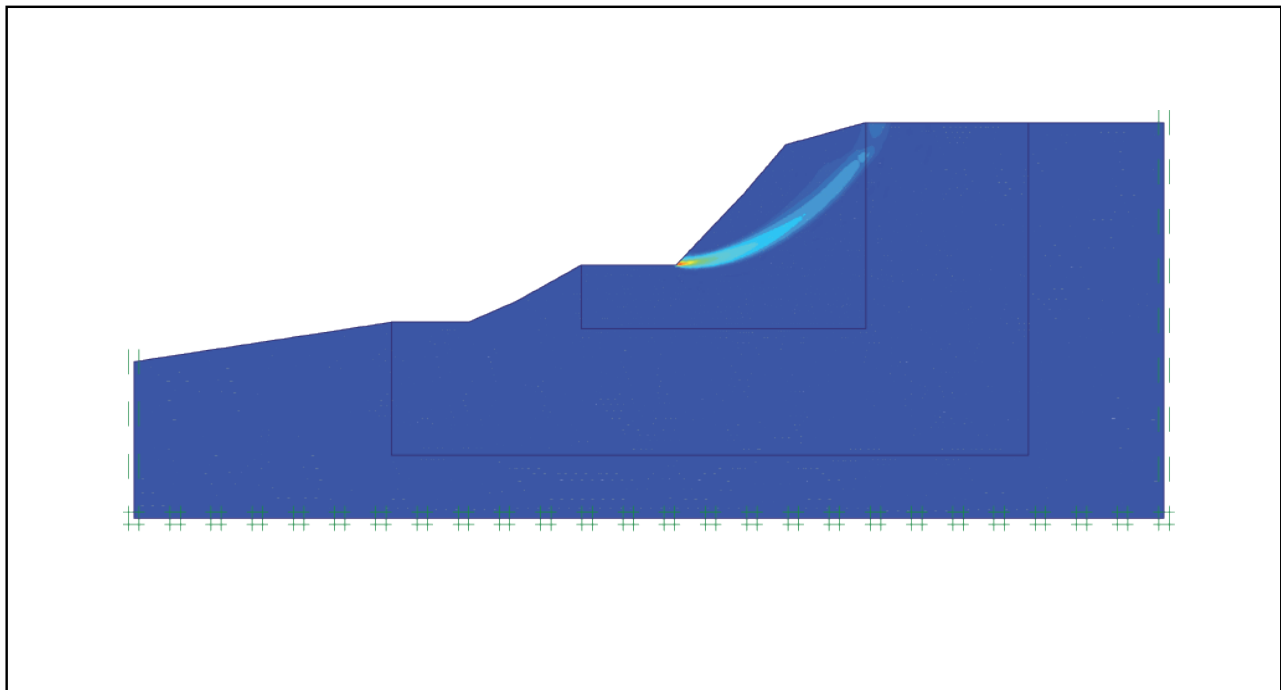
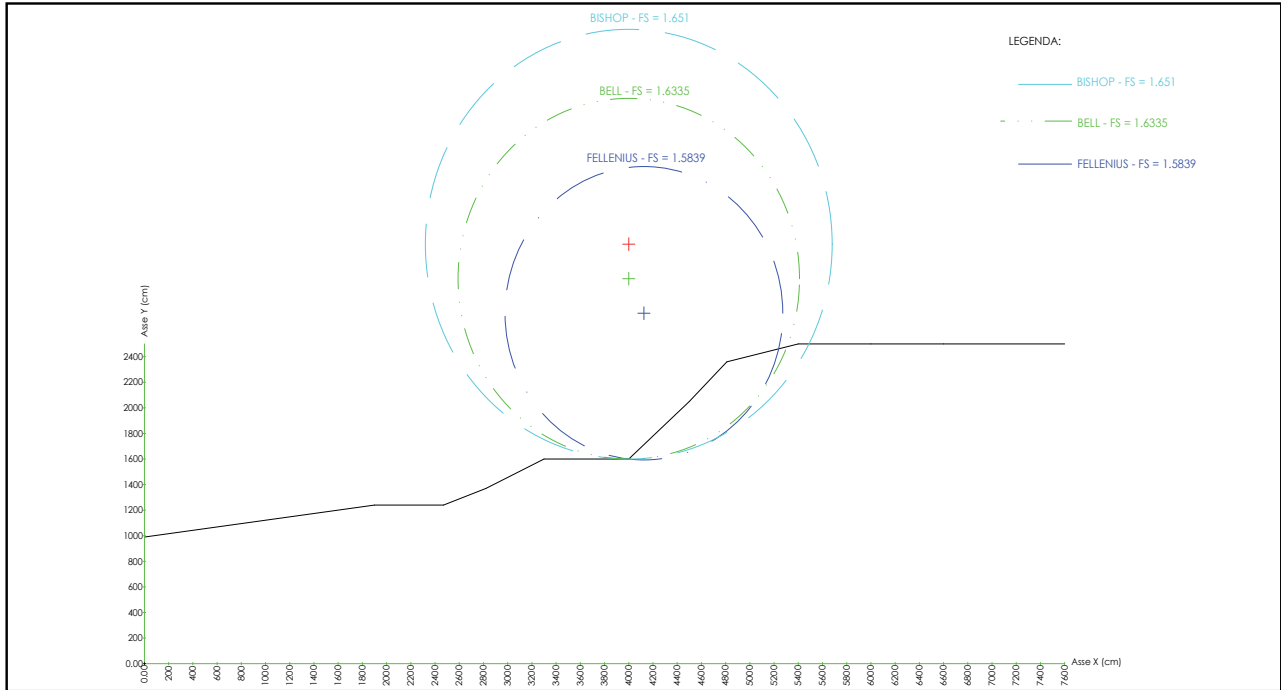


