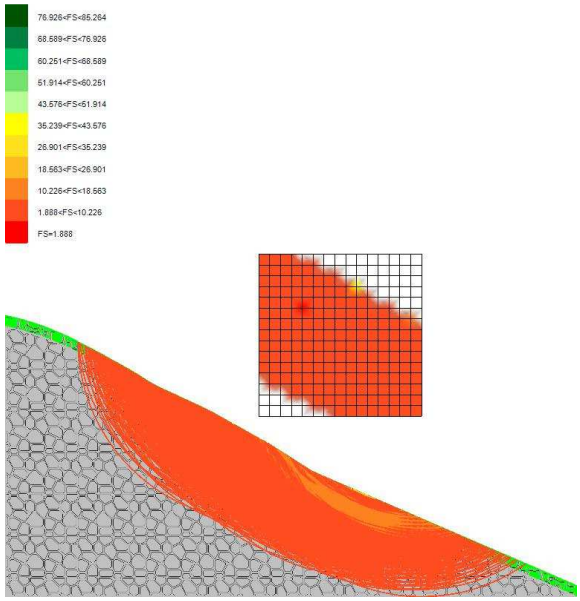


Figura 96. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

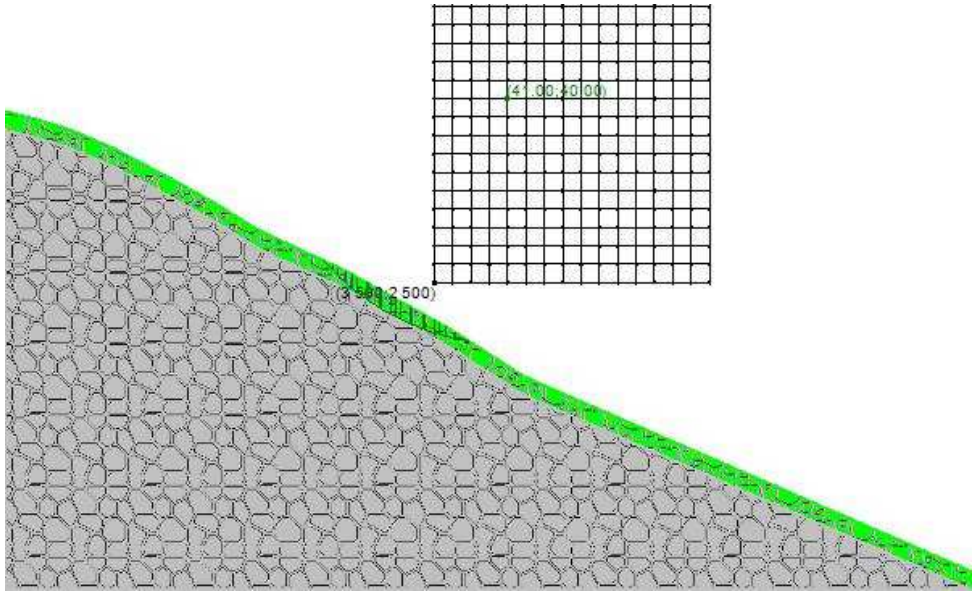


Figura 97. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	79	47	356	-109	588	0.1	30	0	0	0	0
2	40	45	433	256	357	0.1	30	0	0	0	0
3	68	42	1069	819	689	0.1	30	0	0	0	0
4	51	40	1010	850	559	0.1	30	0	0	0	0
5	40	39	902	783	465	0.1	30	0	0	0	0
6	78	36	1914	1693	928	0.1	30	0	0	0	0
7	11	35	277	247	130	0.1	30	0	0	0	0
8	89	33	2373	2128	1081	0.1	30	0	0	0	0
9	19	31	530	477	236	0.1	30	0	0	0	0
10	70	30	1941	1747	854	0.1	30	0	0	0	0
11	49	28	1347	1213	588	0.1	30	0	0	0	0
12	42	26	1152	1037	502	0.1	30	0	0	0	0
13	77	25	2023	1817	890	0.1	30	0	0	0	0
14	13	23	332	298	148	0.1	30	0	0	0	0
15	90	22	2164	1937	986	0.1	30	0	0	0	0
16	16	20	349	311	164	0.1	30	0	0	0	0

17	75	19	1535	1367	751	0.1	30	0	0	0	0
18	44	17	794	704	416	0.1	30	0	0	0	0
19	46	15	725	640	409	0.1	30	0	0	0	0
20	73	14	887	771	584	0.1	30	0	0	0	0
21	12	12	111	95	87	0.1	30	0	0	0	0
22	78	11	451	360	508	0.1	30	0	0	0	0
23	29	10	37	11	158	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 56. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
75	2	41.0	40.0	20	1.888
212	1	54.5	29.5	16	85.264

Tabella 57. Fattori di sicurezza minimi e massimi

10.1.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi.

Il fattore di sicurezza critico è 1.896, si ha in corrispondenza del centro numero 136 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4700,3550). Il raggio della superficie critica è pari a 1900 cm.

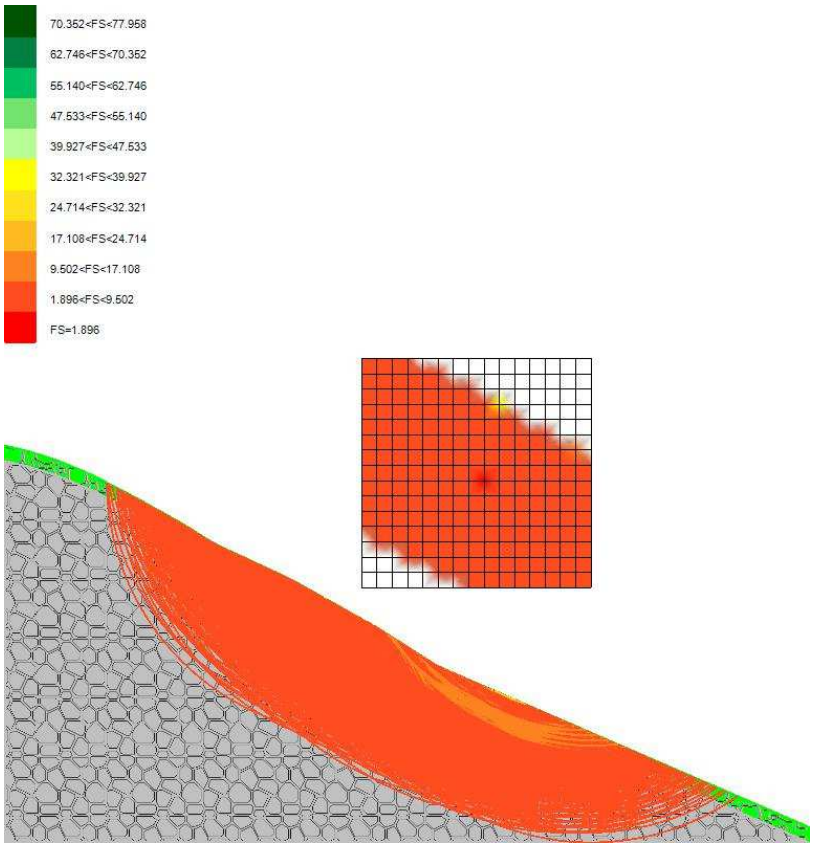


Figura 98. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

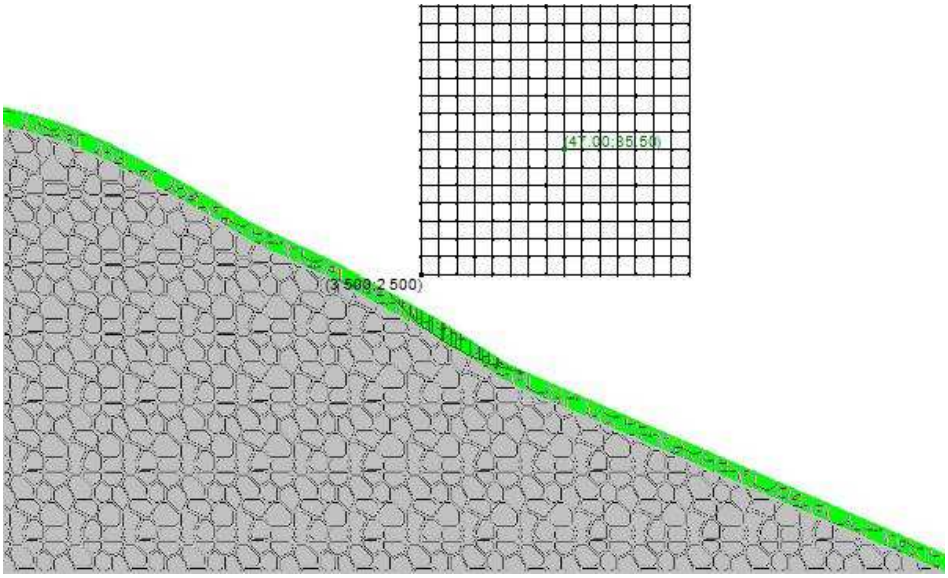


Figura 99. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	1	51	0	-5	4	0.1	24.79	0	-177	0	0
2	90	49	435	-118	685	0.1	24.79	177	-362	0	0
3	23	46	244	137	207	0.1	24.79	362	-369	0	0
4	67	44	959	694	662	0.1	24.79	369	-383	0	0
5	46	42	840	687	492	0.1	24.79	383	-347	0	0
6	44	40	925	791	497	0.1	24.79	347	-181	0	0
7	69	38	1617	1421	805	0.1	24.79	181	-61	0	0
8	21	36	536	478	255	0.1	24.79	61	-120	0	0
9	84	34	2217	1985	1022	0.1	24.79	120	-289	0	0
10	7	32	199	179	90	0.1	24.79	289	-411	0	0
11	70	31	1880	1685	845	0.1	24.79	411	-572	0	0
12	43	29	1110	993	499	0.1	24.79	572	-625	0	0
13	35	28	898	801	406	0.1	24.79	625	-714	0	0
14	78	26	1862	1652	860	0.1	24.79	714	-720	0	0
15	78	23	1655	1456	803	0.1	24.79	720	-684	0	0
16	35	21	652	569	335	0.1	24.79	684	-684	0	0
17	44	20	739	640	401	0.1	24.79	684	-523	0	0
18	70	18	962	820	586	0.1	24.79	523	-492	0	0
19	8	17	97	81	66	0.1	24.79	492	-263	0	0
20	80	16	703	567	577	0.1	24.79	263	-176	0	0
21	25	14	140	105	159	0.1	24.79	176	-57	0	0
22	82	12	272	171	484	0.1	24.79	57	-198	0	0
23	31	11	22	-9	165	0.1	24.79	198	-760	0	0

Tabella 58. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
212	1	54.5	29.5	16	77.958
136	2	47.0	35.5	19	1.896

Tabella 59. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

10.1.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

Le figure sottostanti evidenziano che le condizioni di sicurezza allo stato attuale risultano verificate

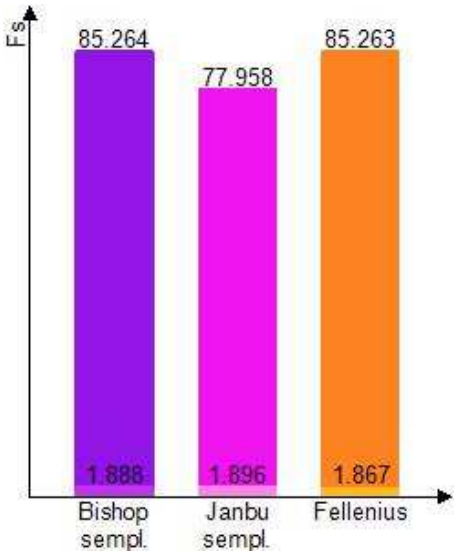


Figura 100. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

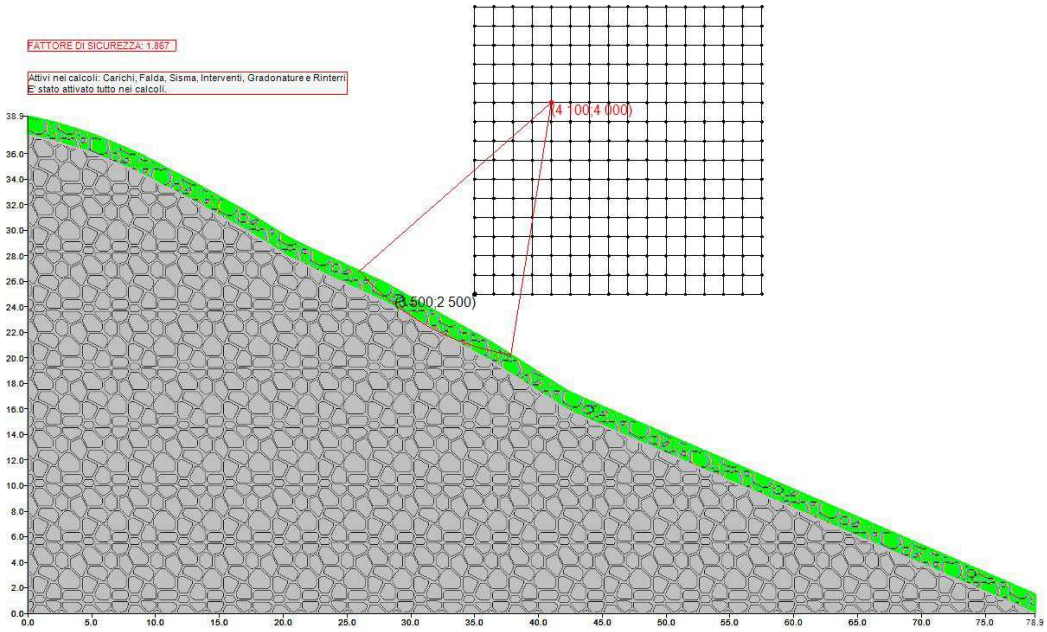


Figura 101. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

10.2. Cantiere

Stratigrafia.

- Strato nr. 1. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

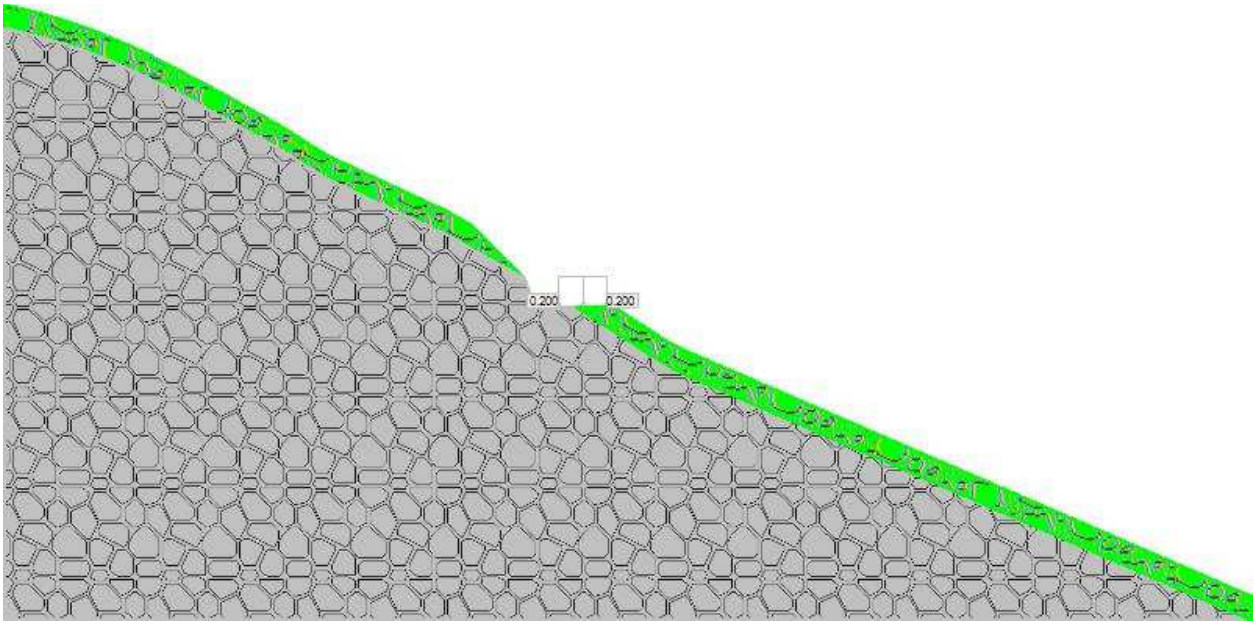


Figura 102. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale pari a 0.2 daN/cm^2 generato da un mezzo semovente a pieno carico e agente sul piano stradale, per una larghezza di 3 m. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 3508 cm ed ordinata pari a 1976 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 3808 cm ed ordinata pari a 1976 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(3500,2500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 1283. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

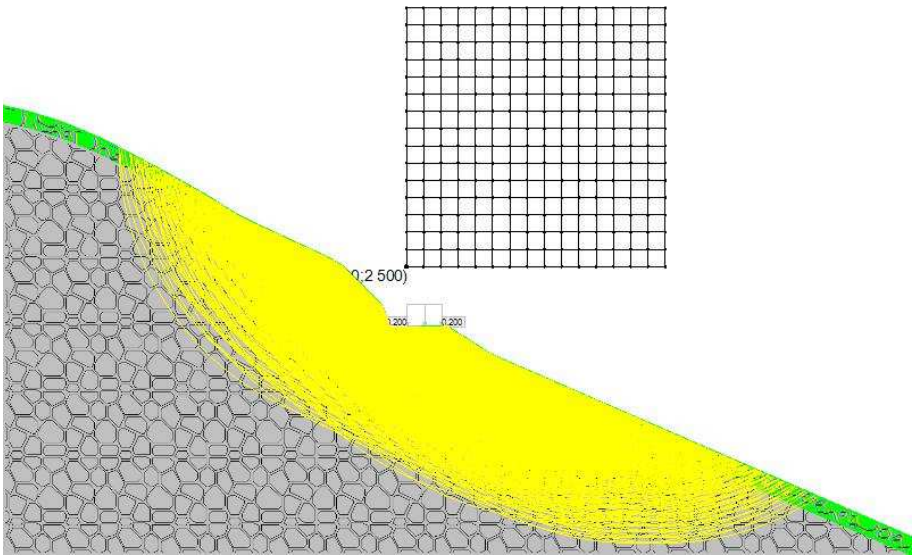


Figura 103. Superfici di rottura e maglia centri

10.2.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.747, si ha in corrispondenza del centro numero 75 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4100,4000). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

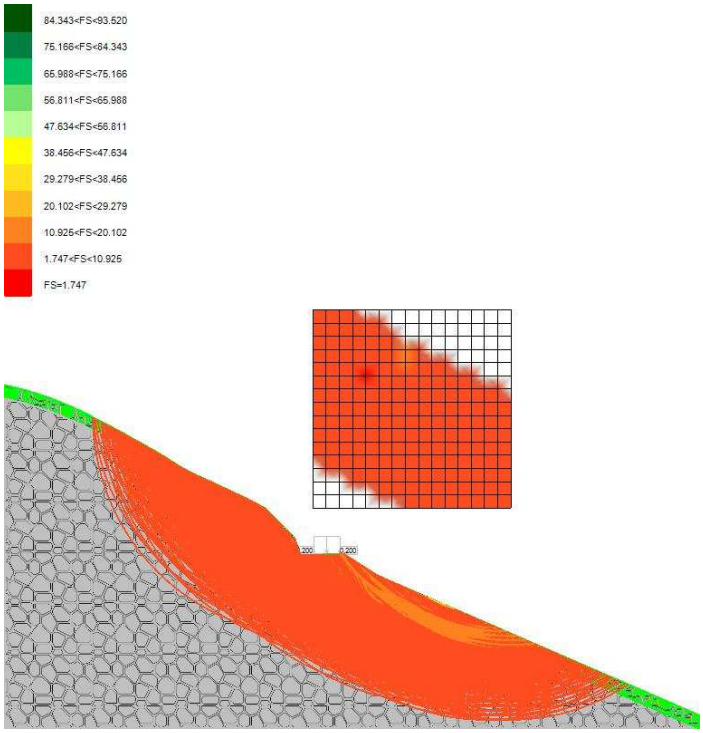


Figura 104. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

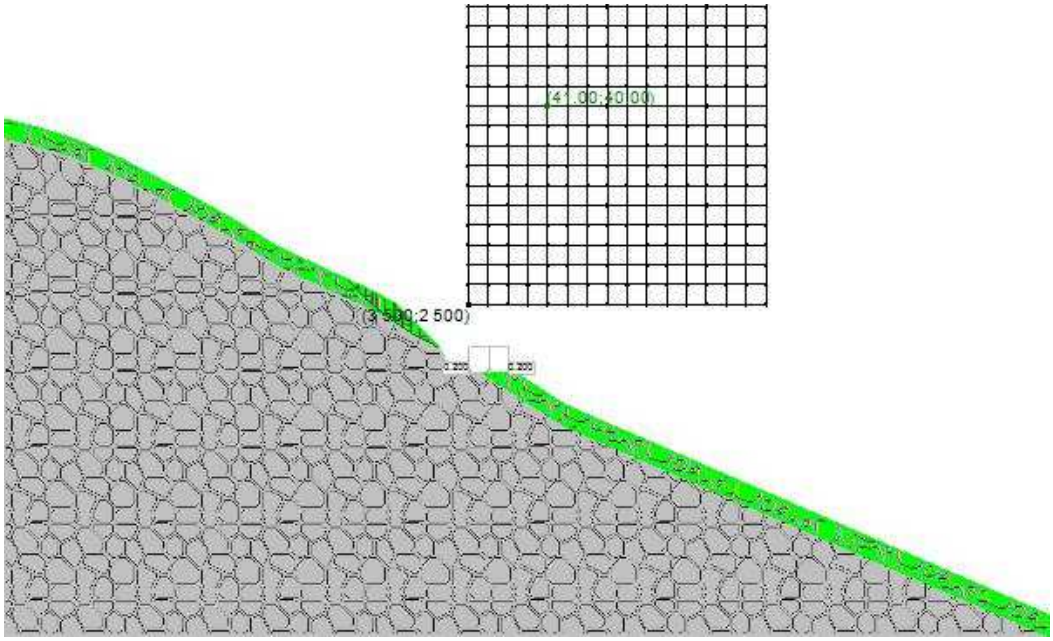


Figura 105. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	68	47	264	179	194	0.1	30	0	0	0	0
2	11	46	96	67	69	0.1	30	0	0	0	0
3	56	44	656	470	458	0.1	30	0	0	0	0
4	51	42	847	628	568	0.1	30	0	0	0	0
5	16	41	308	233	201	0.1	30	0	0	0	0

6	68	39	1434	1110	908	0.1	30	0	0	0	0
7	7	38	169	133	104	0.1	30	0	0	0	0
8	60	37	1462	1172	874	0.1	30	0	0	0	0
9	16	35	411	335	238	0.1	30	0	0	0	0
10	51	34	1245	1030	699	0.1	30	0	0	0	0
11	68	32	1371	1161	729	0.1	30	0	0	0	0
12	68	30	1032	895	514	0.1	30	0	0	0	0
13	68	28	648	574	301	0.1	30	0	0	0	0
14	68	25	223	201	96	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 60. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
75	2	41.0	40.0	20	1.747
181	5	51.5	31.0	21	93.520

Tabella 61. Fattori di sicurezza massimi e minimi

10.2.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.751, si ha in corrispondenza del centro numero 75 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4100,4000). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