Analisi di stabilita di un pendio



01. METODI DELL'EQUILIBRIO LIMITE

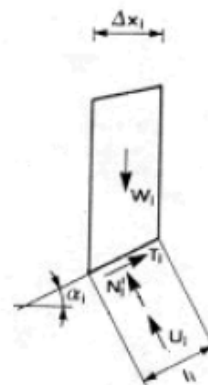
I metodi dell'equilibrio limite sono fondati su osservazioni di tipo fisico-meccanico che prescindono dallo studio della deformazione e quindi anche dalle leggi di comportamento del terreno. Gli unici parametri fisici introdotti nel calcolo sono, oltre al peso specifico naturale, quelli di coesione e di resistenza al taglio.

- Metodo di Fellenius

Si assume che la superficie di scivolamento possa essere assimilata ad un arco di circonferenza. Si considera la massa interessata dallo scivolamento suddivisa in n conci verticali. Su ogni concio agisce il proprio peso W_i e, alla base del concio, la coesione c_i e l'eventuale pressione neutra u_i . Non si tiene conto delle forze mutue. Si pone che la forza effettiva normale alla base di ogni elemento sia pari alla differenza tra la componente del peso normale alla base e la pressione neutra risultante lungo la superficie di scorrimento. La pressione neutra risultante è uguale alla pressione neutra media moltiplicata per la lunghezza della superficie di scorrimento. Si conclude che la resistenza massima disponibile in questa sezione di superficie è:

$$S_i = c_i \cdot l_i + (W_i \cdot \cos \alpha_i - u_i \cdot l_i) \cdot \tan \phi_i$$

con α_i = inclinazione alla base del concio;
 l_i = lunghezza della base del concio;
 ϕ_i = angolo d'attrito interno alla base del concio.



Il massimo momento resistente risultante è la somma di tali forze S_i moltiplicate per il raggio r della superficie circolare assunta come superficie di rottura:

$$M_S = r \cdot \sum_{i=1}^n S_i$$

Il momento ribaltante può essere definito come la sommatoria dei prodotti tra i pesi dei conci e i bracci dei rispettivi baricentri rispetto al centro del cerchio di scorrimento:

$$M_R = \sum_{i=1}^n W_i \cdot b_i$$

dove $b_i = r \cdot \sin \alpha_i$.