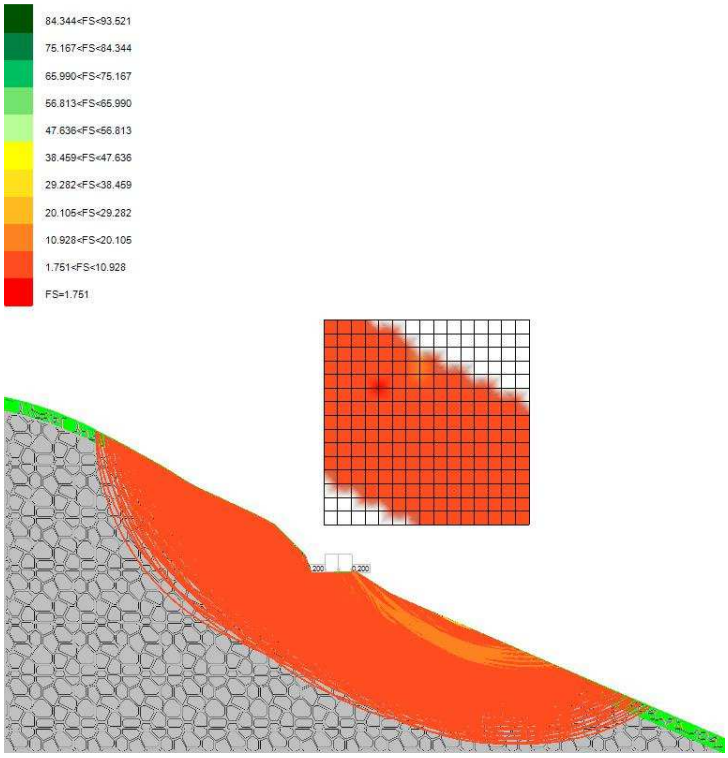


Figura 106. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

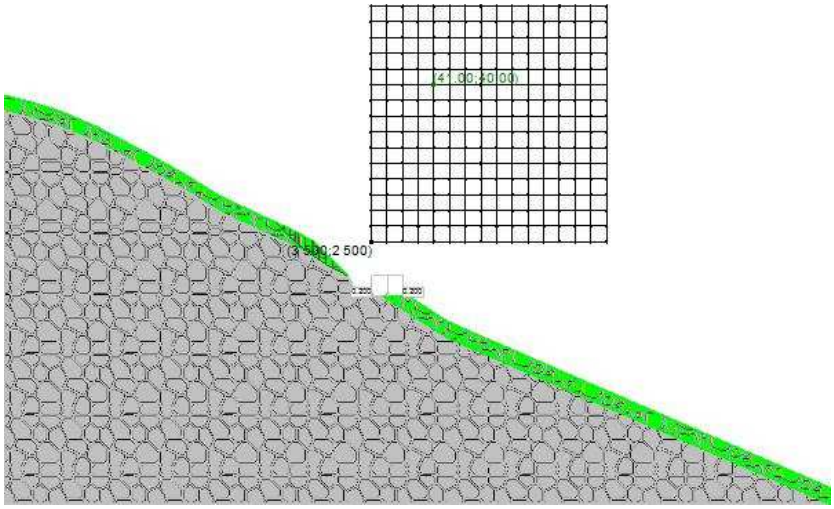


Figura 107. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	68	47	264	-176	523	0.1	30	0	0	0	0
2	11	46	96	33	102	0.1	30	0	0	0	0
3	56	44	656	381	549	0.1	30	0	0	0	0
4	51	42	847	632	563	0.1	30	0	0	0	0
5	16	41	308	246	187	0.1	30	0	0	0	0
6	68	39	1434	1188	812	0.1	30	0	0	0	0
7	7	38	169	143	91	0.1	30	0	0	0	0
8	60	37	1462	1256	761	0.1	30	0	0	0	0
9	16	35	411	357	207	0.1	30	0	0	0	0
10	51	34	1245	1071	638	0.1	30	0	0	0	0
11	68	32	1371	1144	758	0.1	30	0	0	0	0
12	68	30	1032	811	659	0.1	30	0	0	0	0
13	68	28	648	442	553	0.1	30	0	0	0	0
14	68	25	223	38	438	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 62. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
75	2	41.0	40.0	20	1.751
181	5	51.5	31.0	21	93.521

Tabella 63. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

10.2.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.785, si ha in corrispondenza del centro numero 75 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4100,4000). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

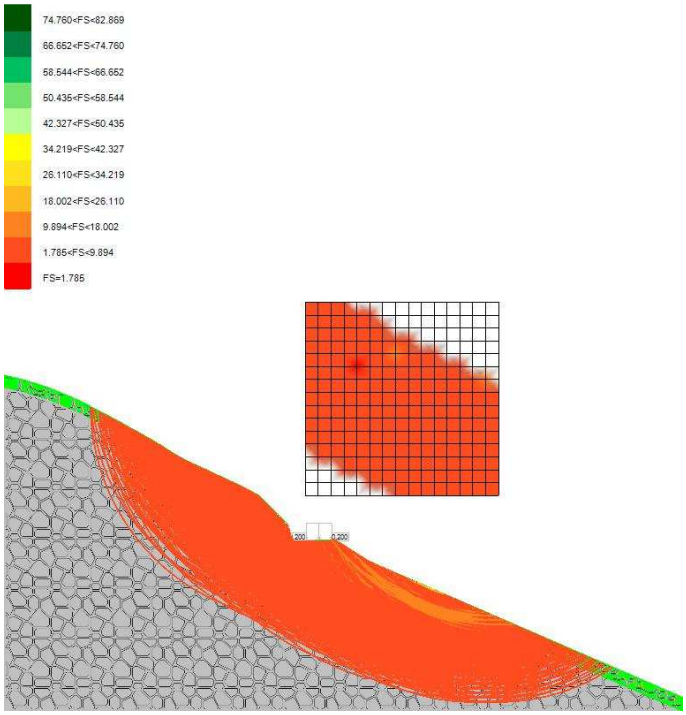


Figura 108. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

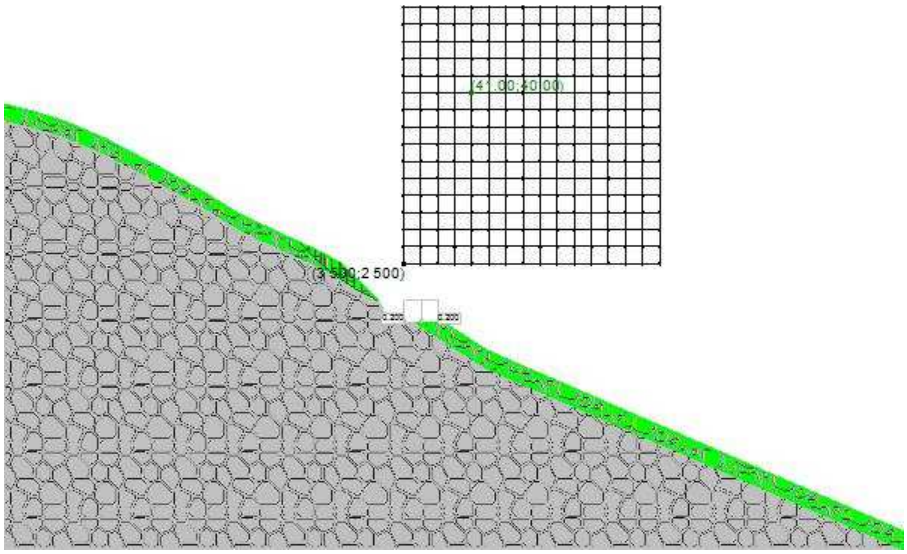


Figura 109. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	68	47	264	-168	515	0.1	24.79	0	-177	0	0
2	11	46	96	35	101	0.1	24.79	177	-362	0	0
3	56	44	656	390	540	0.1	24.79	362	-369	0	0
4	51	42	847	640	554	0.1	24.79	369	-383	0	0
5	16	41	308	248	184	0.1	24.79	383	-347	0	0
6	68	39	1434	1199	799	0.1	24.79	347	-181	0	0
7	7	38	169	144	89	0.1	24.79	181	-61	0	0
8	60	37	1462	1266	749	0.1	24.79	61	-120	0	0
9	16	35	411	359	203	0.1	24.79	120	-289	0	0
10	51	34	1245	1078	628	0.1	24.79	289	-411	0	0
11	68	32	1371	1152	745	0.1	24.79	411	-572	0	0
12	68	30	1032	818	648	0.1	24.79	572	-625	0	0
13	68	28	648	447	543	0.1	24.79	625	-714	0	0
14	68	25	223	42	430	0.1	24.79	714	-720	0	0

Tabella 64. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
75	2	41.0	40.0	20	1.785
105	1	44.0	37.0	18	82.869

Tabella 65. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

10.2.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

La figura sottostante evidenzia il confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti con i tre metodi di calcoli. Il fattore minimo è pari a 1.747 e permette di concludere che, in condizioni di cantiere, la stabilità del versante è verificata.

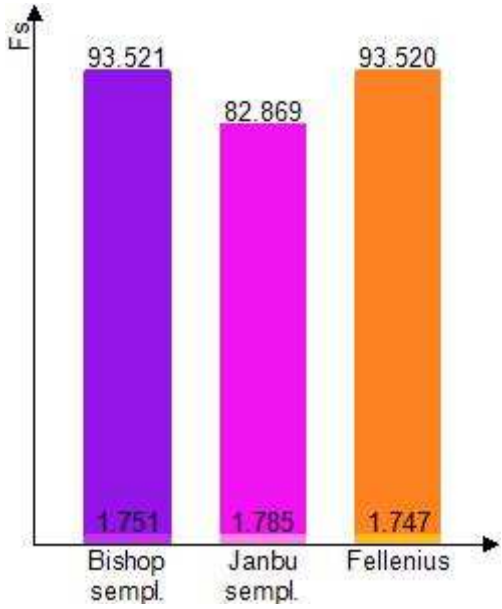


Figura 110. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

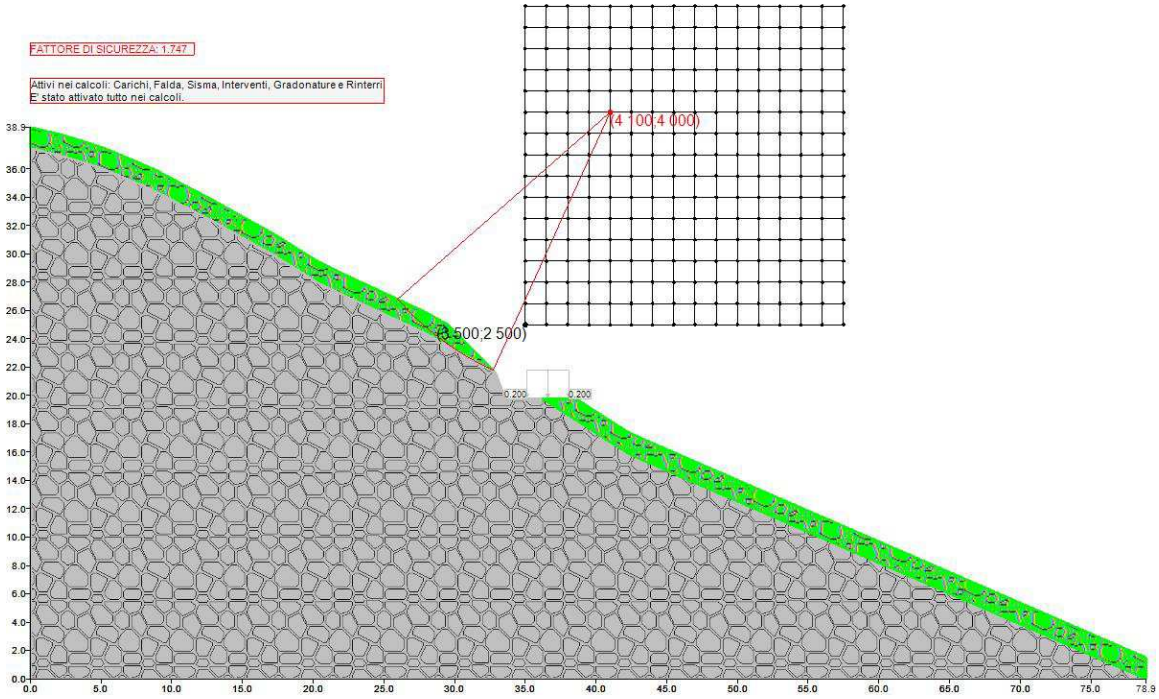


Figura 111. Sezione critica e fattore di sicurezza minimo

10.3. Condizioni di esercizio – assenza di interventi

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 1b. **coltre sciolta ricavata da terreni di scavo**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Al termine delle operazioni di installazione degli aerogeneratori è previsto il ricoprimento delle scarpate in scavo con materiale di riporto ricavato dagli scavi (Strato nr. 1b).

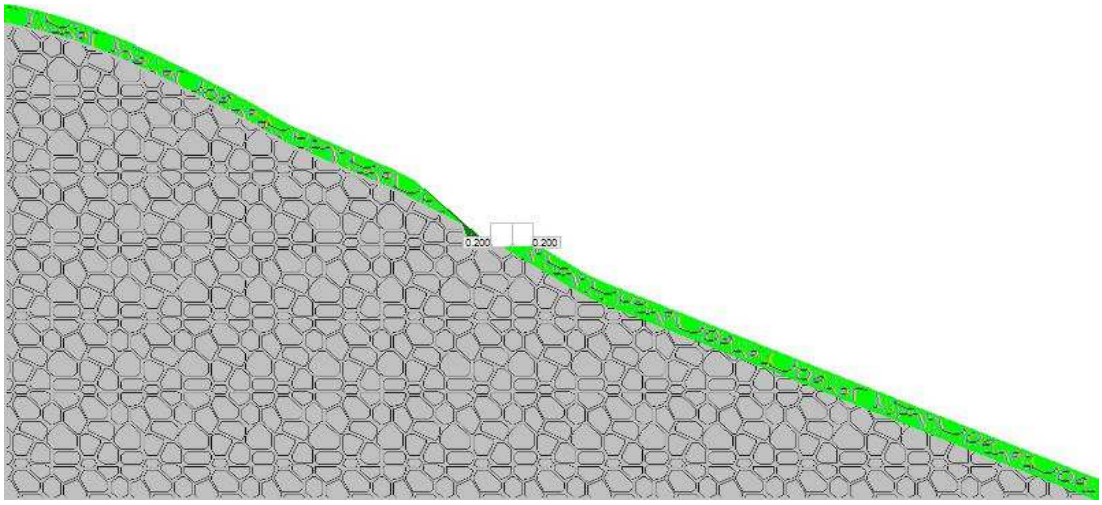


Figura 112. Rappresentazione del pendio.

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale pari a 0.2 daN/cm^2 generato da un mezzo semovente a pieno carico e agente sul piano stradale, per una larghezza di 3 m. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 3508 cm ed ordinata pari a 1976 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 3808 cm ed ordinata pari a 1976 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(3500,2500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 1292. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

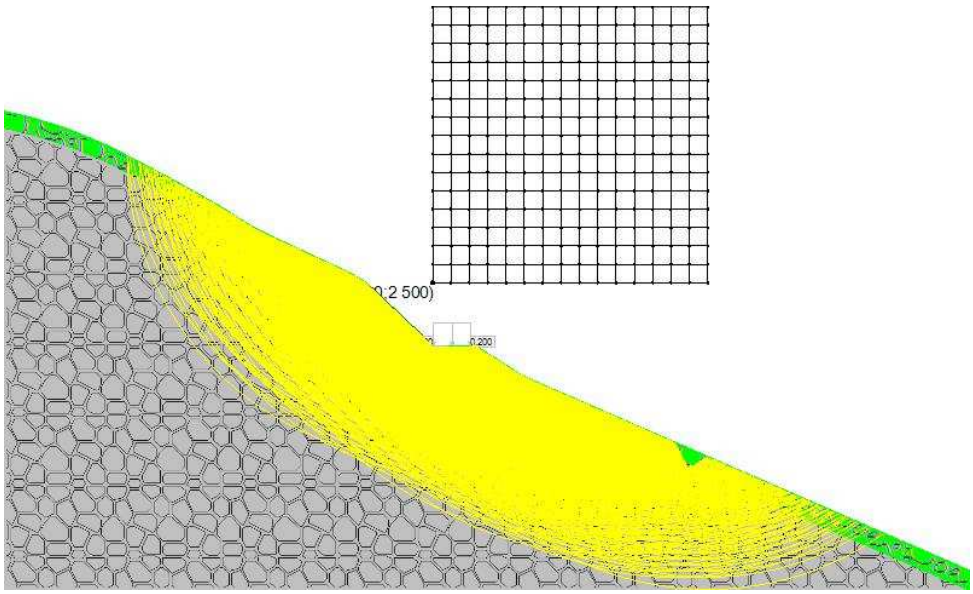


Figura 113. Superfici di rottura e maglia centri

10.3.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi.

Il fattore di sicurezza critico è 1.714, si ha in corrispondenza del centro numero 75 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4100,4000). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

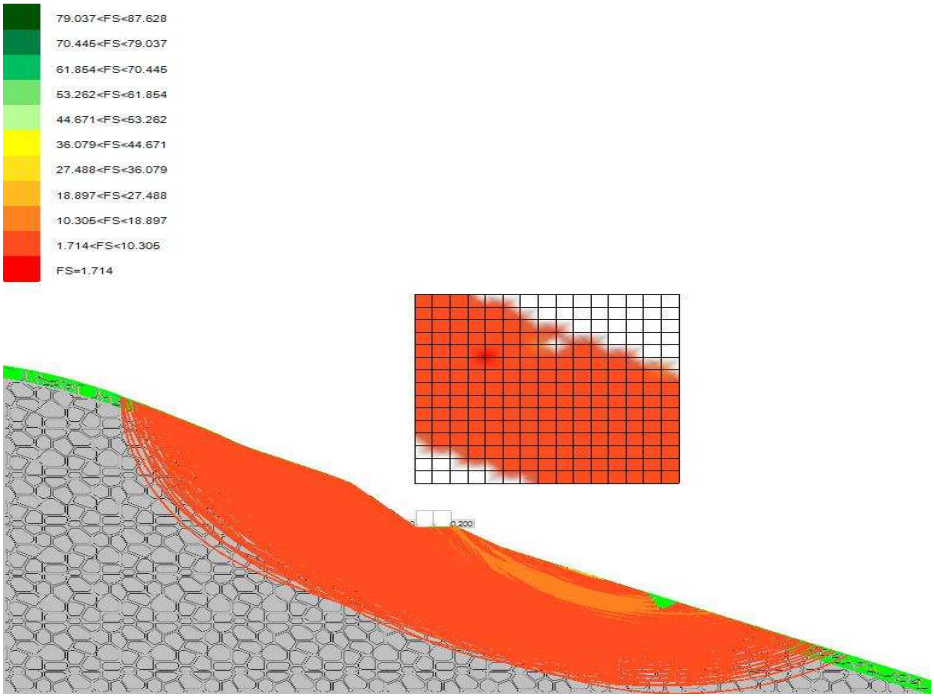


Figura 114. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

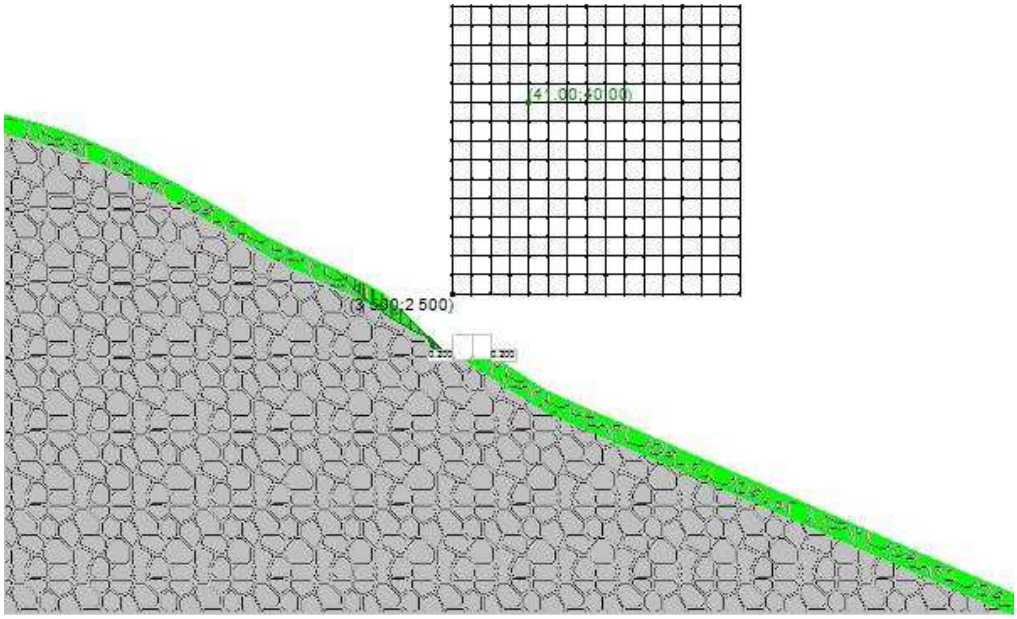


Figura 115. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	71	47	293	199	215	0.1	30	0	0	0	0
2	8	46	66	46	47	0.1	30	0	0	0	0
3	64	44	765	549	533	0.1	30	0	0	0	0
4	44	42	737	547	493	0.1	30	0	0	0	0
5	27	41	532	404	347	0.1	30	0	0	0	0
6	64	39	1379	1073	867	0.1	30	0	0	0	0
7	8	38	182	144	111	0.1	30	0	0	0	0
8	69	36	1689	1362	999	0.1	30	0	0	0	0
9	3	35	71	58	41	0.1	30	0	0	0	0
10	71	34	1697	1411	942	0.1	30	0	0	0	0
11	71	31	1408	1203	732	0.1	30	0	0	0	0
12	71	29	1066	933	516	0.1	30	0	0	0	0
13	71	27	673	601	301	0.1	30	0	0	0	0
14	34	25	168	153	71	0.1	30	0	0	0	0
15	38	24	66	61	27	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 66. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
75	2	41.0	40.0	20	1.714
105	1	44.0	37.0	18	87.628

Tabella 67. Fattori di sicurezza massimi e minimi

10.3.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.716, si ha in corrispondenza del centro numero 75 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4100,4000). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

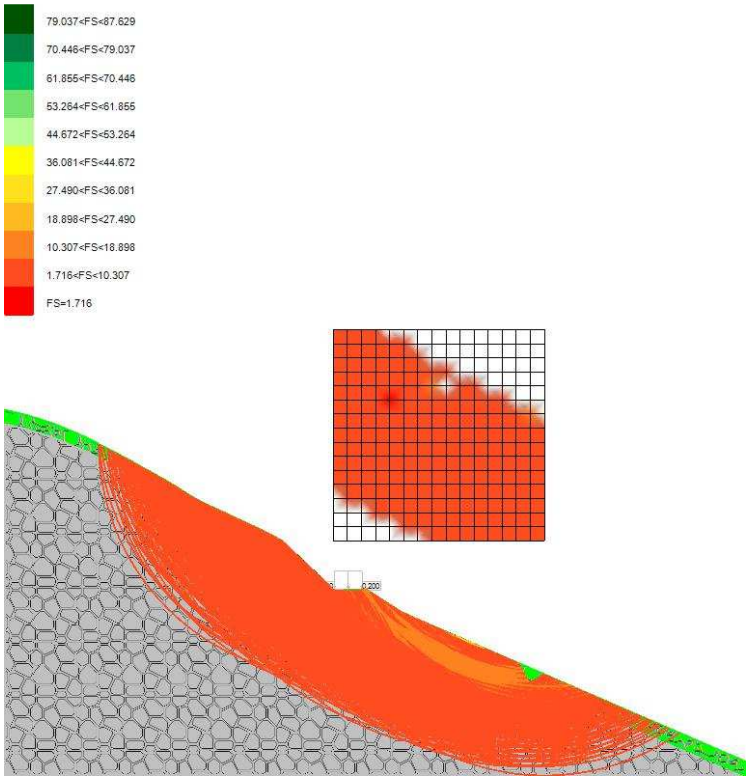


Figura 116. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

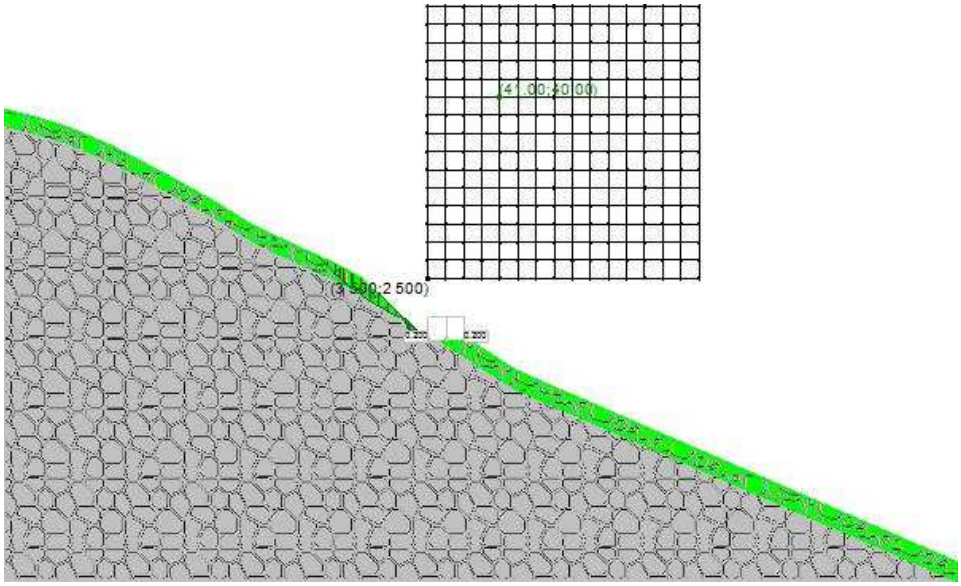


Figura 117. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	71	47	293	-178	564	0.1	30	0	0	0	0
2	8	46	66	23	70	0.1	30	0	0	0	0
3	64	44	765	447	638	0.1	30	0	0	0	0
4	44	42	737	548	492	0.1	30	0	0	0	0
5	27	41	532	423	325	0.1	30	0	0	0	0
6	64	39	1379	1140	783	0.1	30	0	0	0	0
7	8	38	182	154	99	0.1	30	0	0	0	0
8	69	36	1689	1446	885	0.1	30	0	0	0	0
9	3	35	71	61	36	0.1	30	0	0	0	0

10	71	34	1697	1446	890	0.1	30	0	0	0	0
11	71	31	1408	1162	800	0.1	30	0	0	0	0
12	71	29	1066	831	699	0.1	30	0	0	0	0
13	71	27	673	457	589	0.1	30	0	0	0	0
14	34	25	168	76	237	0.1	30	0	0	0	0
15	38	24	66	51	49	0.015	28	0	0	0	0

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
105	1	44.0	37.0	18	87.629
75	2	41.0	40.0	20	1.716

Tabella 68. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

10.3.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.762, si ha in corrispondenza del centro numero 75 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4100,4000). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

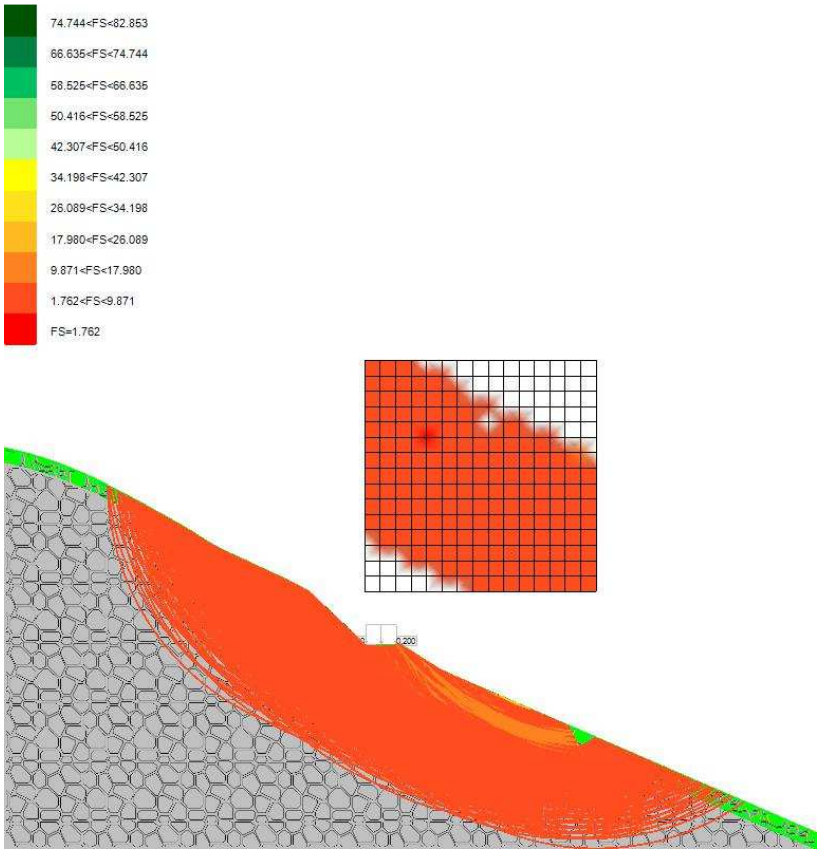


Figura 118. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

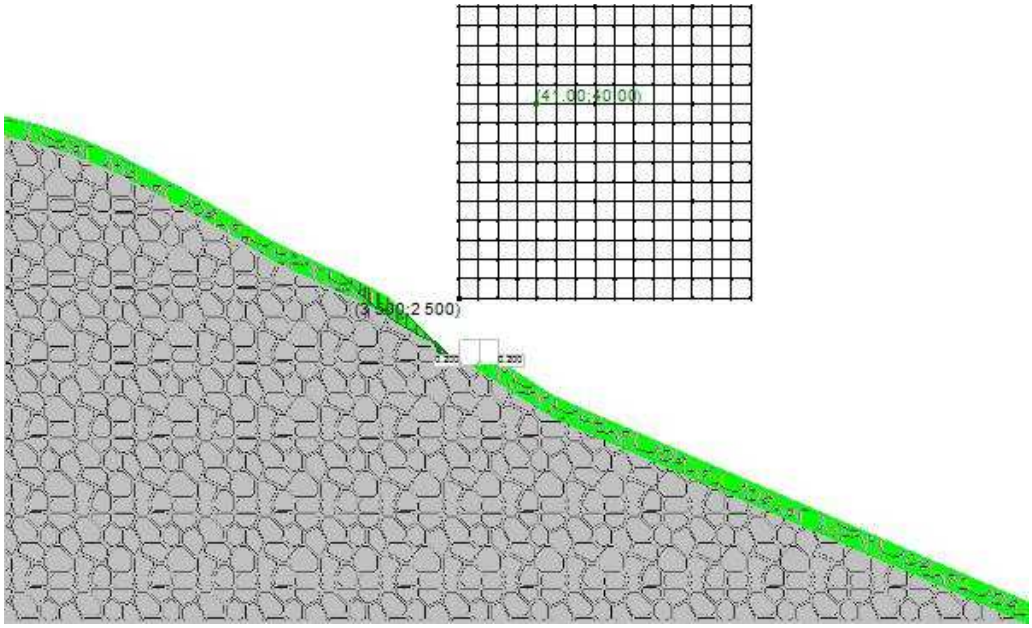


Figura 119. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	71	47	293	-166	553	0.1	24.79	0	-177	0	0
2	8	46	66	24	69	0.1	24.79	177	-362	0	0
3	64	44	765	460	624	0.1	24.79	362	-369	0	0
4	44	42	737	558	481	0.1	24.79	369	-383	0	0
5	27	41	532	429	318	0.1	24.79	383	-347	0	0
6	64	39	1379	1154	767	0.1	24.79	347	-181	0	0
7	8	38	182	155	97	0.1	24.79	181	-61	0	0
8	69	36	1689	1460	866	0.1	24.79	61	-120	0	0
9	3	35	71	62	35	0.1	24.79	120	-289	0	0
10	71	34	1697	1459	870	0.1	24.79	289	-411	0	0
11	71	31	1408	1173	782	0.1	24.79	411	-572	0	0
12	71	29	1066	840	683	0.1	24.79	572	-625	0	0
13	71	27	673	464	575	0.1	24.79	625	-714	0	0
14	34	25	168	78	231	0.1	24.79	714	-720	0	0
15	38	24	66	51	48	0.015	23.04	720	-684	0	0

Tabella 69. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
75	2	41.0	40.0	20	1.762
105	1	44.0	37.0	18	82.853

Tabella 70. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

10.3.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

I risultati delle verifiche permettono di concludere che la stabilità del versante in fase di esercizio è garantita.

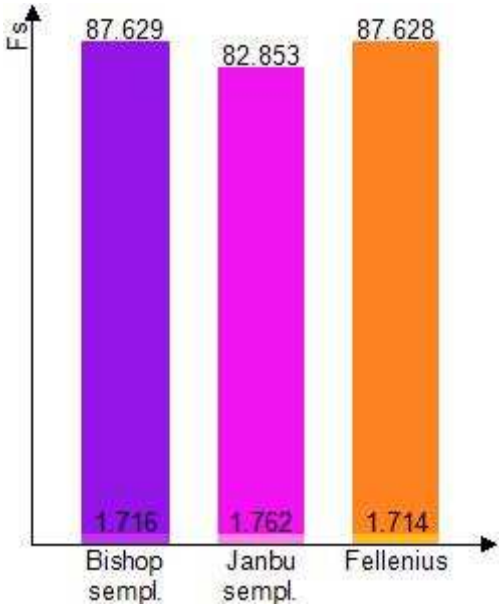


Figura 9.1: Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

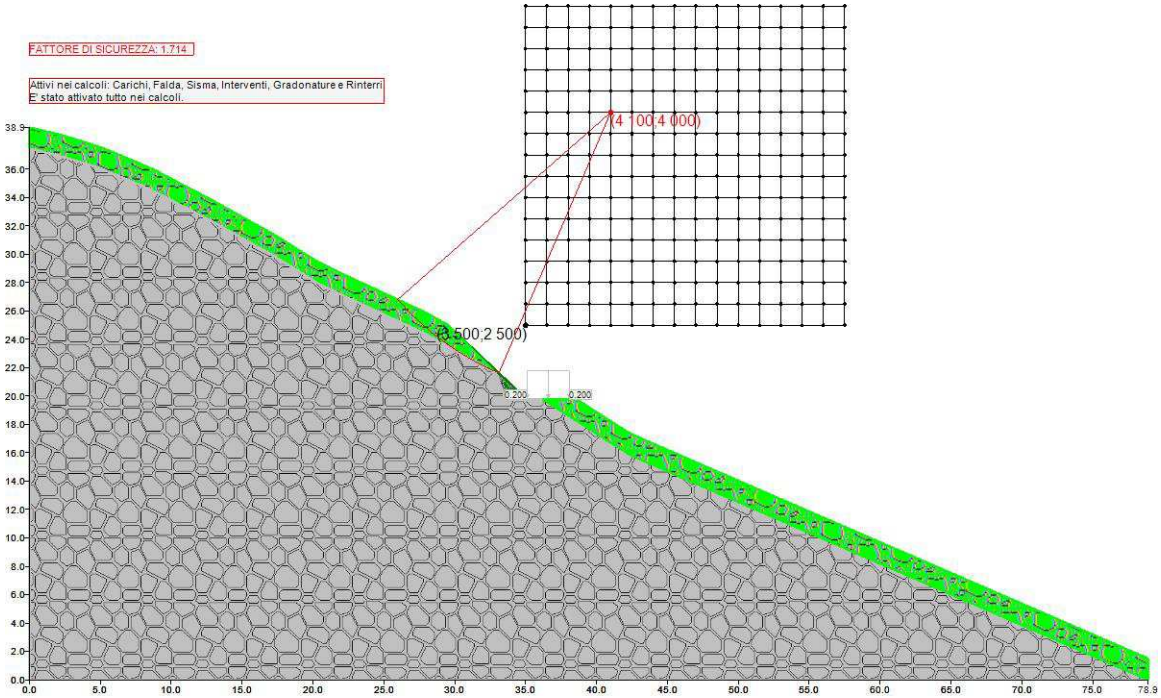


Figura 120. Sezione critica e fattore di sicurezza minimo

Nonostante le verifiche in condizioni di esercizio dell'impianto diano un esito positivo, si prevede l'inserimento di palificate semplici sul lato di monte dell'infrastruttura stradale aventi la funzione di sostegno locale del materiale di riporto, come indicato negli elaborati grafici e nella relazione descrittiva della viabilità in progetto. L'effettiva realizzazione di tali opere sarà comunque valutata in sede di progettazione esecutiva.

11.Verifiche di stabilità - Sezione P2/01

La sezione P201 riguarda la piazzola di installazione dell'aerogeneratore nr. 2. Nelle figura sottostanti sono riportate le sezioni nelle condizioni attuali, di cantiere e di esercizio.

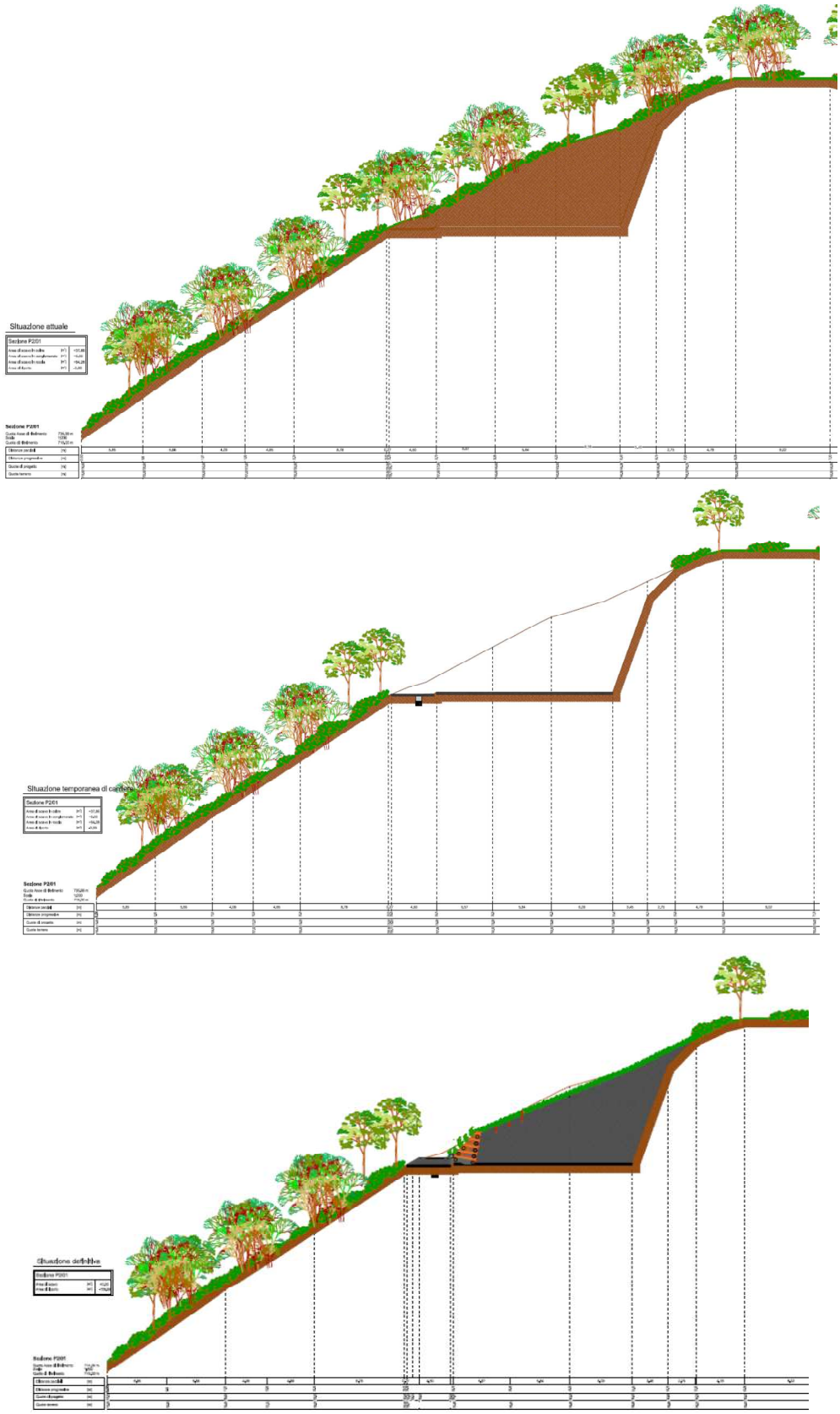


Figura 121. Sezione P2/01.stato attuale – cantiere – esercizio dell'impianto

11.1. Condizioni attuali

Stratigrafia.

- Strato nr. 1. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Carichi.

In tale condizione non sono previsti carichi esterni (variabili o permanenti).

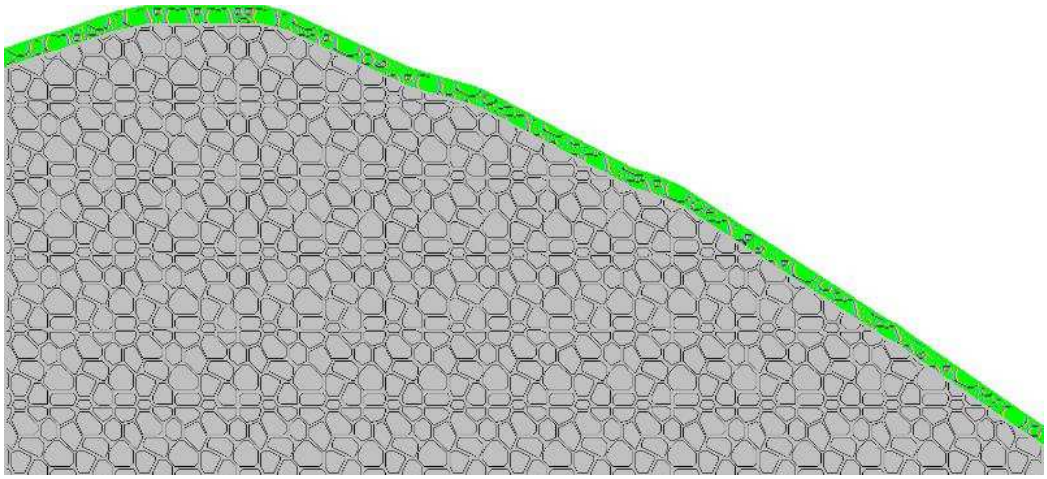


Figura 122. Rappresentazione del pendio.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(4500,3500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 231 ed il numero di superfici circolari generate è 1527. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

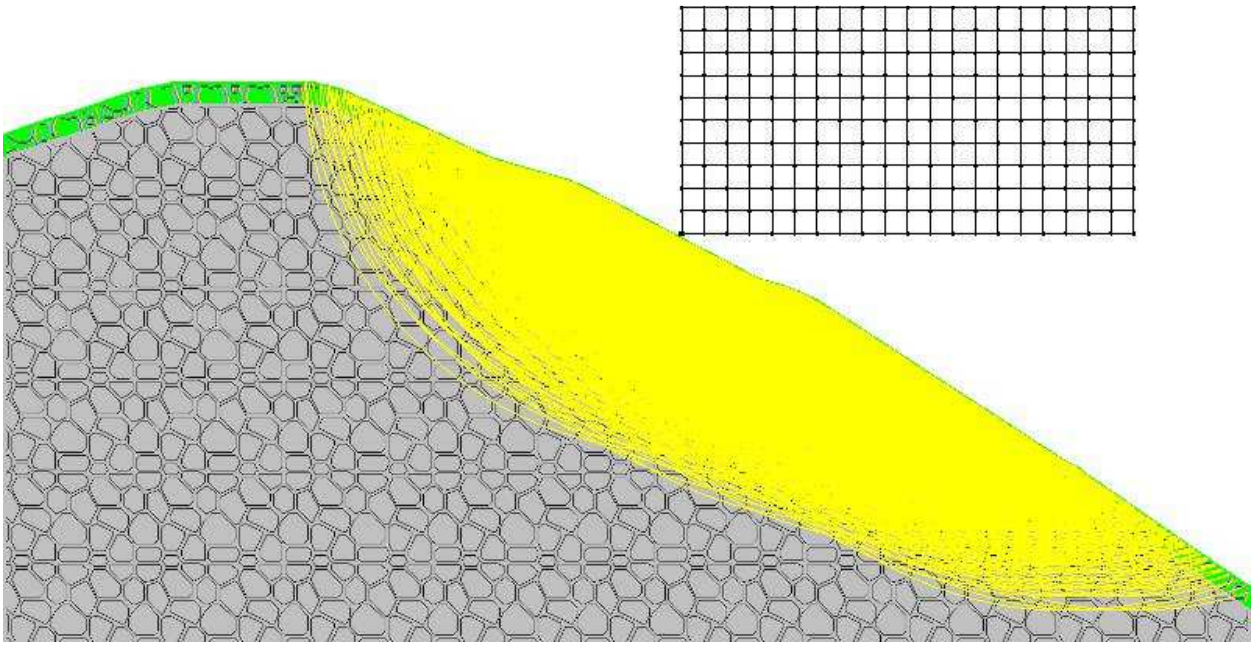


Figura 123. Superfici di rottura e maglia centri

11.1.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi.

Il fattore di sicurezza critico è 1.690, si ha in corrispondenza del centro numero 227 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7500,4400). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

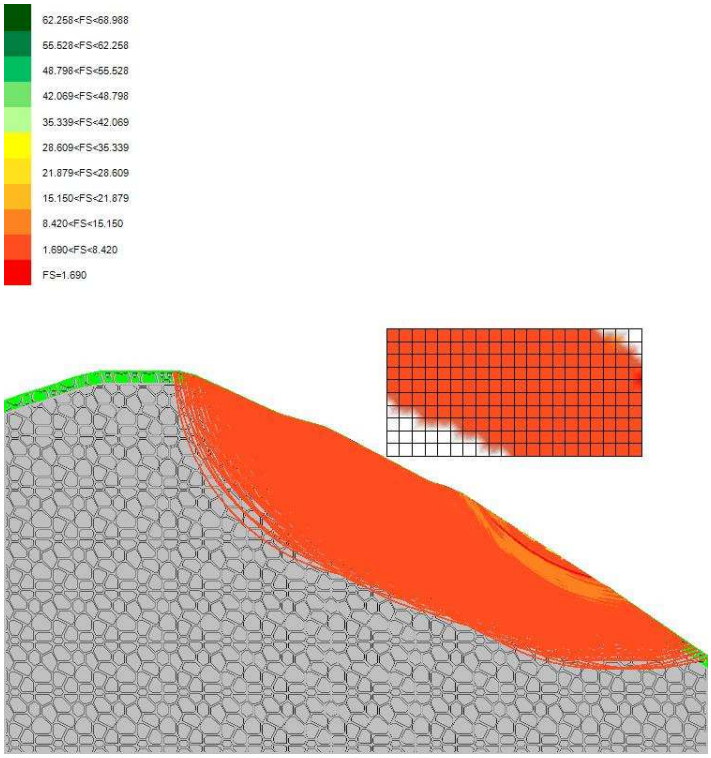


Figura 124. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

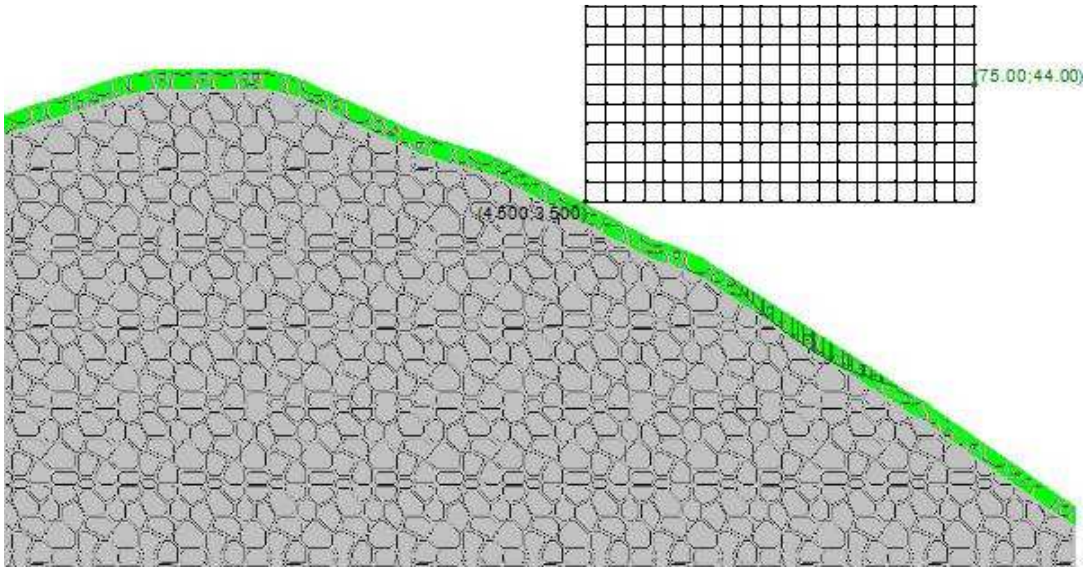


Figura 125. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	13	51	10	6	8	0.1	30	0	0	0	0
2	77	50	406	263	309	0.1	30	0	0	0	0
3	39	48	411	277	303	0.1	30	0	0	0	0
4	38	46	526	364	380	0.1	30	0	0	0	0

5	77	44	1343	962	937	0.1	30	0	0	0	0
6	13	43	267	196	181	0.1	30	0	0	0	0
7	64	42	1397	1046	926	0.1	30	0	0	0	0
8	65	39	1580	1219	1005	0.1	30	0	0	0	0
9	12	38	310	243	192	0.1	30	0	0	0	0
10	77	37	2043	1632	1228	0.1	30	0	0	0	0
11	40	35	1085	886	626	0.1	30	0	0	0	0
12	38	34	1043	864	585	0.1	30	0	0	0	0
13	77	32	2145	1809	1152	0.1	30	0	0	0	0
14	14	31	388	332	201	0.1	30	0	0	0	0
15	64	30	1744	1509	875	0.1	30	0	0	0	0
16	65	28	1694	1491	805	0.1	30	0	0	0	0
17	13	27	320	285	147	0.1	30	0	0	0	0
18	77	26	1866	1676	821	0.1	30	0	0	0	0
19	39	25	872	793	363	0.1	30	0	0	0	0
20	38	24	797	731	319	0.1	30	0	0	0	0
21	77	22	1420	1316	534	0.1	30	0	0	0	0
22	14	21	221	207	79	0.1	30	0	0	0	0
23	64	20	935	879	318	0.1	30	0	0	0	0
24	65	18	707	671	222	0.1	30	0	0	0	0
25	12	17	101	96	30	0.1	30	0	0	0	0
26	77	16	419	402	117	0.1	30	0	0	0	0
27	40	15	57	55	15	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 71. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
96	1	57.0	45.5	15	68.988
227	2	75.0	44.0	24	1.690

Tabella 72. Fattori di sicurezza massimi e minimi calcolati.