Imponendo il fattore di sicurezza come rapporto tra il momento resistente e ribaltante

$$FS = \frac{M_S}{M_R}$$

si ottiene

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i + (W_i \cdot \cos \alpha_i - u_i \cdot l_i) \cdot \tan \phi_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

- Metodo di Bishop

Si assume che la superficie di scivolamento possa essere assimilata ad un arco di circonferenza. Se si considera la massa interessata dallo scivolamento suddivisa in n conci, il fattore di sicurezza può essere espresso in termini di momenti generati dalle forze agenti sui singoli conci rispetto al centro della circonferenza stessa

$$FS = \frac{M_S}{M_R}$$

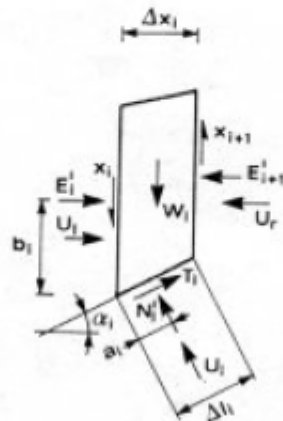
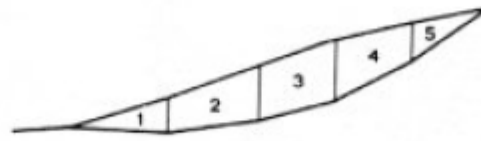
In cui M_R è il momento delle forze ribaltanti pari a

$$M_R = r \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i$$

M_S è il momento stabilizzante dato da

$$M_S = \sum_{i=1}^n (c + \sigma_i \cdot \tan \phi_i) \cdot \Delta l_i$$

dove r e il Δl_i sono rispettivamente il raggio e la lunghezza della base del concio considerato. Nel metodo di **Bishop** si assume che le azioni agenti all'interfaccia dei conci abbiano risultante orizzontale, perciò, se si esprime la resistenza mobilizzata T_i come un'aliquota della resistenza al taglio tramite il fattore di sicurezza **FS** (assunto uguale a quello dell'equazione generale), e si ricava N_i dall'equilibrio alla traslazione verticale:



$$N_i = \frac{W_i - u_i \cdot \Delta x_i - (1/FS) \cdot c \cdot \Delta x_i \cdot \tan \alpha_i}{\cos \alpha_i \cdot [1 + (\tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i) / FS]}$$

ottenendo

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \cdot \Delta x_i + (W_i - u_i \cdot \Delta x_i) \cdot \tan \phi_i] \cdot [1 / M_i(\alpha)]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

con

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha_i \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i}{FS} \right)$$

Per la determinazione di **FS** è richiesta una procedura per successive approssimazioni: si fissa dapprima un valore di tentativo di **FS** pari ad 1 a secondo membro e si ricava un successivo valore da introdurre nelle sommatorie, fino a raggiungere attraverso iterazioni un grado di approssimazione pari a 0.001.

- Metodo di Bell

Il metodo di **Bell** considera solo l'equilibrio globale dell'intera massa scivolante. La suddivisione in conci è utilizzata esclusivamente per comodità di calcolo. Il metodo prevede l'inserimento di eventuali forze sismiche attraverso i due coefficienti sismici orizzontale e verticale K_x e K_y .

Per l'equilibrio in direzione orizzontale, verticale ed alla rotazione si ha rispettivamente:

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i l_i \cos \alpha_i}{F} + \frac{(N_i - U_i l_i) \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i}{F} - N_i \sin \alpha_i - K_x W_i \right] + Q = 0$$

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i l_i \sin \alpha_i}{F} + \frac{(N_i - U_i l_i) \sin \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i}{F} + N_i \cos \alpha_i - (1 - K_y) \cdot W_i \right] - P = 0$$

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i l_i \cos \alpha_i}{F} + \frac{(N_i - U_i l_i) \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i}{F} - N_i \sin \alpha_i \right] \cdot z_{c_i} - \sum_{i=1}^n K_x W_i \cdot y_{g_i} + Q \cdot y_q -$$

$$- \sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i l_i \sin \alpha_i}{F} + \frac{(N_i - U_i l_i) \sin \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i}{F} + N_i \cos \alpha_i \right] \cdot x_{c_i} + \sum_{i=1}^n (1 - K_y) W_i \cdot x_{g_i} + P \cdot x_p = 0$$