11.1.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi.
Il fattore di sicurezza critico è 1.705, si ha in corrispondenza del centro numero 227 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7500,4400). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

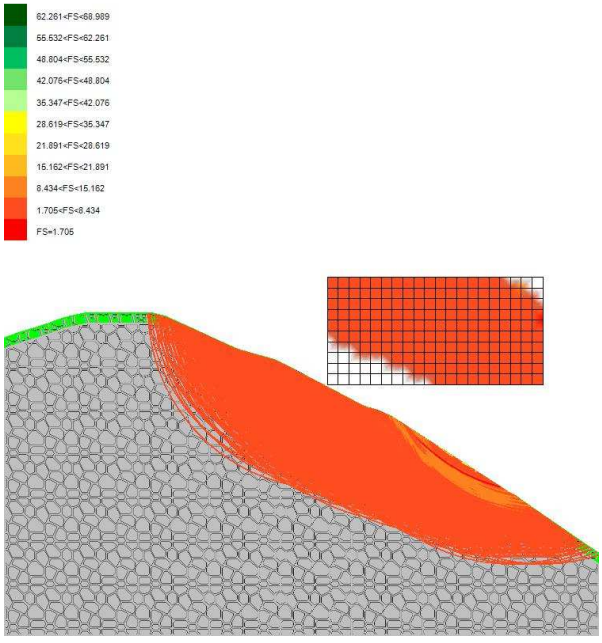


Figura 126. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

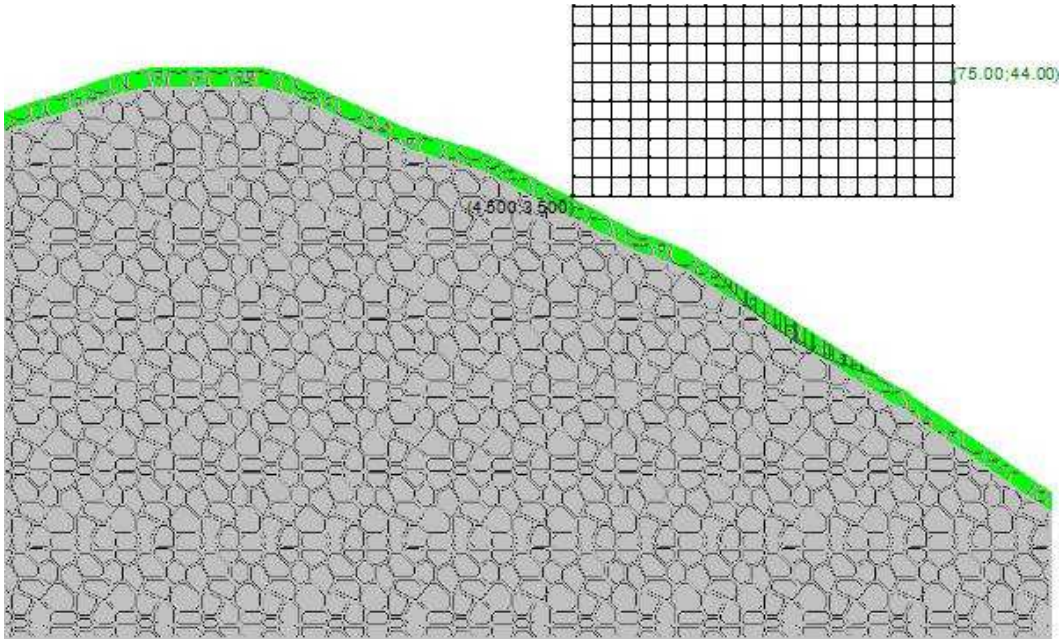


Figura 127. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	13	51	10	-104	96	0.1	30	0	0	0	0
2	77	50	406	-147	658	0.1	30	0	0	0	0
3	39	48	411	187	386	0.1	30	0	0	0	0
4	38	46	526	327	415	0.1	30	0	0	0	0
5	77	44	1343	997	901	0.1	30	0	0	0	0
6	13	43	267	212	163	0.1	30	0	0	0	0
7	64	42	1397	1147	811	0.1	30	0	0	0	0
8	65	39	1580	1341	857	0.1	30	0	0	0	0
9	12	38	310	266	163	0.1	30	0	0	0	0
10	77	37	2043	1769	1046	0.1	30	0	0	0	0
11	40	35	1085	947	540	0.1	30	0	0	0	0
12	38	34	1043	912	513	0.1	30	0	0	0	0
13	77	32	2145	1877	1045	0.1	30	0	0	0	0
14	14	31	388	340	188	0.1	30	0	0	0	0
15	64	30	1744	1525	848	0.1	30	0	0	0	0
16	65	28	1694	1477	831	0.1	30	0	0	0	0
17	13	27	320	279	159	0.1	30	0	0	0	0
18	77	26	1866	1617	942	0.1	30	0	0	0	0
19	39	25	872	751	455	0.1	30	0	0	0	0
20	38	24	797	683	429	0.1	30	0	0	0	0
21	77	22	1420	1202	814	0.1	30	0	0	0	0
22	14	21	221	185	135	0.1	30	0	0	0	0
23	64	20	935	773	610	0.1	30	0	0	0	0
24	65	18	707	562	551	0.1	30	0	0	0	0
25	12	17	101	76	94	0.1	30	0	0	0	0
26	77	16	419	277	546	0.1	30	0	0	0	0
27	40	15	57	-4	240	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 73. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
96	1	57.0	45.5	15	68.989
227	2	75.0	44.0	24	1.705

Tabella 74. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

11.1.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU SEMPLIFICATO (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.737, si ha in corrispondenza del centro numero 227 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7500,4400). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

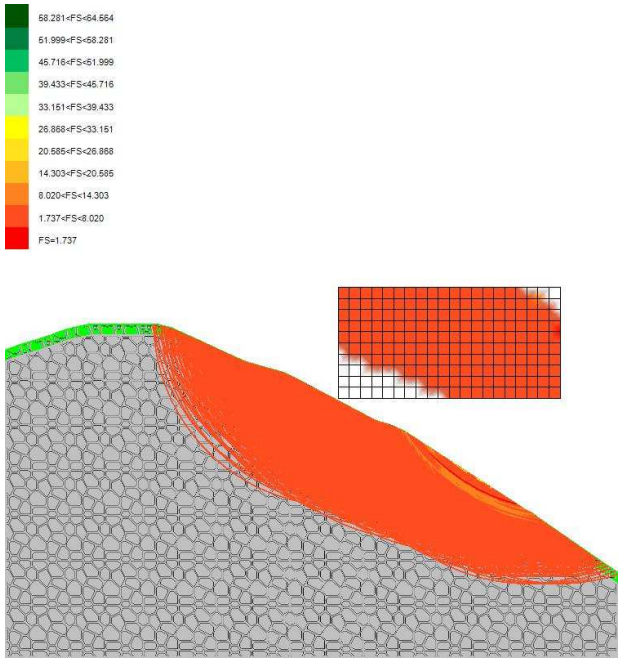


Figura 128. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

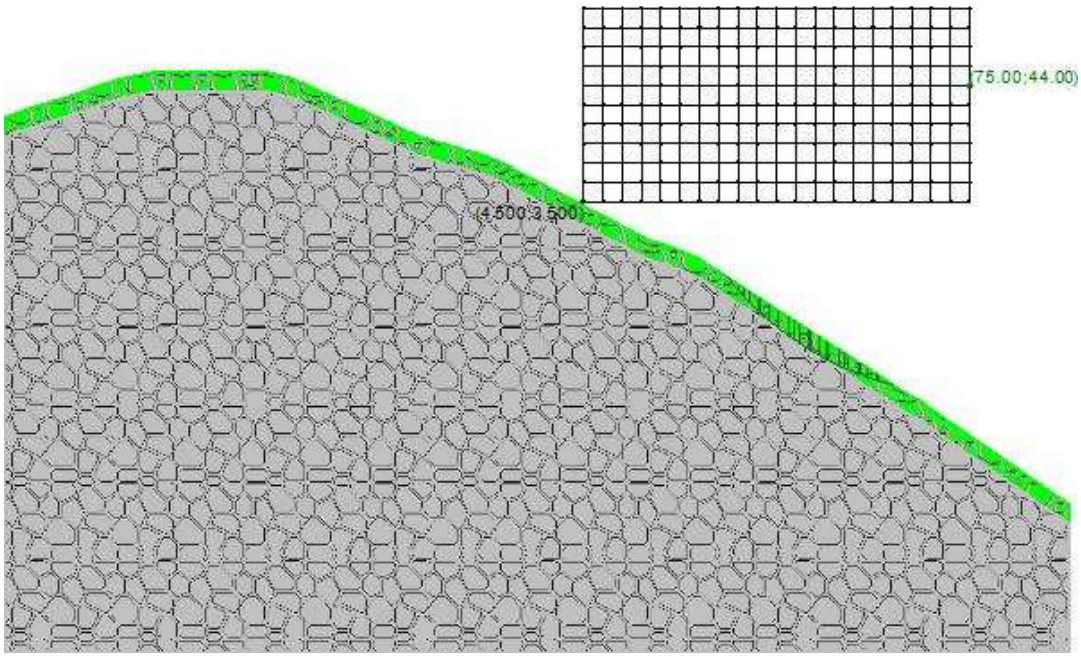


Figura 129. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	13	51	10	-103	95	0.1	24.79	0	-175	0	0
2	77	50	406	-136	649	0.1	24.79	175	-442	0	0

3	39	48	411	193	380	0.1	24.79	442	-457	0	0
4	38	46	526	334	409	0.1	24.79	457	-424	0	0
5	77	44	1343	1009	888	0.1	24.79	424	-301	0	0
6	13	43	267	214	161	0.1	24.79	301	-238	0	0
7	64	42	1397	1158	799	0.1	24.79	238	-32	0	0
8	65	39	1580	1352	844	0.1	24.79	32	-106	0	0
9	12	38	310	268	160	0.1	24.79	106	-327	0	0
10	77	37	2043	1781	1030	0.1	24.79	327	-546	0	0
11	40	35	1085	952	532	0.1	24.79	546	-604	0	0
12	38	34	1043	918	505	0.1	24.79	604	-832	0	0
13	77	32	2145	1887	1029	0.1	24.79	832	-889	0	0
14	14	31	388	341	185	0.1	24.79	889	-993	0	0
15	64	30	1744	1533	834	0.1	24.79	993	-1066	0	0
16	65	28	1694	1484	818	0.1	24.79	1066	-1075	0	0
17	13	27	320	280	156	0.1	24.79	1075	-1072	0	0
18	77	26	1866	1624	927	0.1	24.79	1072	-1052	0	0
19	39	25	872	754	447	0.1	24.79	1052	-987	0	0
20	38	24	797	686	422	0.1	24.79	987	-852	0	0
21	77	22	1420	1208	801	0.1	24.79	852	-826	0	0
22	14	21	221	186	133	0.1	24.79	826	-597	0	0
23	64	20	935	777	600	0.1	24.79	597	-494	0	0
24	65	18	707	565	542	0.1	24.79	494	-317	0	0
25	12	17	101	77	93	0.1	24.79	317	-33	0	0
26	77	16	419	280	536	0.1	24.79	33	-5452	0	0
27	40	15	57	-3	236	0.1	24.79	5452	-6769	0	0

Tabella 75. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
96	1	57.0	45.5	15	64.564
227	2	75.0	44.0	24	1.737

Tabella 76. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

11.1.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

Nelle figure seguenti è riportato il confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti dai tre metodi di calcolo utilizzati. Si evince che in tutti i casi il fattore di sicurezza è maggiore di 1. Il minimo fattore di sicurezza è stato ottenuto con il metodo di Fellenius ed è pari a 1.690.

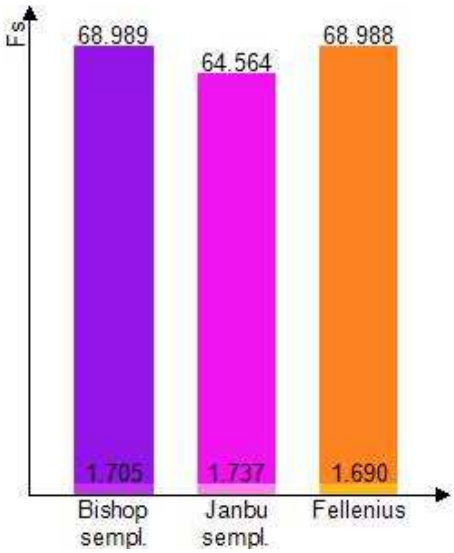


Figura 130. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

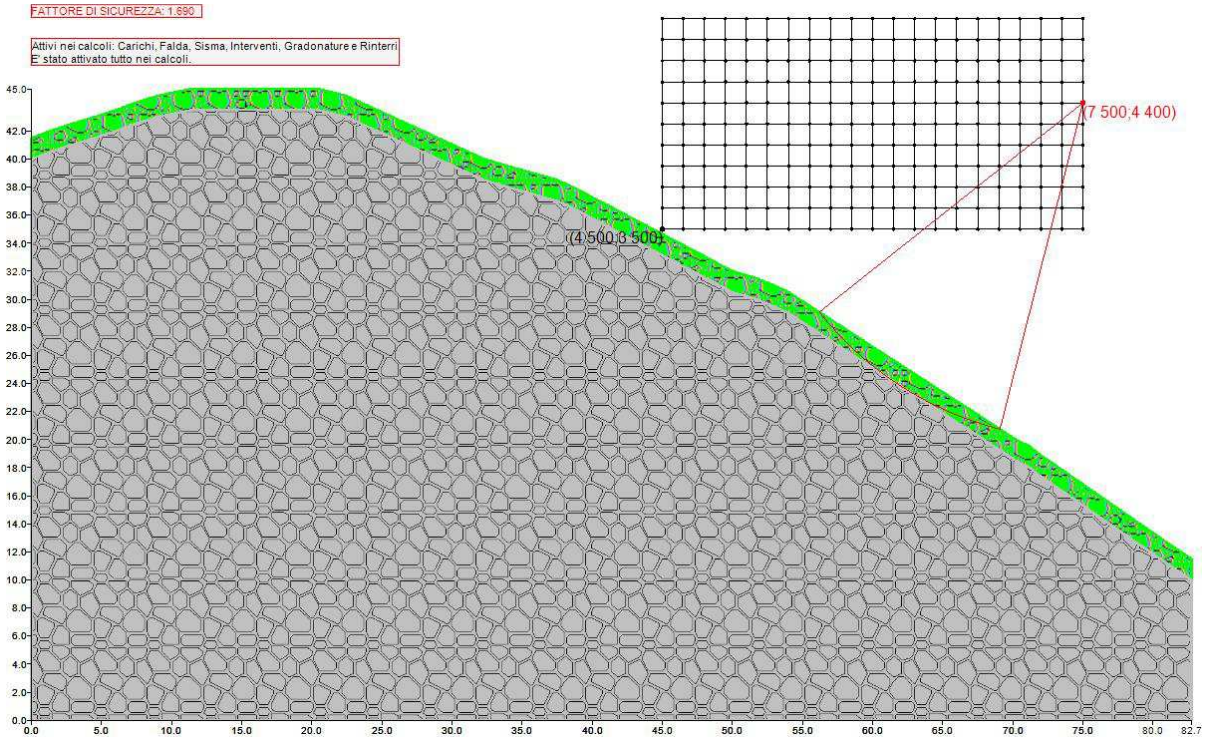


Figura 131. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

11.2. Cantiere – carico stradale

Stratigrafia.

- Strato nr. 1. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale pari a 0.2 daN/cm^2 generato da un mezzo semovente a pieno carico e agente sull'estremità di valle della piazzola, per una larghezza di 3 m. Il suo punto di applicazione iniziale ha ascissa pari a 5030 cm ed ordinata pari a 3083 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 5330 cm ed ordinata pari a 3083 cm.

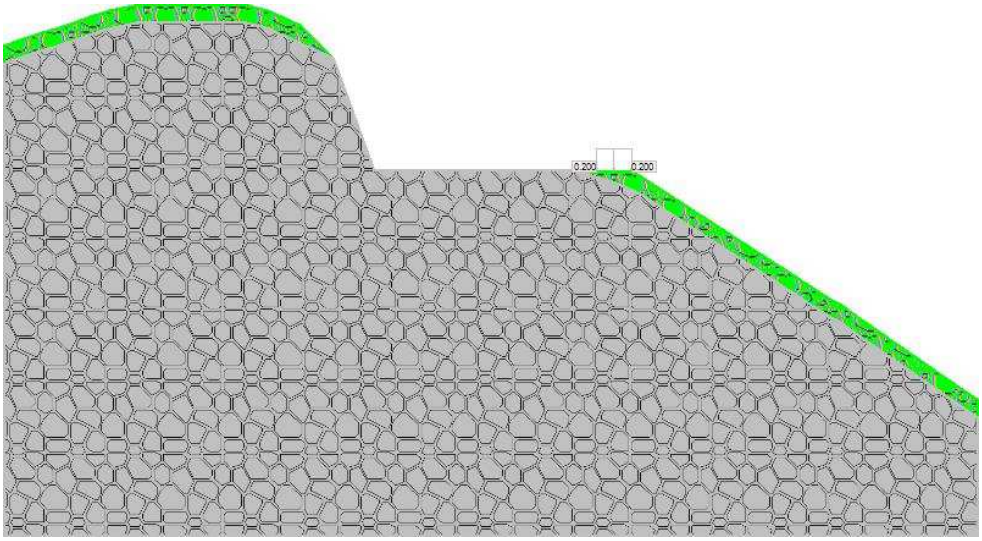


Figura 132. Rappresentazione del pendio.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(4500,3500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 231 ed il numero di superfici circolari generate è 1725. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

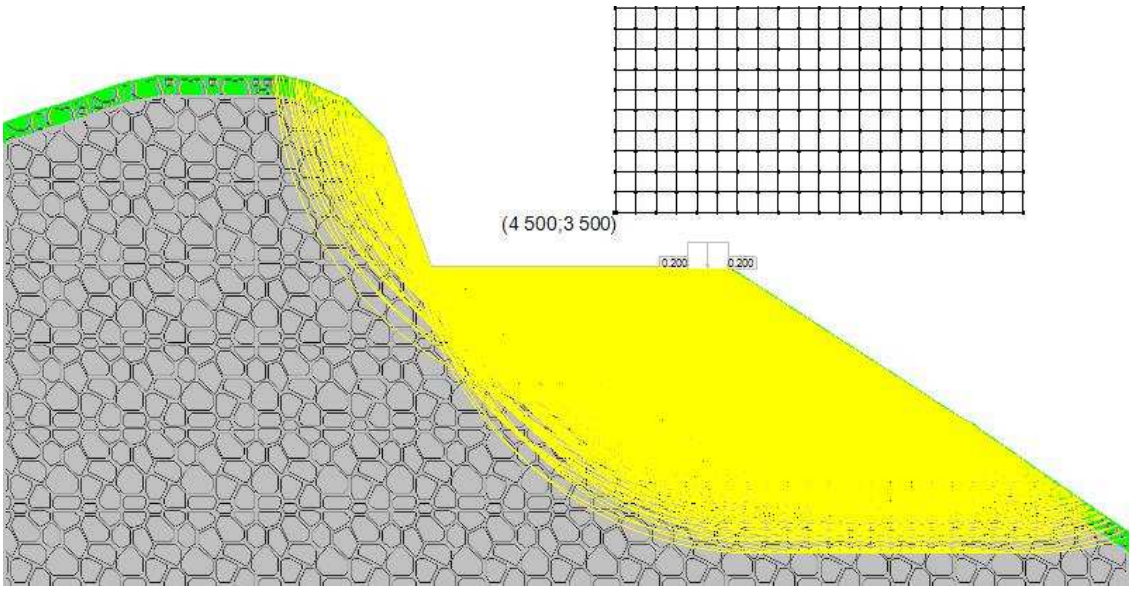


Figura 133. Superfici di rottura e maglia centri

11.2.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.608, si ha in corrispondenza del centro numero 196 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7050,4700). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

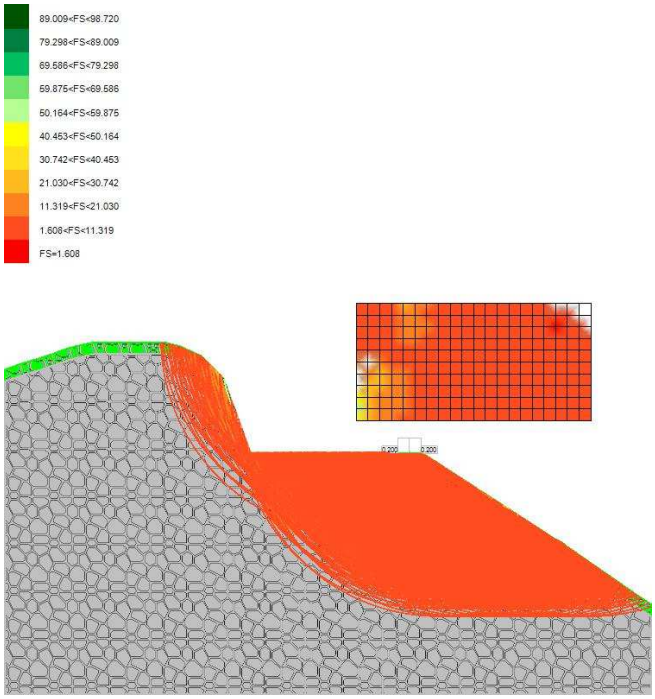


Figura 134. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

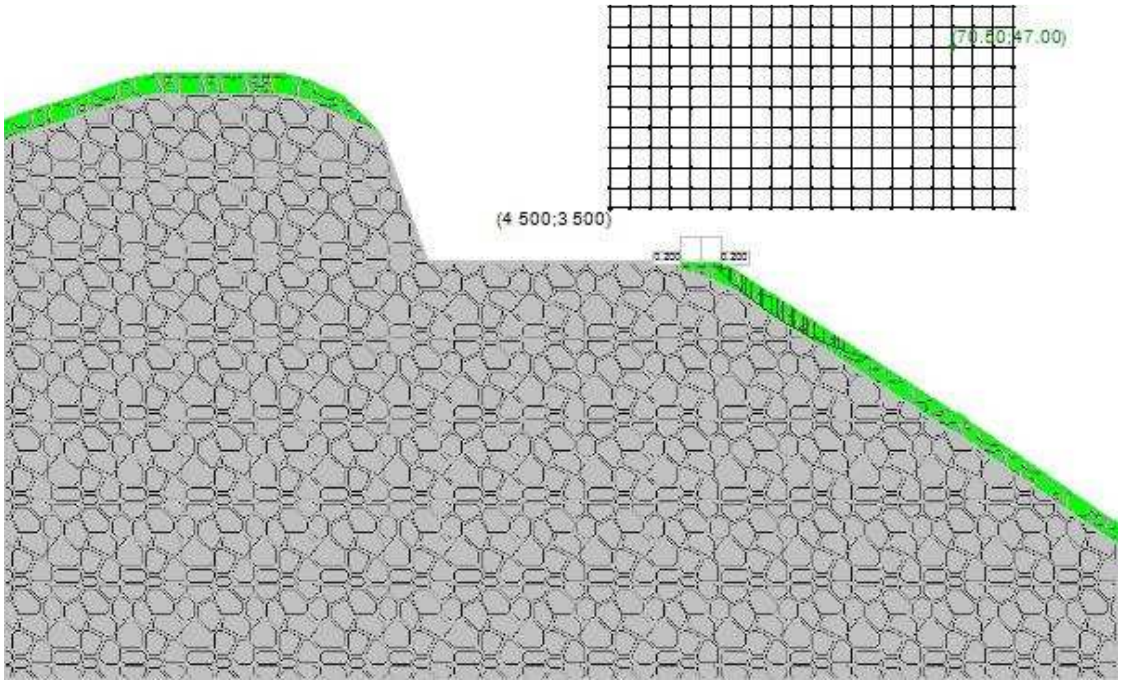


Figura 135. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	54	47	289	198	210	0.1	30	0	0	0	0
2	62	45	852	606	600	0.1	30	0	0	0	0
3	10	44	178	129	122	0.1	30	0	0	0	0
4	76	42	1485	1102	996	0.1	30	0	0	0	0
5	30	40	647	492	419	0.1	30	0	0	0	0
6	48	39	1100	852	696	0.1	30	0	0	0	0
7	68	37	1687	1339	1027	0.1	30	0	0	0	0
8	9	36	217	175	128	0.1	30	0	0	0	0
9	77	35	1995	1633	1146	0.1	30	0	0	0	0
10	30	34	803	669	443	0.1	30	0	0	0	0
11	47	32	1224	1033	656	0.1	30	0	0	0	0
12	69	31	1799	1545	921	0.1	30	0	0	0	0
13	8	30	194	168	96	0.1	30	0	0	0	0
14	77	29	1905	1673	911	0.1	30	0	0	0	0
15	31	27	736	655	335	0.1	30	0	0	0	0
16	46	26	1029	924	452	0.1	30	0	0	0	0
17	70	25	1442	1312	599	0.1	30	0	0	0	0
18	7	24	133	122	53	0.1	30	0	0	0	0
19	77	22	1336	1234	510	0.1	30	0	0	0	0
20	32	21	474	443	170	0.1	30	0	0	0	0
21	45	20	582	547	200	0.1	30	0	0	0	0
22	71	19	682	646	217	0.1	30	0	0	0	0
23	7	18	55	52	16	0.1	30	0	0	0	0
24	77	17	360	345	103	0.1	30	0	0	0	0
25	31	15	34	33	9	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 77. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
28	1	48.0	42.5	15	98.720
196	2	70.5	47.0	24	1.608

Tabella 78. Fattori di sicurezza massimi e minimi

11.2.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.635, si ha in corrispondenza del centro numero 196 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7050,4700). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

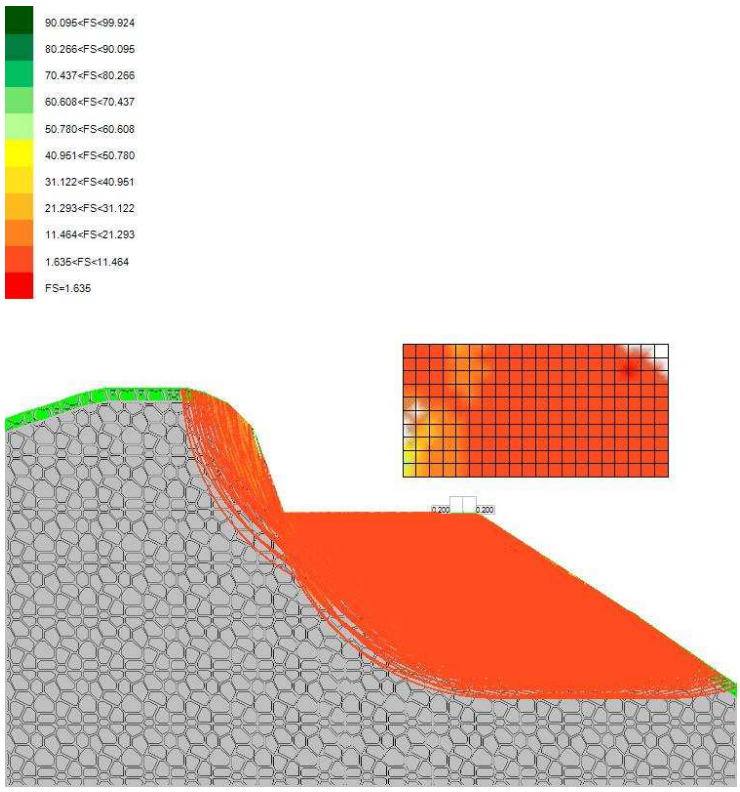


Figura 136. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

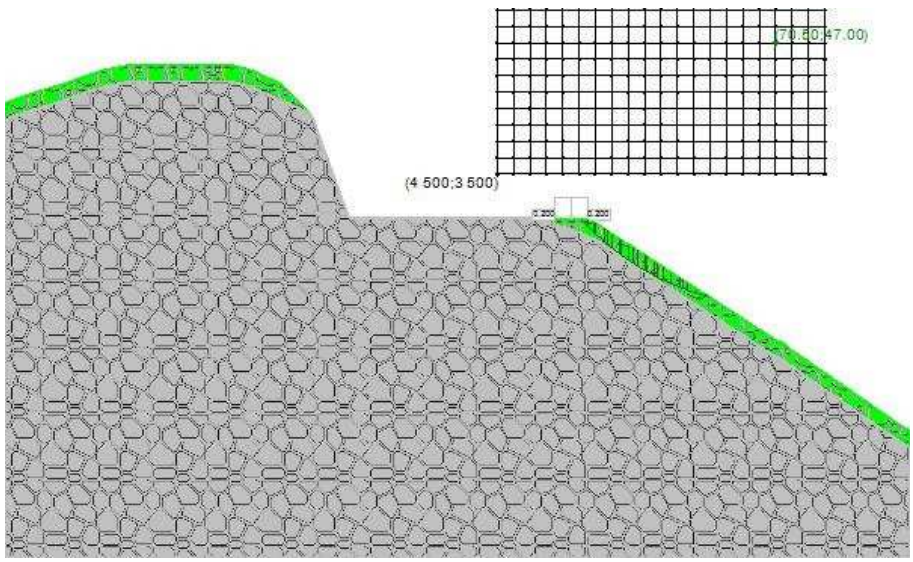


Figura 137. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	54	47	289	-69	462	0.1	30	0	0	0	0
2	62	45	852	525	682	0.1	30	0	0	0	0
3	10	44	178	128	123	0.1	30	0	0	0	0

4	76	42	1485	1143	950	0.1	30	0	0	0	0
5	30	40	647	521	385	0.1	30	0	0	0	0
6	48	39	1100	905	631	0.1	30	0	0	0	0
7	68	37	1687	1415	927	0.1	30	0	0	0	0
8	9	36	217	183	116	0.1	30	0	0	0	0
9	77	35	1995	1697	1055	0.1	30	0	0	0	0
10	30	34	803	686	417	0.1	30	0	0	0	0
11	47	32	1224	1048	633	0.1	30	0	0	0	0
12	69	31	1799	1540	929	0.1	30	0	0	0	0
13	8	30	194	166	100	0.1	30	0	0	0	0
14	77	29	1905	1627	997	0.1	30	0	0	0	0
15	31	27	736	626	392	0.1	30	0	0	0	0
16	46	26	1029	872	558	0.1	30	0	0	0	0
17	70	25	1442	1213	815	0.1	30	0	0	0	0
18	7	24	133	111	78	0.1	30	0	0	0	0
19	77	22	1336	1105	822	0.1	30	0	0	0	0
20	32	21	474	386	318	0.1	30	0	0	0	0
21	45	20	582	465	426	0.1	30	0	0	0	0
22	71	19	682	516	602	0.1	30	0	0	0	0
23	7	18	55	39	58	0.1	30	0	0	0	0
24	77	17	360	212	553	0.1	30	0	0	0	0
25	31	15	34	-17	194	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 79. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
28	1	48.0	42.5	15	99.924
196	2	70.5	47.0	24	1.635

Tabella 80. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

11.2.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.737, si ha in corrispondenza del centro numero 227 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7500,4400). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

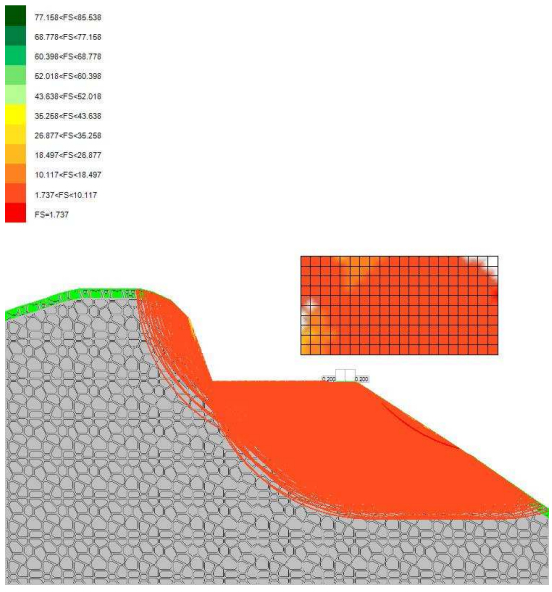


Figura 138. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

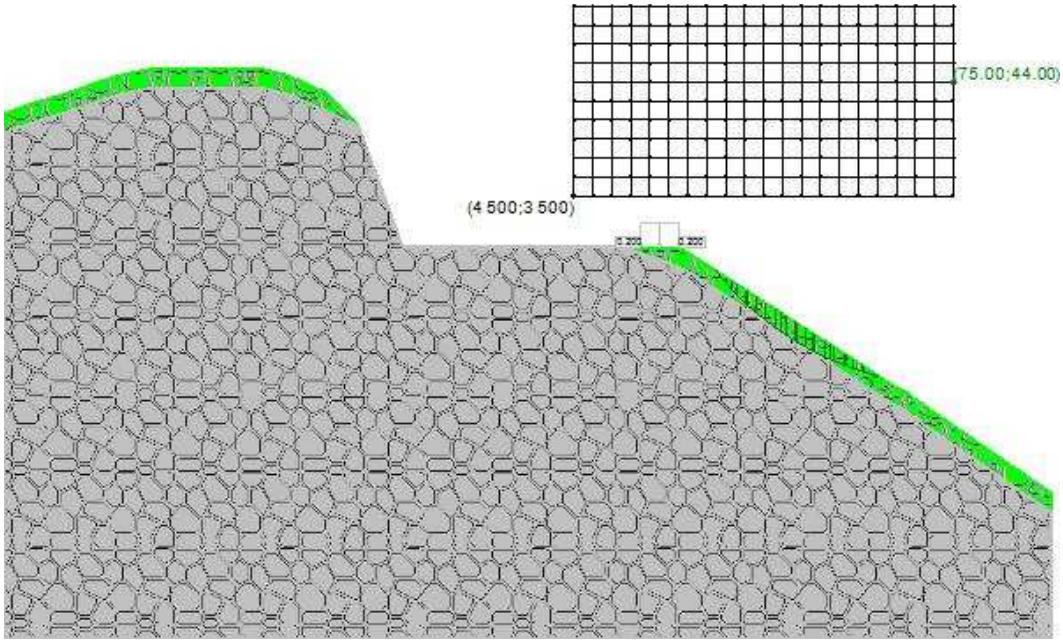


Figura 139. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	13	51	10	-103	95	0.1	24.79	0	-175	0	0
2	77	50	406	-136	649	0.1	24.79	175	-442	0	0
3	39	48	411	193	380	0.1	24.79	442	-457	0	0
4	38	46	526	334	409	0.1	24.79	457	-424	0	0
5	77	44	1343	1009	888	0.1	24.79	424	-301	0	0
6	13	43	267	214	161	0.1	24.79	301	-238	0	0
7	64	42	1397	1158	799	0.1	24.79	238	-32	0	0
8	65	39	1580	1352	844	0.1	24.79	32	-106	0	0
9	12	38	310	268	160	0.1	24.79	106	-327	0	0
10	77	37	2043	1781	1030	0.1	24.79	327	-546	0	0
11	40	35	1085	952	532	0.1	24.79	546	-604	0	0
12	38	34	1043	918	505	0.1	24.79	604	-832	0	0
13	77	32	2145	1887	1029	0.1	24.79	832	-889	0	0
14	14	31	388	341	185	0.1	24.79	889	-993	0	0
15	64	30	1744	1533	834	0.1	24.79	993	-1066	0	0
16	65	28	1694	1484	818	0.1	24.79	1066	-1075	0	0
17	13	27	320	280	156	0.1	24.79	1075	-1072	0	0
18	77	26	1866	1624	927	0.1	24.79	1072	-1052	0	0
19	39	25	872	754	447	0.1	24.79	1052	-987	0	0
20	38	24	797	686	422	0.1	24.79	987	-852	0	0
21	77	22	1420	1208	801	0.1	24.79	852	-826	0	0
22	14	21	221	186	133	0.1	24.79	826	-597	0	0
23	64	20	935	777	600	0.1	24.79	597	-494	0	0
24	65	18	707	565	542	0.1	24.79	494	-317	0	0
25	12	17	101	77	93	0.1	24.79	317	-33	0	0
26	77	16	419	280	536	0.1	24.79	33	-5452	0	0
27	40	15	57	-3	236	0.1	24.79	5452	-6769	0	0

Tabella 81. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
77	1	54.0	50.0	20	85.538
227	2	75.0	44.0	24	1.737

Tabella 82. Fattori di sicurezza massimi e minimi

11.2.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti

Nelle figure seguenti è riportato il confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti dai tre metodi di calcolo utilizzati. Si evince che in tutti i casi il fattore di sicurezza è maggiore di 1. Il minimo fattore di sicurezza è stato ottenuto con il metodo di Fellenius ed è pari a 1.608.

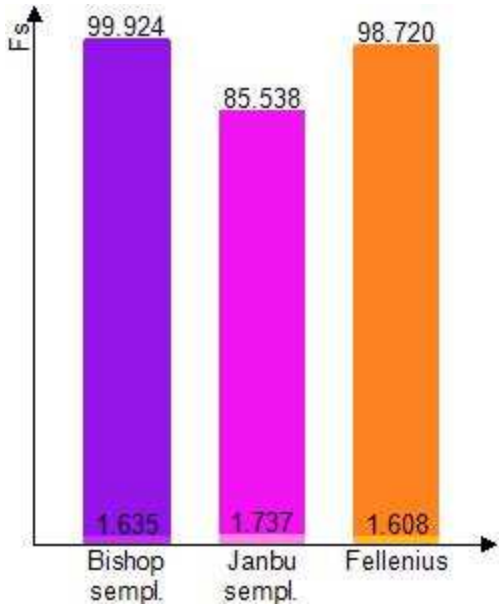


Figura 140. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

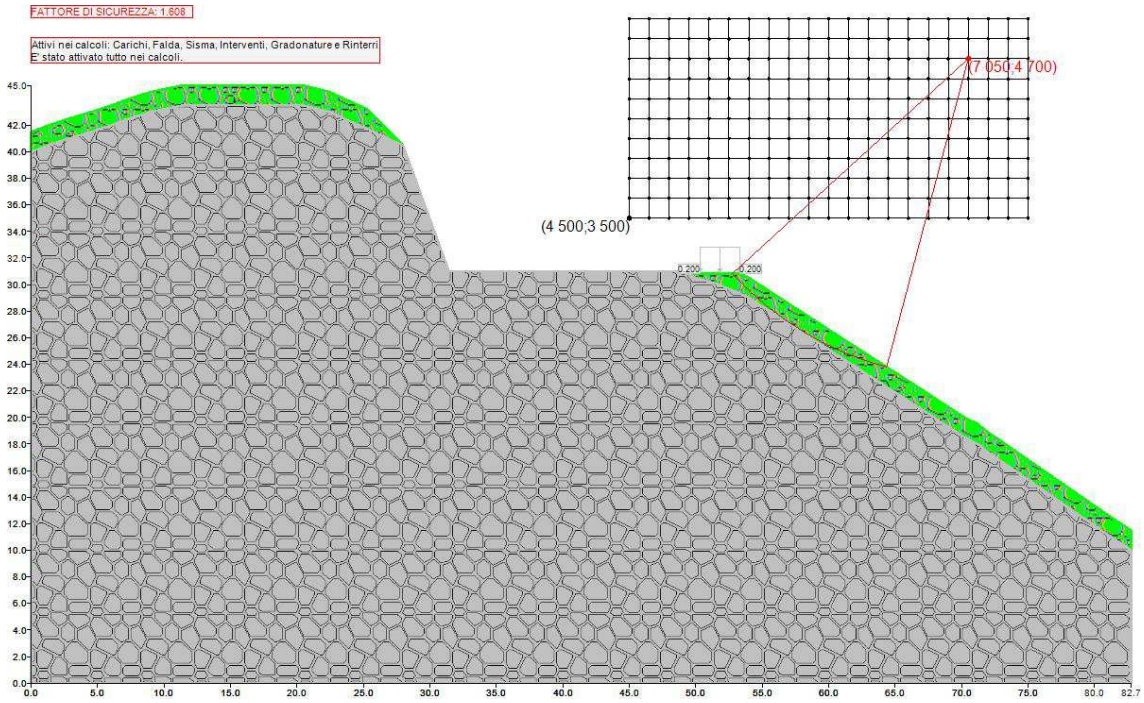


Figura 141. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

11.3. Cantiere – carico stradale – carico piazzola

Stratigrafia.

- Strato nr. 1. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**

- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Carichi.
In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale generato da un mezzo semovente a pieno carico e agente sull'estremità di valle della piazzola e da una gru posizionata sulla piazzola. L'entità del carico è ipotizzata pari a 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 3144 cm ed ordinata pari a 3083 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 5330 cm ed ordinata pari a 3083 cm.

Generazione superfici di rottura.
Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(4500,3500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1500 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 231 ed il numero di superfici circolari generate è 1744. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

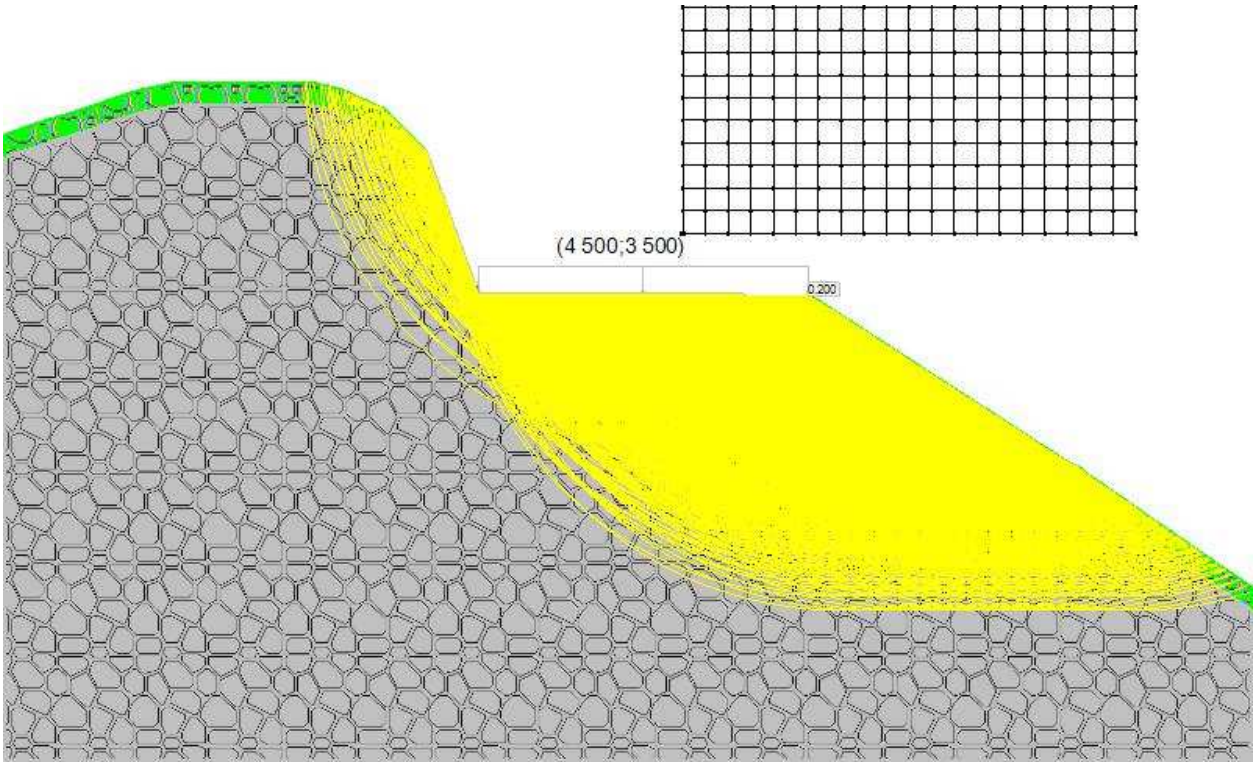


Figura 142. Superfici di rottura e maglia centri

11.3.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.608, si ha in corrispondenza del centro numero 196 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7050,4700). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

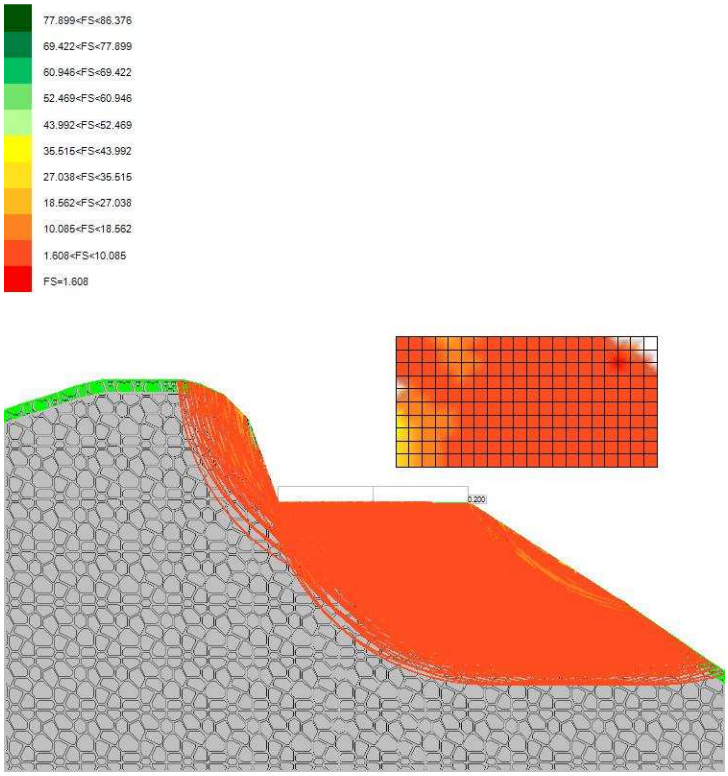


Figura 143. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

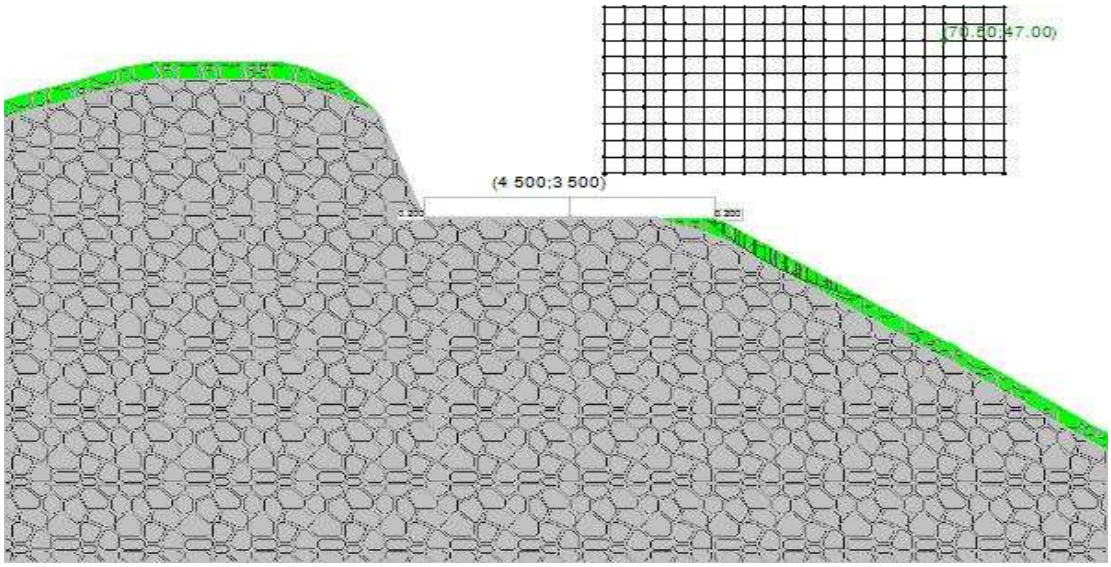


Figura 144. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	54	47	289	198	210	0.1	30	0	0	0	0
2	62	45	852	606	600	0.1	30	0	0	0	0
3	10	44	178	129	122	0.1	30	0	0	0	0
4	76	42	1485	1102	996	0.1	30	0	0	0	0
5	30	40	647	492	419	0.1	30	0	0	0	0
6	48	39	1100	852	696	0.1	30	0	0	0	0
7	68	37	1687	1339	1027	0.1	30	0	0	0	0
8	9	36	217	175	128	0.1	30	0	0	0	0
9	77	35	1995	1633	1146	0.1	30	0	0	0	0
10	30	34	803	669	443	0.1	30	0	0	0	0
11	47	32	1224	1033	656	0.1	30	0	0	0	0