L'ipotesi introdotta per la risoluzione delle equazioni di equilibrio è relativa alla distribuzione delle tensioni normali lungo la linea di scivolamento. **Bell** impone che σ_n vari con la seguente legge:

$$\sigma_n = C_1 \cdot (1 - K_y) \frac{W_i \cos \alpha}{l_i} + C_2 \cdot f(x_{c_i}, y_{c_i}, z_{c_i})$$

dove

$$f = \sin 2\pi \cdot \left(\frac{x_b - x_i}{x_b - x_a} \right)$$

nella quale (x_a, y_a) e (x_b, y_b) rappresentano gli estremi del pendio.

Ne risulta un sistema non lineare determinato nelle incognite **C1**, **C2** e **F**. Esso può essere ricondotto al sistema seguente, nel quale si considerano **C1**, **C2** e **C3** come incognite e **F** come parametro.

$$A11 \cdot C1 + A12 \cdot C2 + A13 \cdot C3 = A14$$

$$A21 \cdot C1 + A22 \cdot C2 + A23 \cdot C3 = A24$$

$$A31 \cdot C1 + A32 \cdot C2 + A33 \cdot C3 = A34$$

dove

$$A_{11} = (1 - K_y) \cdot \left(\sum_{i=1}^n W_i \cos^2 \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i - F \cdot \sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i \cdot \cos \alpha_i \right)$$

$$A_{12} = \sum_{i=1}^n f \cdot b_i \operatorname{tg} \phi_i - F \cdot \sum_{i=1}^n f \cdot b_i \operatorname{tg} \alpha_i$$

$$A_{13} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot b_i$$

$$A_{14} = \sum_{i=1}^n U_i b_i \operatorname{tg} \phi_i + F \cdot \left(K_x \cdot \sum_{i=1}^n W_i - Q \right)$$

$$A_{21} = (1 - K_y) \cdot \left(\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i + F \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cos^2 \alpha_i \right)$$

$$A_{22} = \sum_{i=1}^n f \cdot b_i \operatorname{tg} \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i + F \cdot \sum_{i=1}^n f \cdot b_i$$

$$A_{23} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot b_i \operatorname{tg} \alpha_i$$

$$A_{24} = \sum_{i=1}^n U_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i + F \cdot \left((1 - K_y) \cdot \sum_{i=1}^n W_i + P \right)$$

$$A_{31} = (1 - K_y) \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n (W_i \cos^2 \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i) \cdot z_{c_i} - \sum_{i=1}^n (W_i \sin \alpha_i \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i) \cdot x_{c_i} - \right. \\ \left. - F \cdot \left(\sum_{i=1}^n (W_i \cos^2 \alpha_i) \cdot x_{c_i} + \sum_{i=1}^n (W_i \sin \alpha_i \cos \alpha_i) \cdot z_{c_i} \right) \right\}$$

$$A_{32} = \sum_{i=1}^n (f \cdot b_i \operatorname{tg} \phi_i) \cdot z_{c_i} - \sum_{i=1}^n (f \cdot b_i \operatorname{tg} \phi_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i) \cdot x_{c_i} - F \cdot \left(\sum_{i=1}^n (f \cdot b_i \operatorname{tg} \alpha_i) \cdot z_{c_i} + \sum_{i=1}^n (f \cdot b_i \cdot x_{c_i}) \right)$$

$$A_{33} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot b_i \cdot z_{c_i} - \sum_{i=1}^n (c_i \cdot b_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i) \cdot x_{c_i}$$

$$A_{34} = \sum_{i=1}^n (U_i b_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i) \cdot z_{c_i} - \sum_{i=1}^n (U_i b_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i) \cdot x_{c_i} +$$

$$+ F \cdot \left[K_x \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{\bar{g}_i} - (1 - K_y) \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot x_{\bar{g}_i} - P \cdot y_m - Q \cdot y_m \right]$$

Il valore corretto di F è quello che rende $C3 = 1$.