12	69	31	1799	1545	921	0.1	30	0	0	0	0
13	8	30	194	168	96	0.1	30	0	0	0	0
14	77	29	1905	1673	911	0.1	30	0	0	0	0
15	31	27	736	655	335	0.1	30	0	0	0	0
16	46	26	1029	924	452	0.1	30	0	0	0	0
17	70	25	1442	1312	599	0.1	30	0	0	0	0
18	7	24	133	122	53	0.1	30	0	0	0	0
19	77	22	1336	1234	510	0.1	30	0	0	0	0
20	32	21	474	443	170	0.1	30	0	0	0	0
21	45	20	582	547	200	0.1	30	0	0	0	0
22	71	19	682	646	217	0.1	30	0	0	0	0
23	7	18	55	52	16	0.1	30	0	0	0	0
24	77	17	360	345	103	0.1	30	0	0	0	0
25	31	15	34	33	9	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 83. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
6	1	45.0	42.5	16	86.376
196	2	70.5	47.0	24	1.608

Tabella 84. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

11.3.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi.
Il fattore di sicurezza critico è 1.635, si ha in corrispondenza del centro numero 196 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7050,4700). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

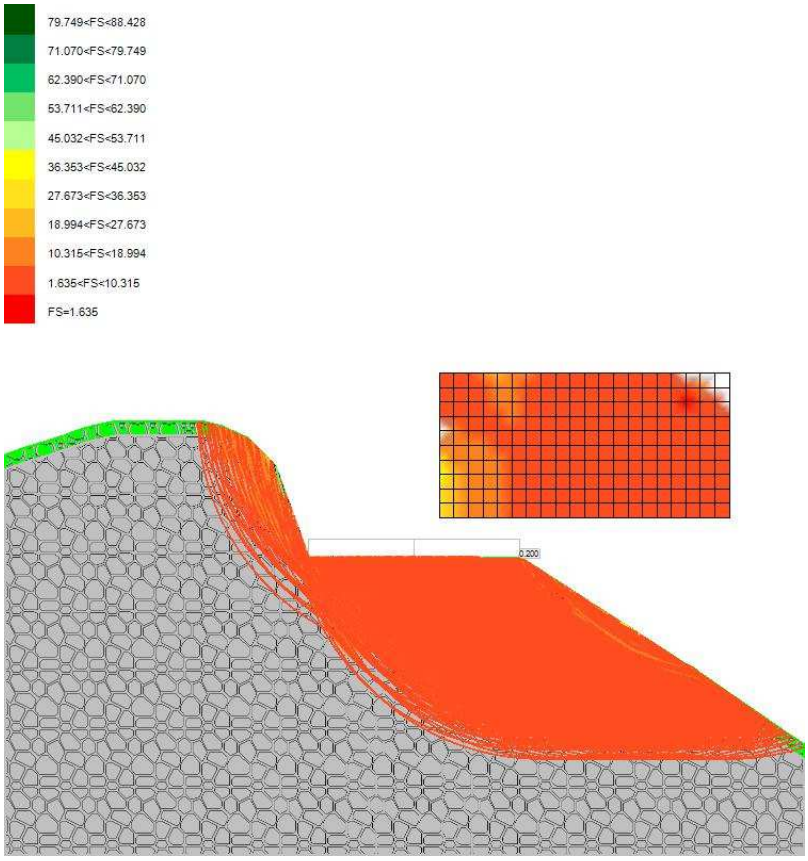


Figura 145. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

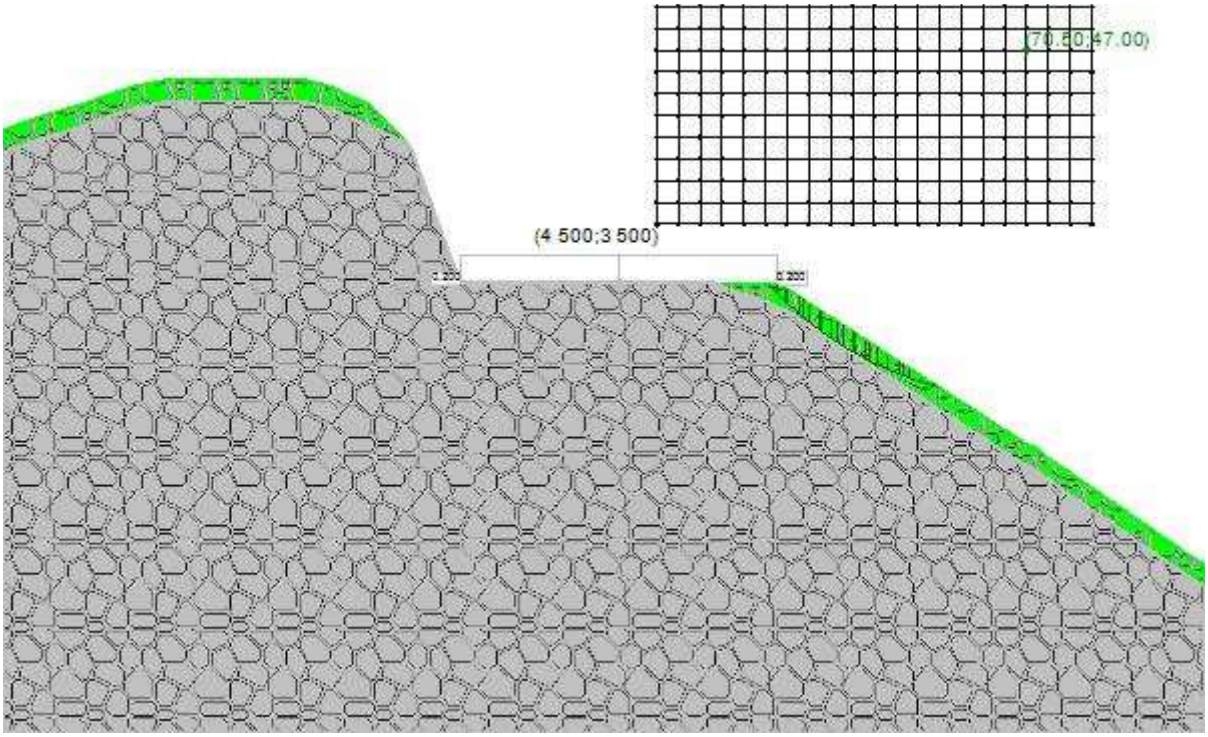


Figura 146. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	54	47	289	-69	462	0.1	30	0	0	0	0
2	62	45	852	525	682	0.1	30	0	0	0	0
3	10	44	178	128	123	0.1	30	0	0	0	0
4	76	42	1485	1143	950	0.1	30	0	0	0	0
5	30	40	647	521	385	0.1	30	0	0	0	0
6	48	39	1100	905	631	0.1	30	0	0	0	0
7	68	37	1687	1415	927	0.1	30	0	0	0	0
8	9	36	217	183	116	0.1	30	0	0	0	0
9	77	35	1995	1697	1055	0.1	30	0	0	0	0
10	30	34	803	686	417	0.1	30	0	0	0	0
11	47	32	1224	1048	633	0.1	30	0	0	0	0
12	69	31	1799	1540	929	0.1	30	0	0	0	0
13	8	30	194	166	100	0.1	30	0	0	0	0
14	77	29	1905	1627	997	0.1	30	0	0	0	0
15	31	27	736	626	392	0.1	30	0	0	0	0
16	46	26	1029	872	558	0.1	30	0	0	0	0
17	70	25	1442	1213	815	0.1	30	0	0	0	0
18	7	24	133	111	78	0.1	30	0	0	0	0
19	77	22	1336	1105	822	0.1	30	0	0	0	0
20	32	21	474	386	318	0.1	30	0	0	0	0
21	45	20	582	465	426	0.1	30	0	0	0	0
22	71	19	682	516	602	0.1	30	0	0	0	0
23	7	18	55	39	58	0.1	30	0	0	0	0
24	77	17	360	212	553	0.1	30	0	0	0	0
25	31	15	34	-17	194	0.1	30	0	0	0	0

Tabella 85. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
6	1	45.0	42.5	16	88.428
196	2	70.5	47.0	24	1.635

Tabella 86. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

11.3.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU SEMPLIFICATO (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.737, si ha in corrispondenza del centro numero 227 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(7500,4400). Il raggio della superficie critica è pari a 2400 cm.

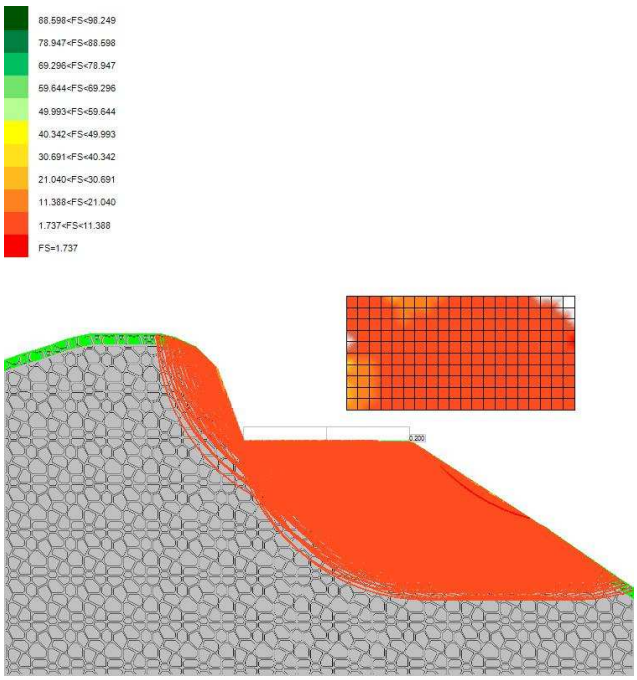


Figura 147. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

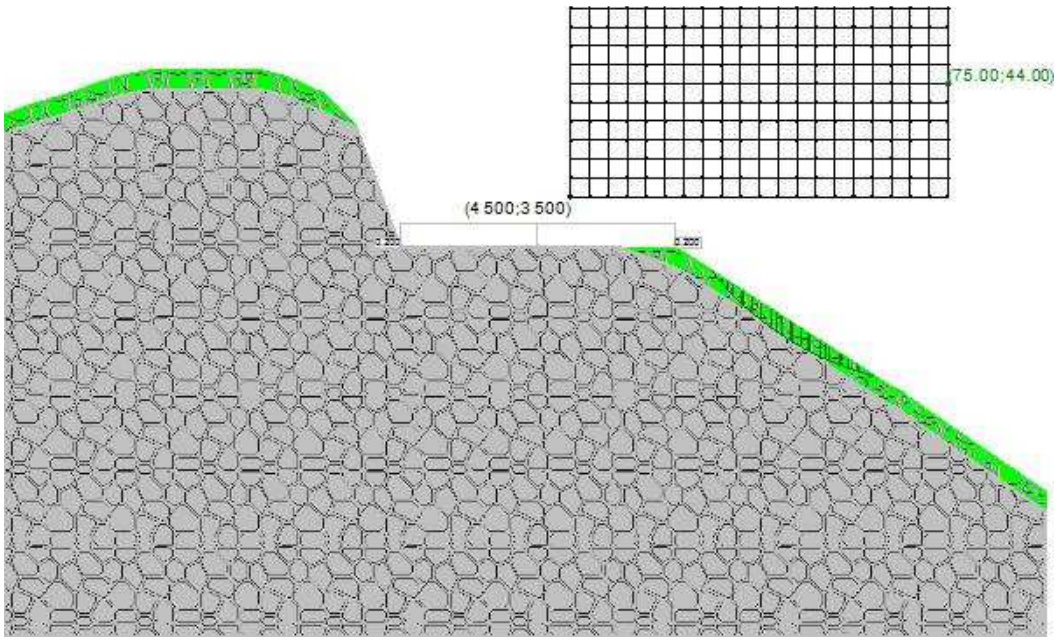


Figura 8.6 Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	13	51	10	-103	95	0.1	24.79	0	-175	0	0
2	77	50	406	-136	649	0.1	24.79	175	-442	0	0
3	39	48	411	193	380	0.1	24.79	442	-457	0	0
4	38	46	526	334	409	0.1	24.79	457	-424	0	0

5	77	44	1343	1009	888	0.1	24.79	424	-301	0	0
6	13	43	267	214	161	0.1	24.79	301	-238	0	0
7	64	42	1397	1158	799	0.1	24.79	238	-32	0	0
8	65	39	1580	1352	844	0.1	24.79	32	-106	0	0
9	12	38	310	268	160	0.1	24.79	106	-327	0	0
10	77	37	2043	1781	1030	0.1	24.79	327	-546	0	0
11	40	35	1085	952	532	0.1	24.79	546	-604	0	0
12	38	34	1043	918	505	0.1	24.79	604	-832	0	0
13	77	32	2145	1887	1029	0.1	24.79	832	-889	0	0
14	14	31	388	341	185	0.1	24.79	889	-993	0	0
15	64	30	1744	1533	834	0.1	24.79	993	-1066	0	0
16	65	28	1694	1484	818	0.1	24.79	1066	-1075	0	0
17	13	27	320	280	156	0.1	24.79	1075	-1072	0	0
18	77	26	1866	1624	927	0.1	24.79	1072	-1052	0	0
19	39	25	872	754	447	0.1	24.79	1052	-987	0	0
20	38	24	797	686	422	0.1	24.79	987	-852	0	0
21	77	22	1420	1208	801	0.1	24.79	852	-826	0	0
22	14	21	221	186	133	0.1	24.79	826	-597	0	0
23	64	20	935	777	600	0.1	24.79	597	-494	0	0
24	65	18	707	565	542	0.1	24.79	494	-317	0	0
25	12	17	101	77	93	0.1	24.79	317	-33	0	0
26	77	16	419	280	536	0.1	24.79	33	-5452	0	0
27	40	15	57	-3	236	0.1	24.79	5452	-6769	0	0

Tabella 87. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
54	1	51.0	48.5	19	98.249
227	2	75.0	44.0	24	1.737

Tabella 88. Fattori di sicurezza massimi e minimi.

11.3.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti

Nelle figure seguenti è riportato il confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti dai tre metodi di calcolo utilizzati. Si evince che in tutti i casi il fattore di sicurezza è maggiore di 1. Il minimo fattore di sicurezza è stato ottenuto con il metodo di Fellenius ed è pari a 1.608.

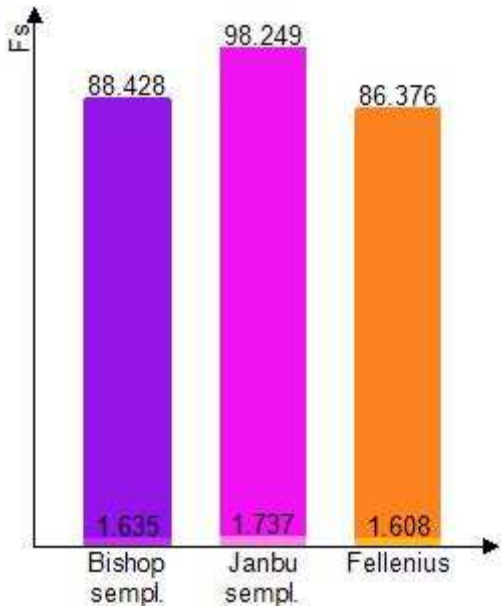


Figura 9.1: Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

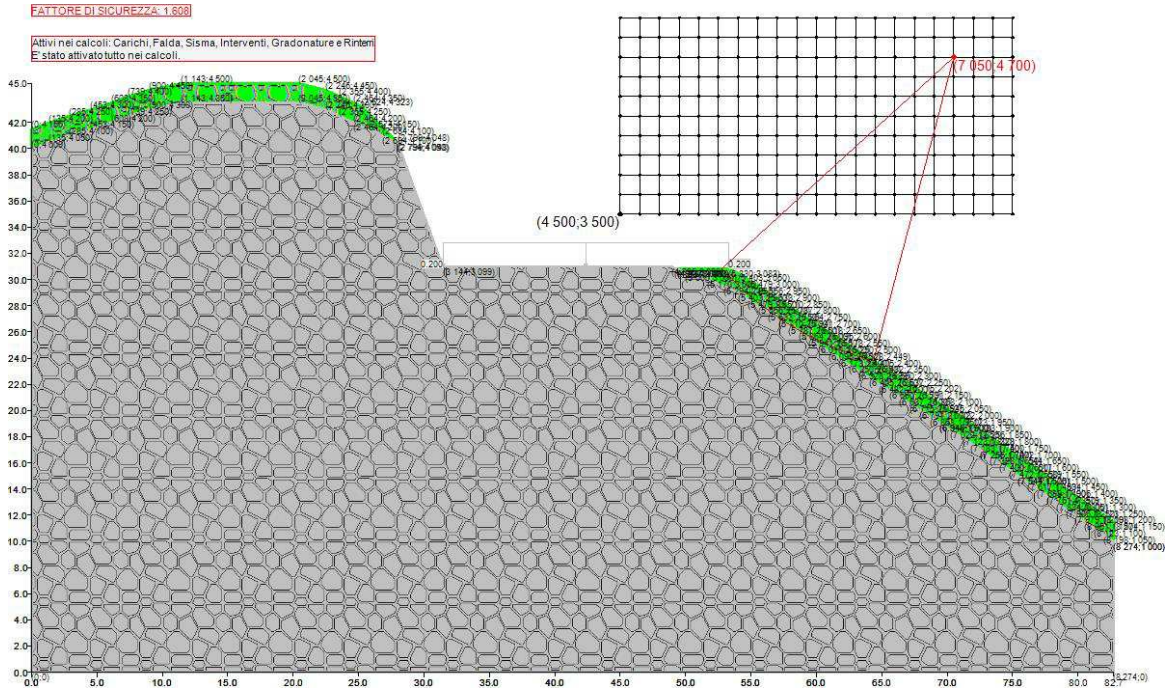


Figura 148. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

11.4. Condizioni di esercizio – assenza di interventi

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 1b. **coltre sciolta ricavata da terreni di scavo**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Al termine delle operazioni di installazione degli aerogeneratori è previsto il ricoprimento delle scarpate in scavo con materiale di riporto ricavato dagli scavi (Strato nr. 1b).

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale generato da un mezzo pesante a pieno carico e agente sull'estremità di valle della piazzola. L'entità del carico è ipotizzata pari a 0.2 daN/cm2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 4925 cm ed ordinata pari a 3153 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 5223 cm ed ordinata pari a 3153 cm.

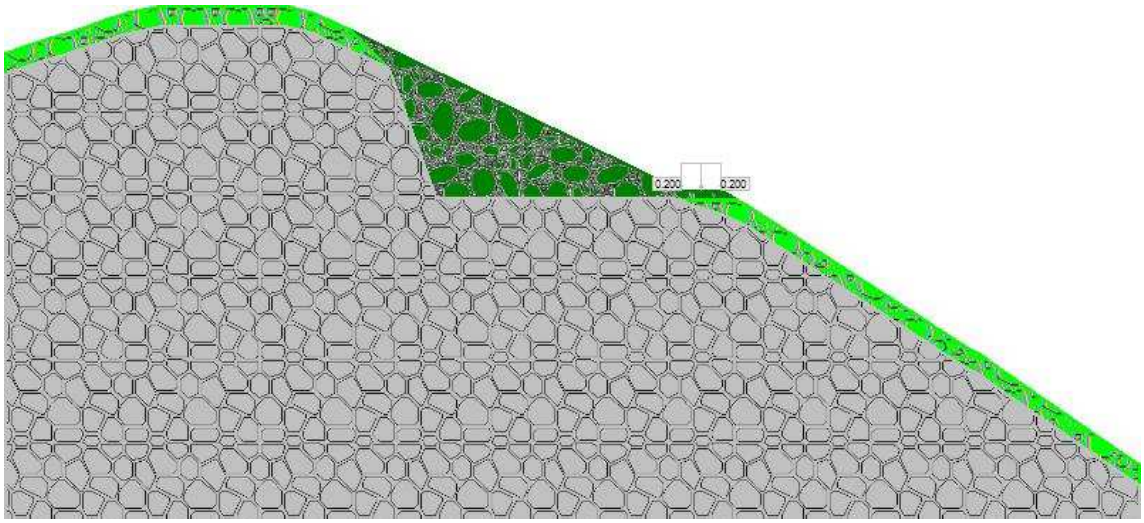


Figura 149. Rappresentazione del pendio.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(3500,3500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1000 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 416 ed il numero di superfici circolari generate è 1140. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

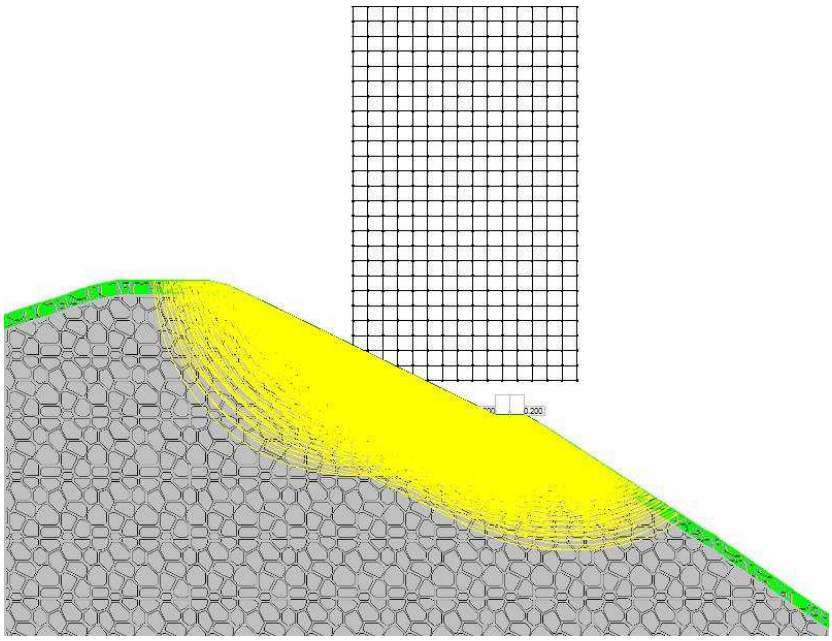


Figura 150. Superfici di rottura e maglia centri

11.4.1. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.000, si ha in corrispondenza del centro numero 169 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(4400,5300). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