02. PHI-C REDUCTION

La **Phi-c reduction** (*Riduzione dei parametri di resistenza*) è un'opzione disponibile in PLAXIS per calcolare fattori di sicurezza. Nell'approccio **Phi-c reduction** i parametri di resistenza ***tanφ*** e ***c*** del terreno vengono ridotti fin quando avviene la rottura della struttura; anche la resistenza delle interfacce, se utilizzata, è ridotta nello stesso modo; invece la resistenza di oggetti strutturali come le piastre e gli ancoraggi non è influenzata dalla procedura **Phi-c reduction**. Il moltiplicatore totale ΣM_{sf} viene utilizzato per definire il valore dei parametri di resistenza del terreno in un dato stadio dell'analisi:

$$\Sigma M_{sf} = \frac{\tan \varphi_{input}}{\tan \varphi_{reduced}} = \frac{C_{input}}{C_{reduced}}$$

dove i parametri di resistenza con il pedice '**input**' si riferiscono alle proprietà del materiale introdotte ed i parametri con il pedice '**reduced**' si riferiscono ai valori ridotti utilizzati nell'analisi. All'inizio di un calcolo a ΣM_{sf} è assegnato il valore 1,0 per impostare tutte le resistenze dei materiali ai loro valori originali. Si deve comunque sempre controllare che nello step finale si sia sviluppato completamente un meccanismo di rottura; in questo caso, il fattore di sicurezza è dato da:

$$SF = \frac{\text{resistenza disponibile}}{\text{resistenza a rottura}} = \text{valore di } \Sigma M_{sf} \text{ a rottura}$$

L'approccio **Phi-c reduction** comporta una definizione del coefficiente di sicurezza simile alla definizione che si adopera convenzionalmente nei calcoli eseguiti con i metodi dell'equilibrio limite globale.

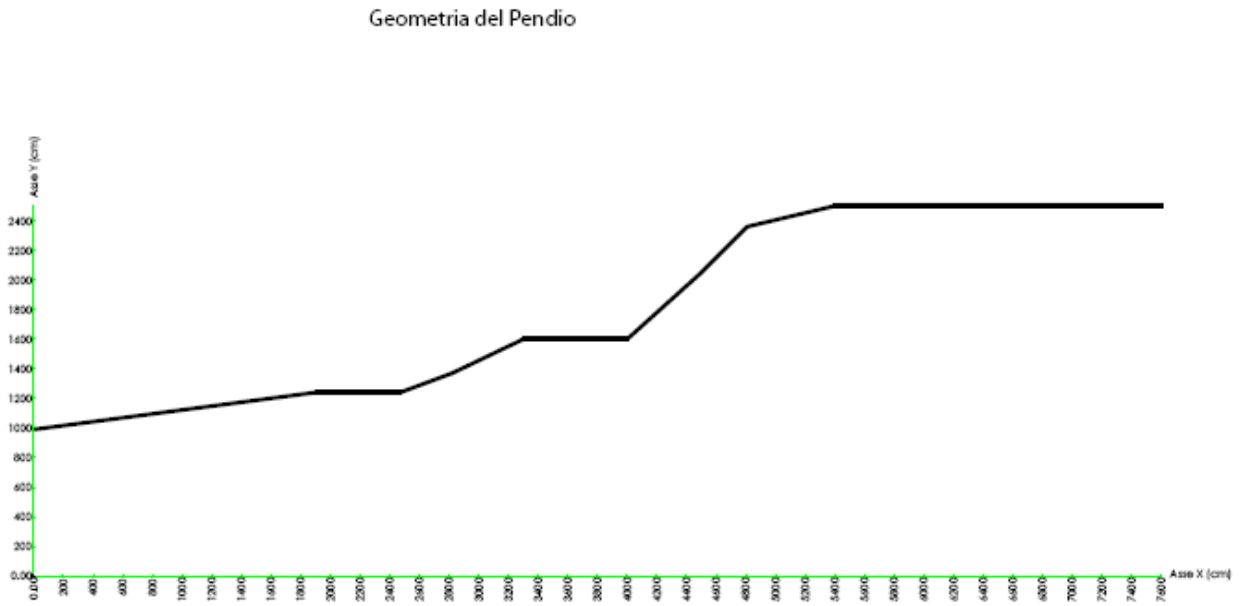


Tabella dei terreni

Gamma sat	Gamma sec	Ang.atrito	Coesione	Modulo E	Modulo G
daN/m ³	daN/m ³	(gradi)	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²
2000	1825	22,00	0,20	350	130