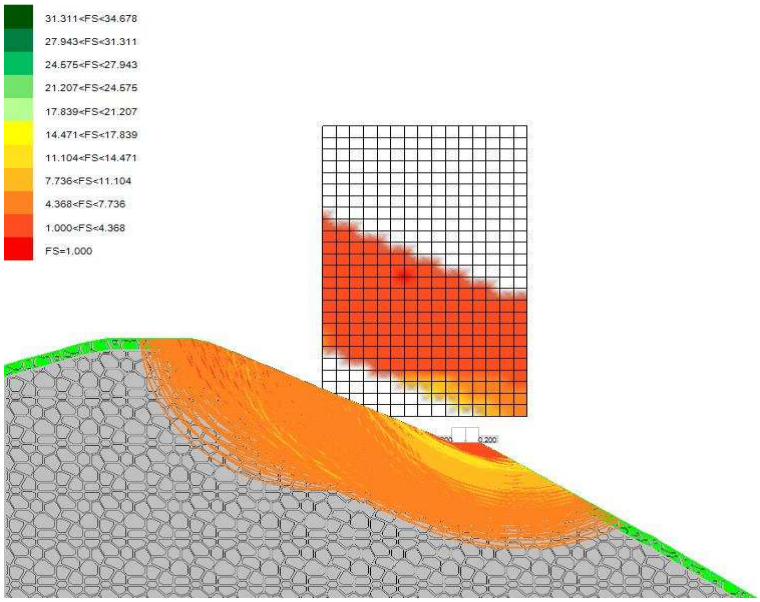


Figura 151. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

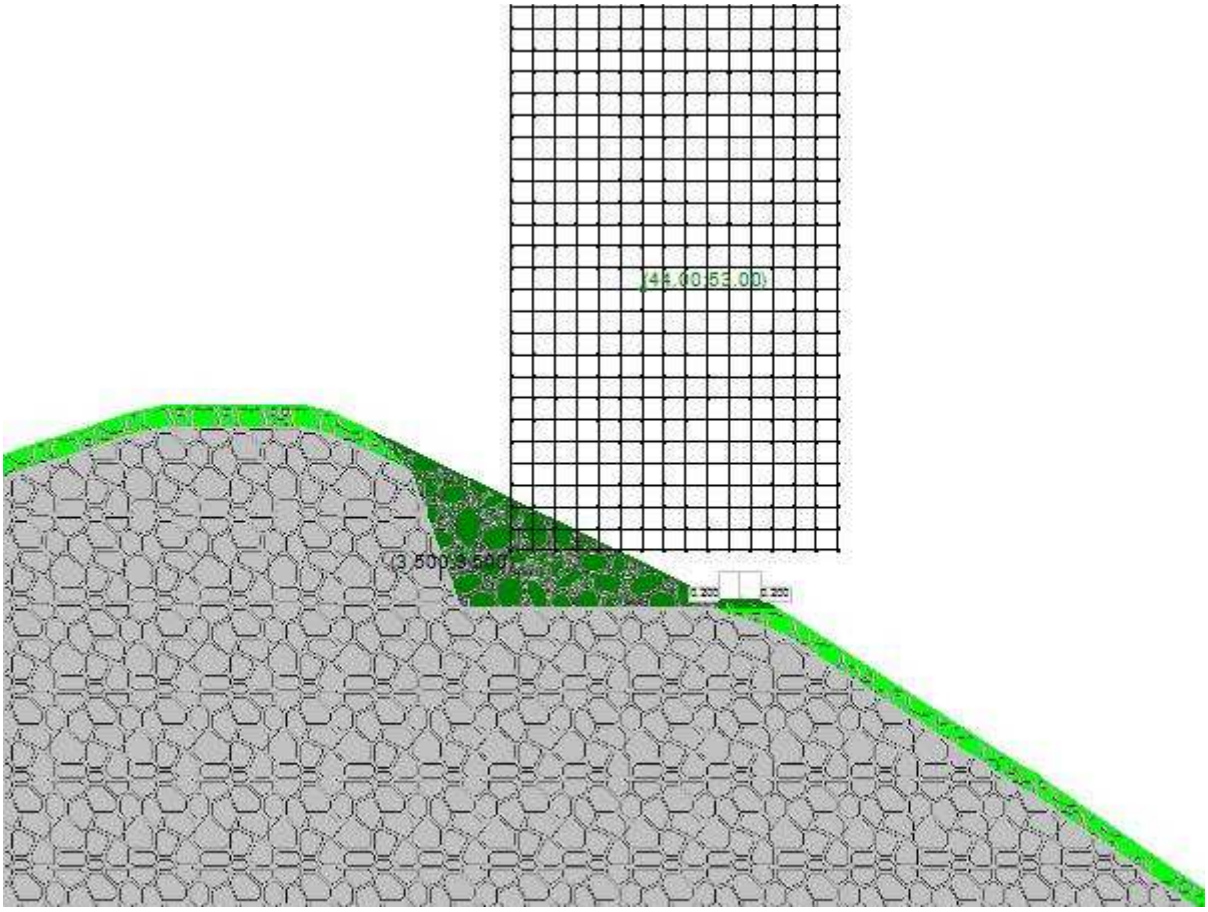


Figura 152. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	189	53	2837	1699	2272	0.015	28	0	0	0	0
2	189	45	7369	5224	5197	0.015	28	0	0	0	0
3	189	38	10007	7928	6106	0.015	28	0	0	0	0
4	189	31	11330	9711	5838	0.015	28	0	0	0	0
5	189	25	11630	10552	4889	0.015	28	0	0	0	0
6	189	19	11072	10469	3605	0.015	28	0	0	0	0
7	189	13	9760	9496	2253	0.015	28	0	0	0	0
8	189	8	7757	7685	1055	0.015	28	0	0	0	0
9	189	2	5100	5095	211	0.015	28	0	0	0	0
10	189	3	1805	1803	96	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 89. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
115	1	41.0	50.0	13	34.678
169	3	44.0	53.0	20	1.000

Tabella 90. Fattori di sicurezza massimi e minimi

11.4.2. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.055, si ha in corrispondenza del centro numero 144 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(4250,5450). Il raggio della superficie critica è pari a 2000 cm.

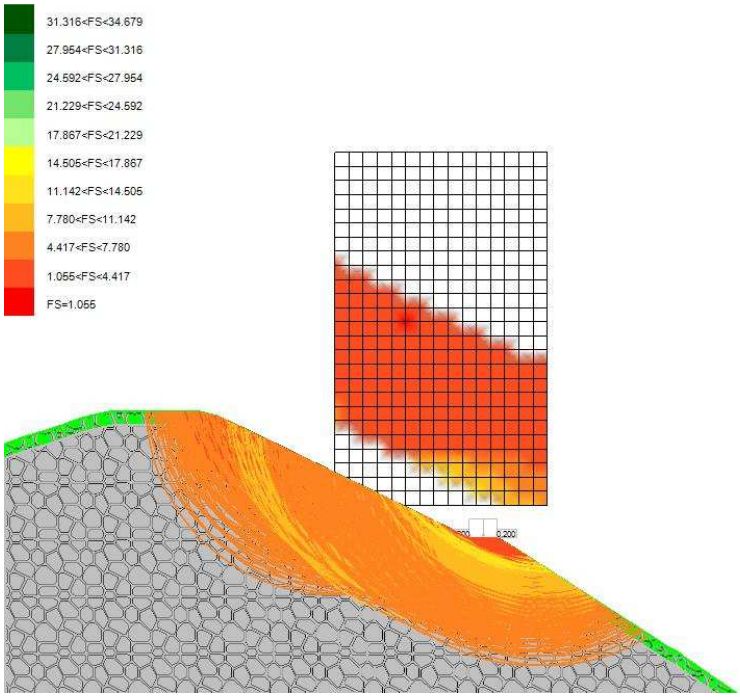


Figura 153. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

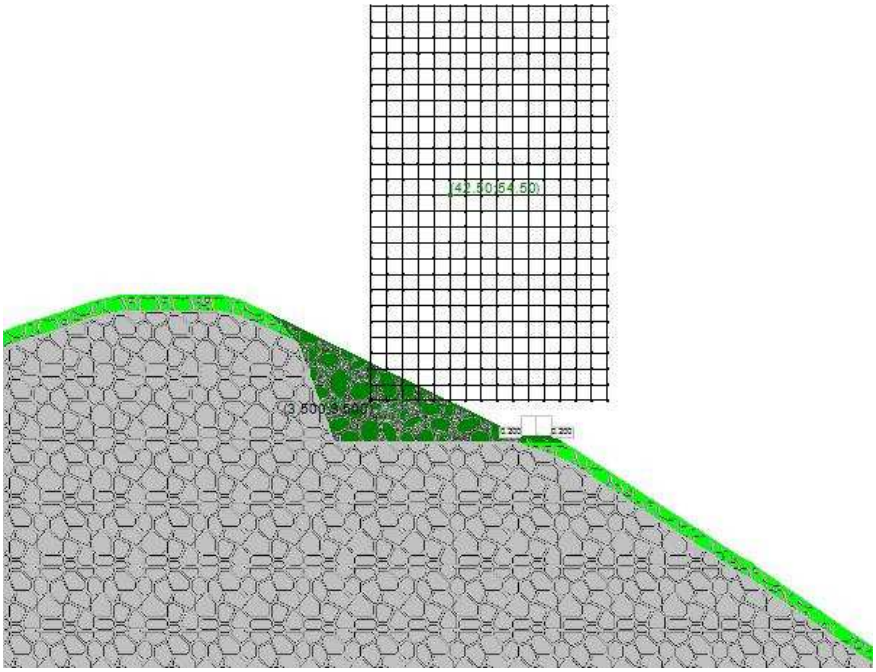


Figura 154. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	168	50	1844	1640	1032	0.015	28	0	0	0	0
2	168	43	4853	4602	2181	0.015	28	0	0	0	0
3	168	37	6693	6249	2817	0.015	28	0	0	0	0
4	168	31	7662	7060	3124	0.015	28	0	0	0	0
5	168	25	7925	7258	3190	0.015	28	0	0	0	0
6	168	20	7586	6957	3059	0.015	28	0	0	0	0
7	168	15	6712	6208	2750	0.015	28	0	0	0	0
8	168	10	5347	5023	2267	0.015	28	0	0	0	0
9	168	5	3520	3384	1603	0.015	28	0	0	0	0
10	168	1	1247	1239	738	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 91. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
115	1	41.0	50.0	13	34.679
144	3	42.5	54.5	20	1.055

Tabella 92. Fattori di sicurezza massimi e minimi

11.4.3. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.062, si ha in corrispondenza del centro numero 111 e della superficie numero 4. Le coordinate del centro sono: C(4100,4400). Il raggio della superficie critica è pari a 1300 cm.

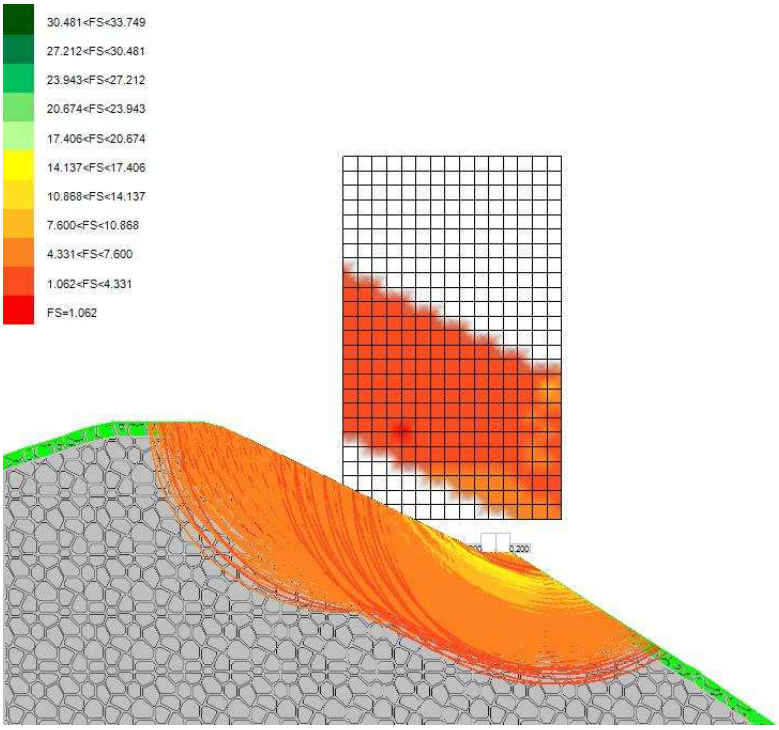


Figura 155. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

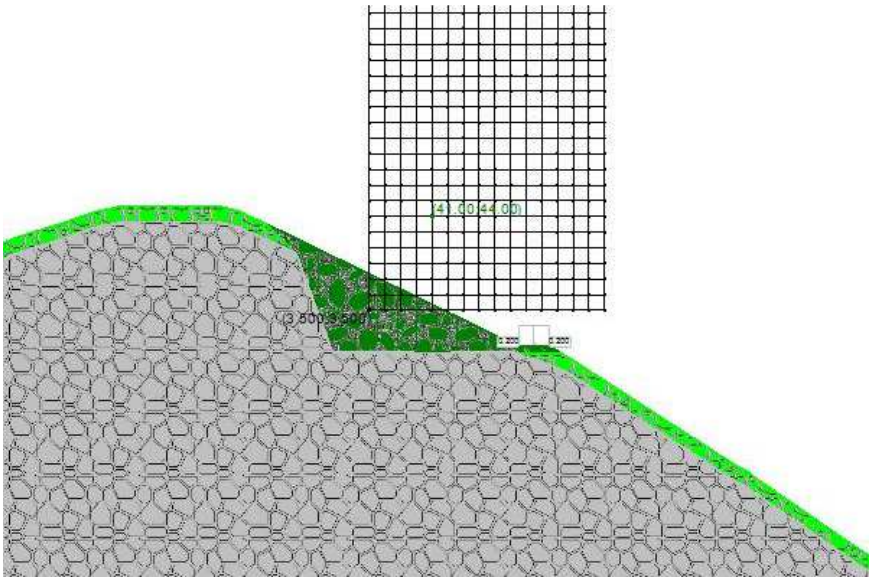


Figura 156. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	190	69	6937	8483	4133	0.015	23.04	0	-15	0	0
2	190	51	16307	16912	7194	0.015	23.04	15	-426	0	0
3	190	39	19778	18967	7939	0.015	23.04	426	-836	0	0
4	190	28	21000	19491	8111	0.015	23.04	836	-1237	0	0
5	190	19	20722	19169	7961	0.015	23.04	1237	-1345	0	0
6	190	11	19254	18176	7552	0.015	23.04	1345	-1570	0	0
7	190	2	16741	16495	6874	0.015	23.04	1570	-1640	0	0
8	190	6	13234	12726	5366	0.015	23.04	1640	-1681	0	0
9	190	15	8719	8089	3517	0.015	23.04	1681	-1702	0	0
10	190	24	3101	2771	1402	0.015	23.04	1702	-1703	0	0

Tabella 93. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
111	4	41.0	44.0	13	1.062
373	1	56.0	47.0	16	33.749

Tabella 94. Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

11.4.4. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti

Nelle figure seguenti è riportato il confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti dai tre metodi di calcolo utilizzati. Si evince che in tutti i casi il fattore di sicurezza è prossimo a 1. In particolare, il minimo fattore di sicurezza minimo (Fellineus) è pari a 1. La superficie critica, come si evince dalla figura sottostante, è localizzata nella porzione di terreno di riporto a monte della scarpata in esercizio. Al fine di garantire condizioni di sicurezza della scarpata in esame, si prevede dunque l'esecuzione di opere di sostegno, come descritte nel successivo paragrafo.

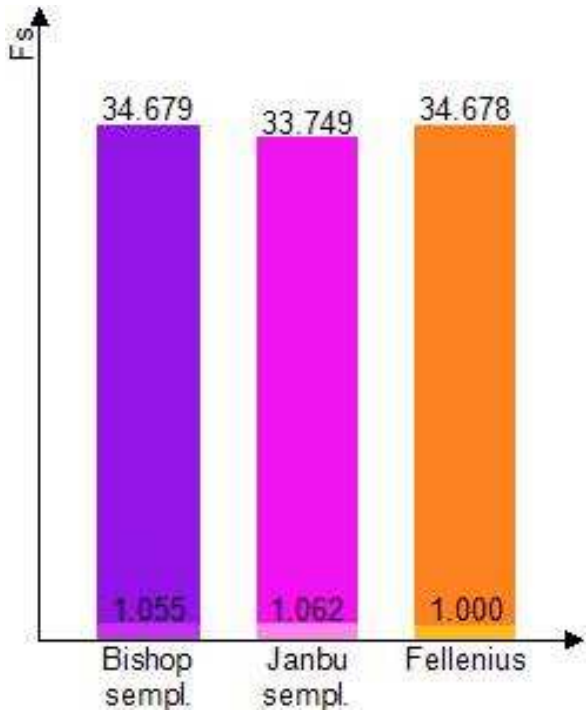


Figura 157. Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

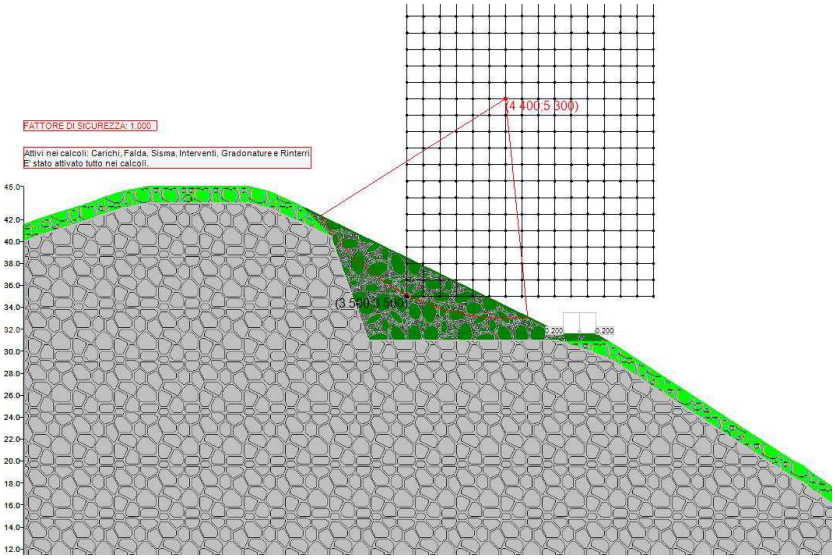


Figura 158. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

11.5. Condizioni di esercizio – interventi di sostegno sul versante

Stratigrafia.

- Strato nr. 1a. **coltre sciolta/conglomerato – UNITA' GEOTECNICA A**
- Strato nr. 1b. **coltre sciolta ricavata da terreni di scavo**
- Strato nr. 2. **substrato roccioso - UNITA' GEOTECNICA B**

Al termine delle operazioni di installazione degli aerogeneratori è previsto il ricoprimento delle scarpate in scavo con materiale di riporto ricavato dagli scavi (Strato nr. 1b).

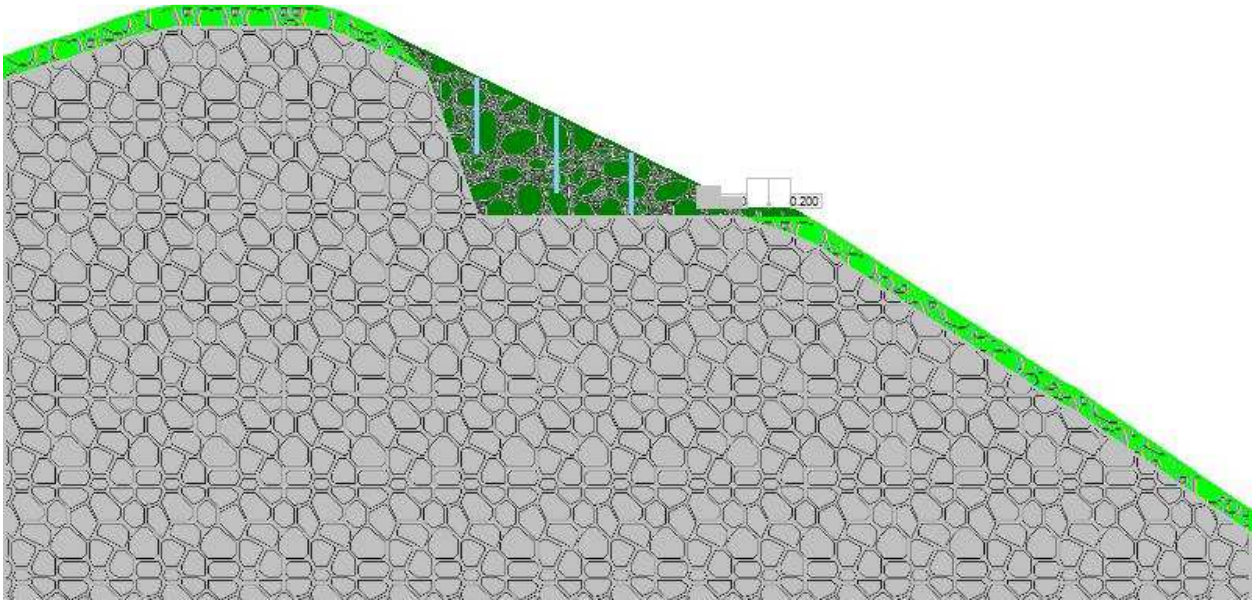


Figura 159. Rappresentazione del pendio.

Interventi

Al fine di garantire la sicurezza del versante, sono previsti interventi di consolidamento mediante l'inserimento di gradonature e palificate.

11.5.1. Gradonatura

E' stata inserita una gradonatura, le cui caratteristiche sono riportate di seguito.
Il numero di gradoni è pari a 2, l'altezza e la larghezza di questi sono rispettivamente pari a 75 cm ed a 150 cm. L'inclinazione della base è pari a: 0°.
Il terreno che costituisce la gradonatura ha le seguenti caratteristiche:
- coesione: 0.1 daN/cm2
- angolo d'attrito: 28°
- peso secco: 0.0019 daN/cm3
- peso saturo: 0.0019 daN/cm3

Posizione della gradonatura: x = 4600 cm, y = 3153 cm

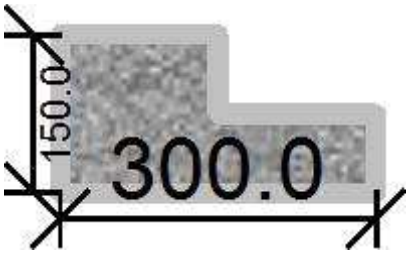


Figura 160. Rappresentazione della gradonatura

11.5.2. Palificate

E' previsto l'inserimento di tre palificate, con le seguenti caratteristiche:

Palificata 1
- Lunghezza: 500 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm
- Peso di volume del terreno: 0.0019 daN/cm3
- Coesione: 0.1 daN/cm2
- Angolo di attrito: 28°

Posizione della palificata: x = 3146 cm, y = 4019 cm

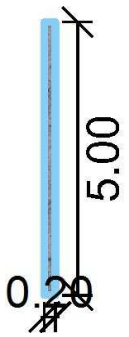


Figura 161. Rappresentazione della palificata (Palificata 1)

Palificata 2
- Lunghezza: 500 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm
- Peso di volume del terreno: 0.0019 daN/cm3
- Coesione: 0.1 daN/cm2
- Angolo di attrito: 28°

Posizione della palificata: x = 3678 cm, y = 3760 cm

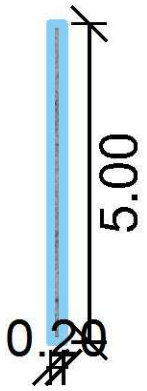


Figura 162. Rappresentazione della palificata (Palificata 1)

Palificata 3

- Lunghezza: 400 cm
- Diametro: 20 cm
- Interasse tra i pali: 150 cm
- Peso di volume del terreno: 0.0019 daN/cm3
- Coesione: 0.1 daN/cm2
- Angolo di attrito: 28°

Posizione della palificata: x = 4173 cm, y = 3519 cm

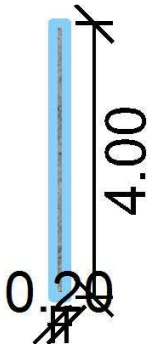


Figura 163. Rappresentazione della palificata (Palificata 2)

Carichi.

In tale condizione è prevista l'applicazione di un carico variabile stradale generato da un mezzo pesante a pieno carico e agente sull'estremità di valle della piazzola. L'entità del carico è ipotizzata pari a 0.2 daN/cm^2. Il punto di applicazione iniziale del carico ha ascissa pari a 4925 cm ed ordinata pari a 3153 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 5223 cm ed ordinata pari a 3153 cm.

Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare. La maglia di centri ha origine nel punto C(3000,3500), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 cm, in direzione verticale ha passo pari a 150 cm. Il raggio iniziale è pari a 1000 cm, si hanno 10 incrementi di 100 cm. Il numero di centri è 416 ed il numero di superfici circolari generate è 1180. Il numero di strisce è stato stabilito a 10.

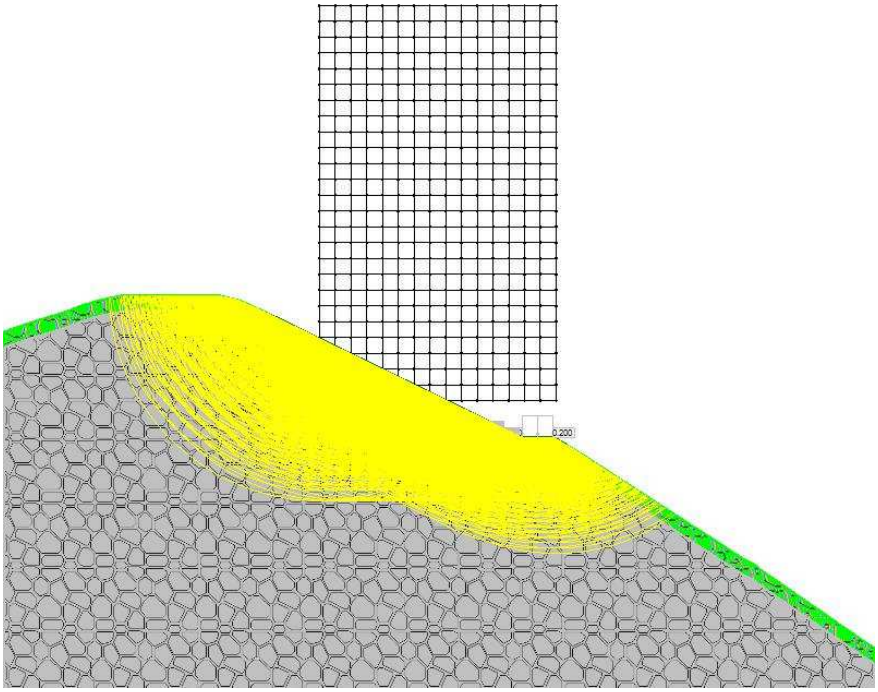


Figura 164. Superfici di rottura e maglia centri

11.5.3. Verifica di stabilità. 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 alle base, l'ipotesi semplificativa consiste nel trascurate le forze di interstriscia (E = X = 0). Il calcolo tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.076, si ha in corrispondenza del centro numero 298 e della superficie numero 3. Le coordinate del centro sono: C(4650,5150). Il raggio della superficie critica è pari a 1900 cm.

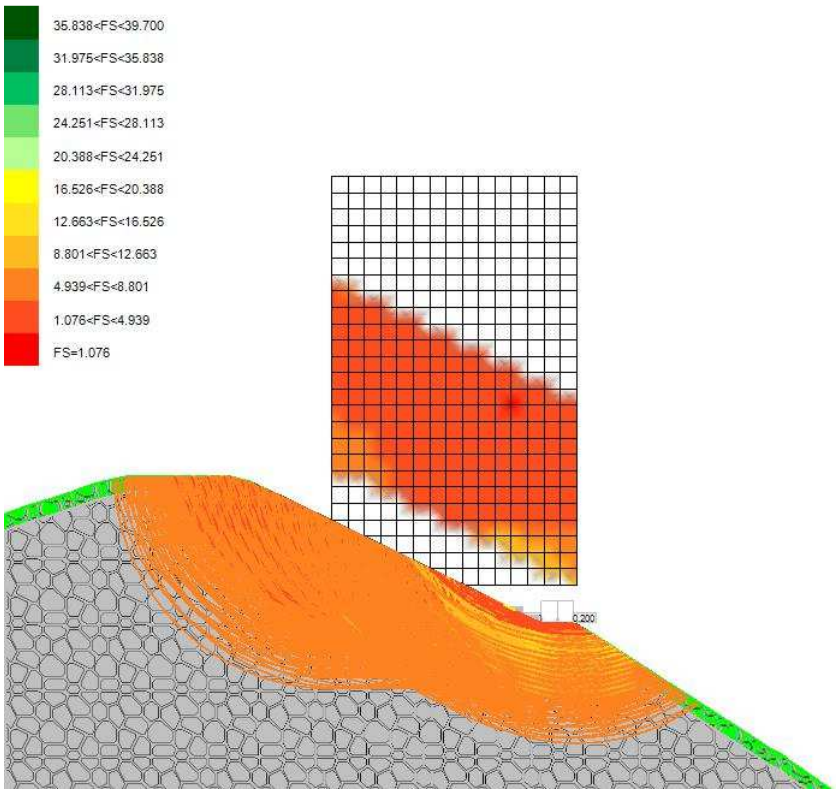


Figura 165. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

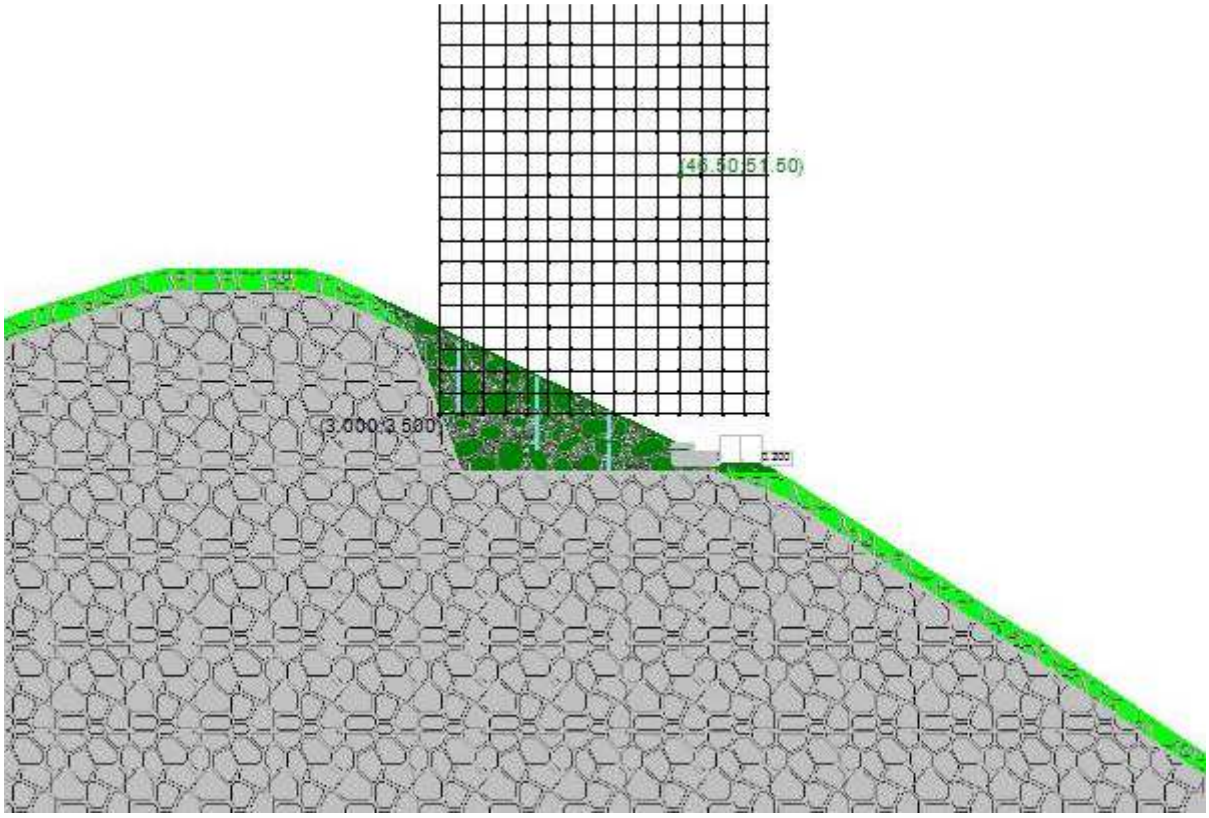


Figura 166. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	161	50	1736	1108	1336	0.015	28	0	0	0	0
2	161	43	4562	3327	3122	0.015	28	0	0	0	0
3	161	37	6283	5031	3765	0.015	28	0	0	0	0
4	161	31	7185	6163	3694	0.015	28	0	0	0	0
5	161	25	7426	6708	3187	0.015	28	0	0	0	0
6	161	20	7105	6671	2445	0.015	28	0	0	0	0
7	161	15	6284	6069	1629	0.015	28	0	0	0	0
8	161	10	5005	4928	873	0.015	28	0	0	0	0
9	161	5	3294	3281	295	0.015	28	0	0	0	0
10	161	0	1167	1167	5	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 95. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
16	1	30.0	57.5	15	39.700
298	3	46.5	51.5	19	1.076

Tabella 96. Fattori di sicurezza massimi e minimi

11.5.4. Verifica di stabilità. 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 e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.125, si ha in corrispondenza del centro numero 273 e della superficie numero 2. Le coordinate del centro sono: C(4500,5300). Il raggio della superficie critica è pari a 1900 cm.

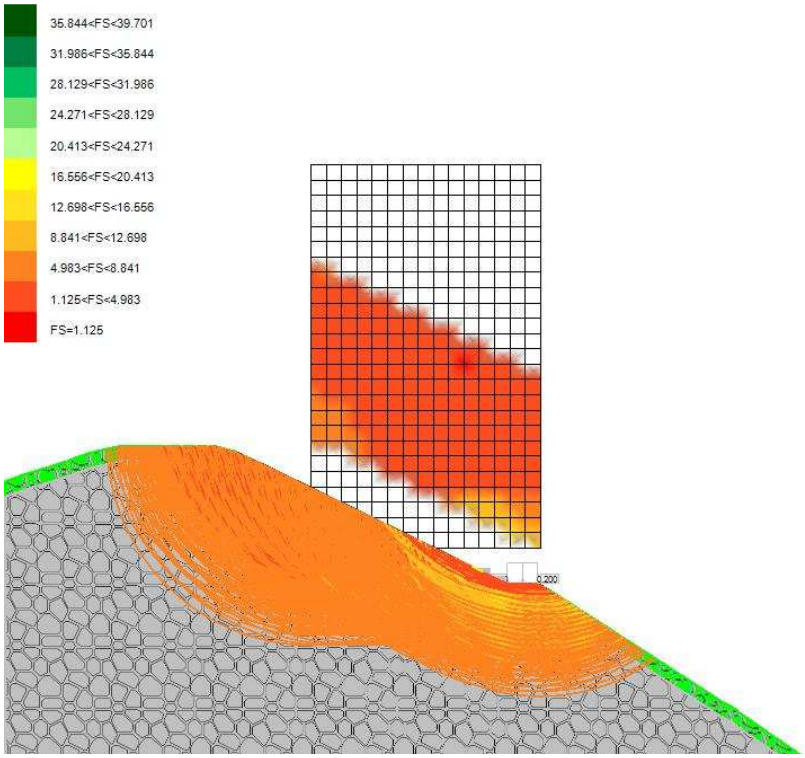


Figura 167. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

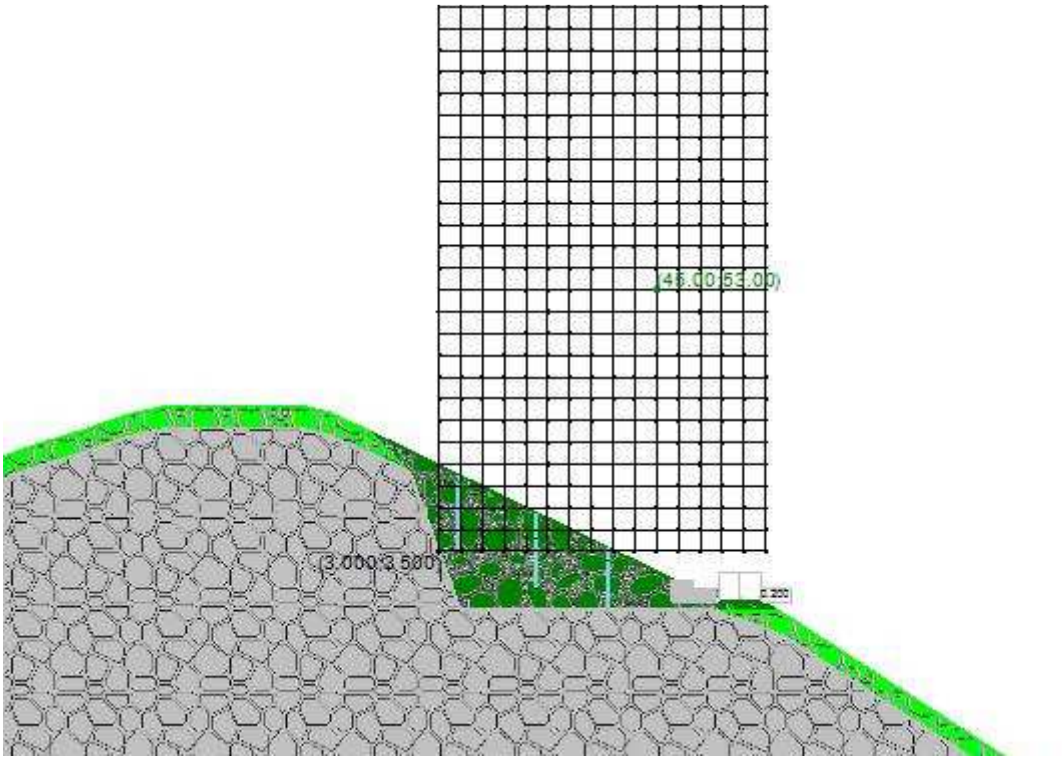


Figura 168. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	135	46	959	798	563	0.015	28	0	0	0	0
2	135	41	2555	2389	1141	0.015	28	0	0	0	0
3	135	36	3578	3337	1483	0.015	28	0	0	0	0
4	135	31	4143	3833	1659	0.015	28	0	0	0	0

5	135	26	4322	3978	1704	0.015	28	0	0	0	0
6	135	22	4164	3829	1641	0.015	28	0	0	0	0
7	135	17	3701	3416	1480	0.015	28	0	0	0	0
8	135	13	2958	2754	1226	0.015	28	0	0	0	0
9	135	9	1952	1839	878	0.015	28	0	0	0	0
10	135	5	692	659	430	0.015	28	0	0	0	0

Tabella 97. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
16	1	30.0	57.5	15	39.701
273	2	45.0	53.0	19	1.125

Tabella 98. Fattori di sicurezza massimi e minimi

11.5.5. Verifica di stabilità. Metodo di JAMBU semplificato (1955)

Il metodo trascura le forze di taglio di interstriscia ammettendo che le strisce interagiscano solo con sforzi normali, calcolo l'equilibrio alla traslazione verticale. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda e degli interventi. Il fattore di sicurezza critico è 1.086, si ha in corrispondenza del centro numero 187 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C(4050,4100). Il raggio della superficie critica è pari a 1000 cm.

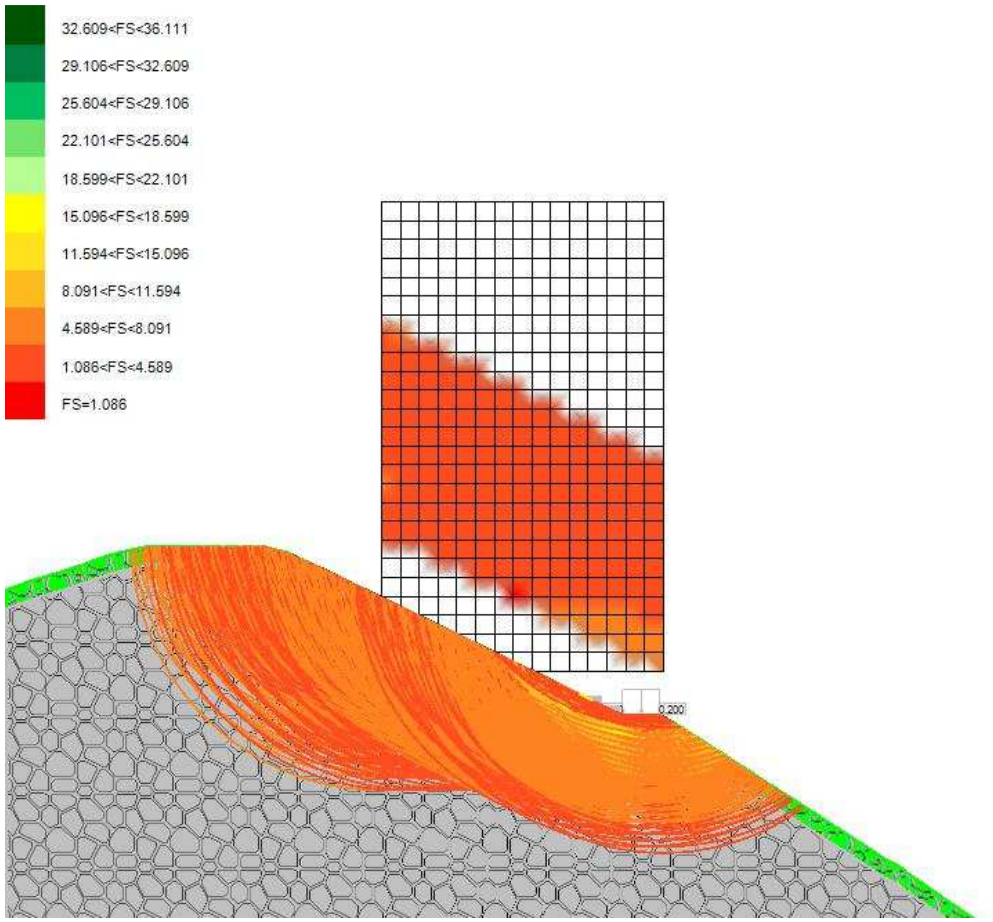


Figura 169. Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

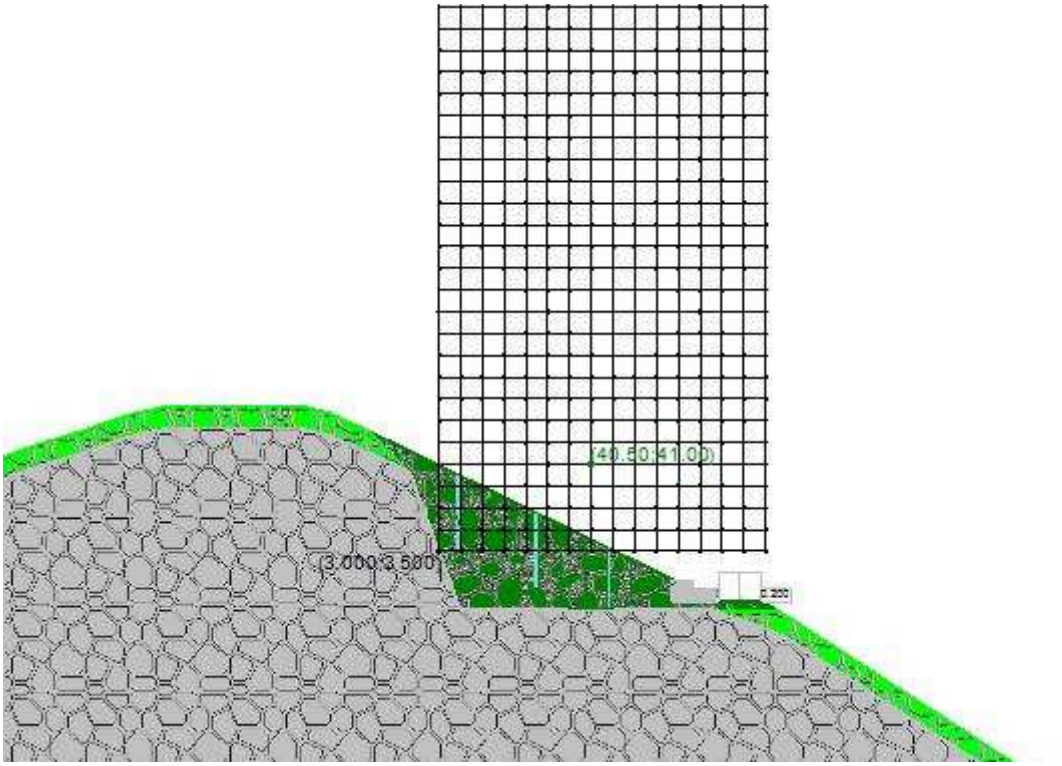


Figura 170. Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cmq]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	159	73	6356	8411	4028	0.015	23.04	0	-11	0	0
2	159	50	14374	14982	6208	0.015	23.04	11	-99	0	0
3	159	37	16677	15982	6534	0.015	23.04	99	-246	0	0
4	159	26	17341	16108	6552	0.015	23.04	246	-379	0	0
5	159	17	16920	15749	6396	0.015	23.04	379	-467	0	0
6	159	7	15630	14982	6088	0.015	23.04	467	-497	0	0
7	159	2	13564	13390	5463	0.015	23.04	497	-468	0	0
8	159	11	10738	10122	4187	0.015	23.04	468	-393	0	0
9	159	21	7109	6543	2796	0.015	23.04	393	-294	0	0
10	159	31	2541	2275	1146	0.015	23.04	294	-202	0	0

Tabella 99. Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
16	1	30.0	57.5	15	36.111
187	1	40.5	41.0	10	1.086

Tabella 100. Fattori di sicurezza massimi e minimi

11.5.6. Confronto tra i fattori di sicurezza ottenuti.

L'inserimento delle opere di sostegno permette di ottenere un lieve incremento del fattore di sicurezza, con valore minimo maggiore di 1 (1.076), pertanto le condizioni di stabilità risultano verificate.

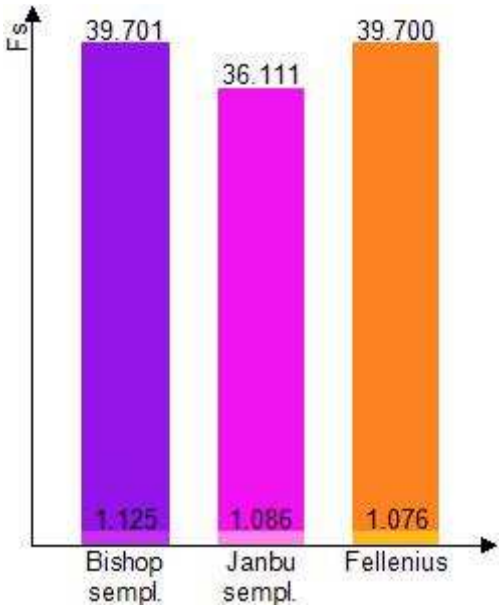


Figura 10.1: Confronto tra i fattori di sicurezza calcolati

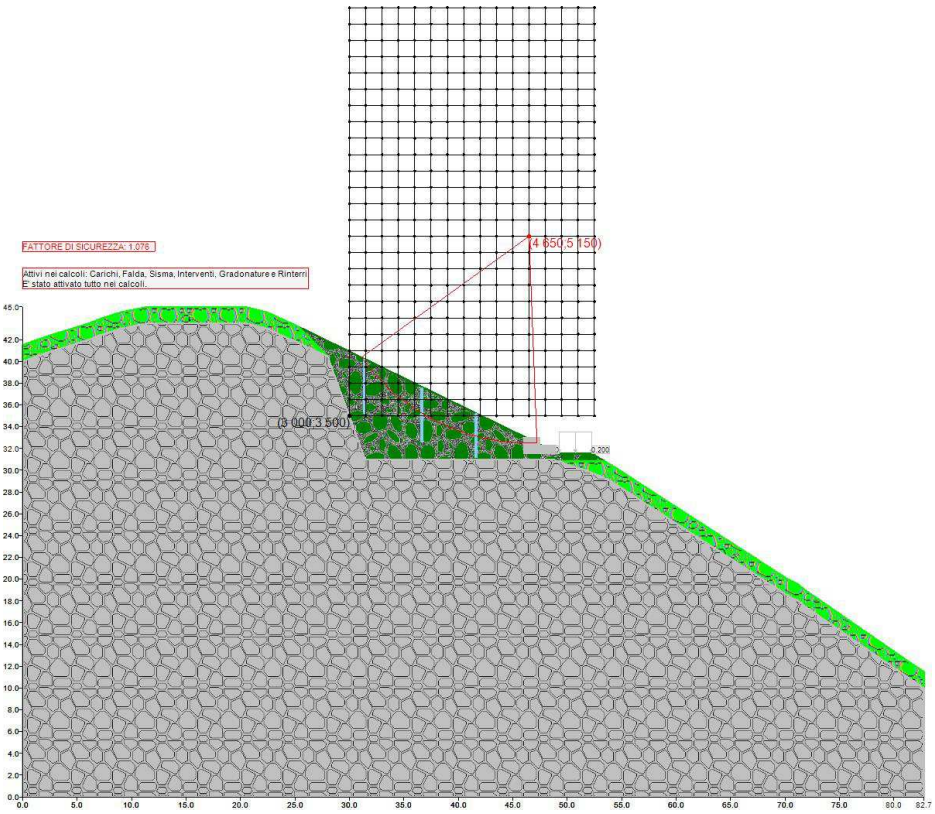


Figura 171. Superficie di rottura critica e fattore di sicurezza

11.5.7. Calcolo della resistenza della palificata

Le palificate sono piuttosto utilizzate negli interventi di stabilizzazione dei versanti. I pali che intersecano le potenziali superfici di scorrimento, danno un contributo alle azioni resistenti esercitando una forza orizzontale, e permettono di aumentare il valore del fattore di sicurezza. Per calcolare questo contributo è stato utilizzato il metodo di Ito e Matsui (1981), che ipotizzano pali sottoposti a carichi noti ed assimilabili a travi su suolo elastico al di sopra delle superfici di scivolamento. Le sollecitazioni esercitate dal terreno sono

contenute dall'azione esercitata dai pali e valutate in base alle dimensioni degli stessi, al loro interasse ed alle caratteristiche del terreno che si trova a monte. Con questo metodo possono essere inserite diverse file di pali, supponendo che non vi sia interazione tra essi. Viene calcolata la funzione della distribuzione della forza, variabile con la profondità, che agisce sulla palificata.

La resistenza massima ricavata per la palificata numero 1 è pari a: 124 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 116 e della superficie numero 5.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :4.99 m.
La resistenza massima ricavata per la palificata numero 2 è pari a: 124 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 213 e della superficie numero 1.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :5.00 m.
La resistenza massima ricavata per la palificata numero 3 è pari a: 82 kN (per singolo palo).
Tale forza è ricavata in corrispondenza del centro numero 36 e della superficie numero 11.
L'altezza su cui agisce la forza è pari a :3.99 m.