Metodo di Fellenius

Simboli usati nella tabella dei risultati:

alfa	= angolo alla base del concio in gradi
l	= lunghezza della base del concio
C	= coesione alla base del concio
fi	= angolo d'attrito alla base del concio in gradi
Xg	= ascissa del baricentro del concio
Yg	= ordinata del baricentro del concio
b	= braccio relativo al peso del concio
Peso	= peso complessivo alla base
Psisma	= peso complessivo alla base con sisma
Pvert	= carico verticale complessivo agente sul concio
Press	= pressione di falda
Mstab	= momento stabilizzante complessivo
MstabS	= momento instabilizzante complessivo

Unità di misura utilizzate nella tabella dei risultati: daN,cm

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:

Ascissa del centro $X = 4125$

Ordinata del centro $Y = 2740$

Raggio del cerchio $R = 1147$ cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:

Volume = 404831 cmc/cm

Peso = 739 daN/cm

Perimetro di scivolamento = 1645 cm

Stabilità del pendio senza sisma

Concio	alfa	l	C	fi	Xg	Yg	b	Peso	Psisma	Pvert	Press	Mstab	Minstab
1	-5	50	0.2	22	4033	1614	92	2	2	0	0	25104	-451
2	-2.5	50	0.2	22	4078	1632	47	7	7	0	0	29123	-666
3	0	50	0.2	22	4127	1654	2	11	11	0	0	33005	0
4	2.5	50	0.2	22	4176	1677	51	15	15	0	0	36726	1487
5	5	50	0.2	22	4226	1701	101	19	19	0	0	40267	3736
6	7.5	50	0.2	22	4276	1726	151	22	22	0	0	43608	6687
7	10	51	0.2	22	4326	1752	201	26	26	0	0	46731	10276
8	12.6	51	0.2	22	4375	1780	250	29	29	0	0	49618	14442
9	15.2	52	0.2	22	4425	1808	300	32	32	0	0	52256	19118
10	17.8	53	0.2	22	4475	1838	350	35	35	0	0	54630	24234
11	20.5	55	0.2	22	4526	1871	401	39	39	0	0	58861	31000
12	23.2	56	0.2	22	4578	1907	453	42	42	0	0	61195	37636
13	26.1	58	0.2	22	4629	1945	504	44	44	0	0	63183	44590
14	29	59	0.2	22	4681	1984	556	47	47	0	0	64816	51750
15	32	61	0.2	22	4733	2025	608	49	49	0	0	66092	58991
16	35.1	63	0.2	22	4784	2068	659	50	50	0	0	67009	66170
17	38.2	63	0.2	22	4834	2103	709	47	47	0	0	63085	67037
18	41.4	66	0.2	22	4883	2129	758	45	45	0	0	61057	67678
19	44.8	69	0.2	22	4933	2158	808	41	41	0	0	59068	67068
20	48.4	74	0.2	22	4982	2190	857	38	38	0	0	57263	64931
21	52.3	80	0.2	22	5031	2225	906	34	34	0	0	55889	60888
22	56.5	89	0.2	22	5080	2265	955	28	28	0	0	55399	54385
23	61.3	102	0.2	22	5128	2311	1003	22	22	0	0	56773	44514
24	67	126	0.2	22	5176	2366	1051	14	14	0	0	62691	29490
25	73	117	0.2	22	5215	2421	1090	3	3	0	0	54523	7093
		1645						739	739	0		658985	416042

Coefficiente di sicurezza FS = 1.5839

STABILITÀ DEL PENDIO COL METODO DI FELLENIUS - Coefficiente di sicurezza FS = 1.5039

Stabilità del pendio senza sisma

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:

Ascissa del centro X = 4125

Ordinata del centro Y = 2740

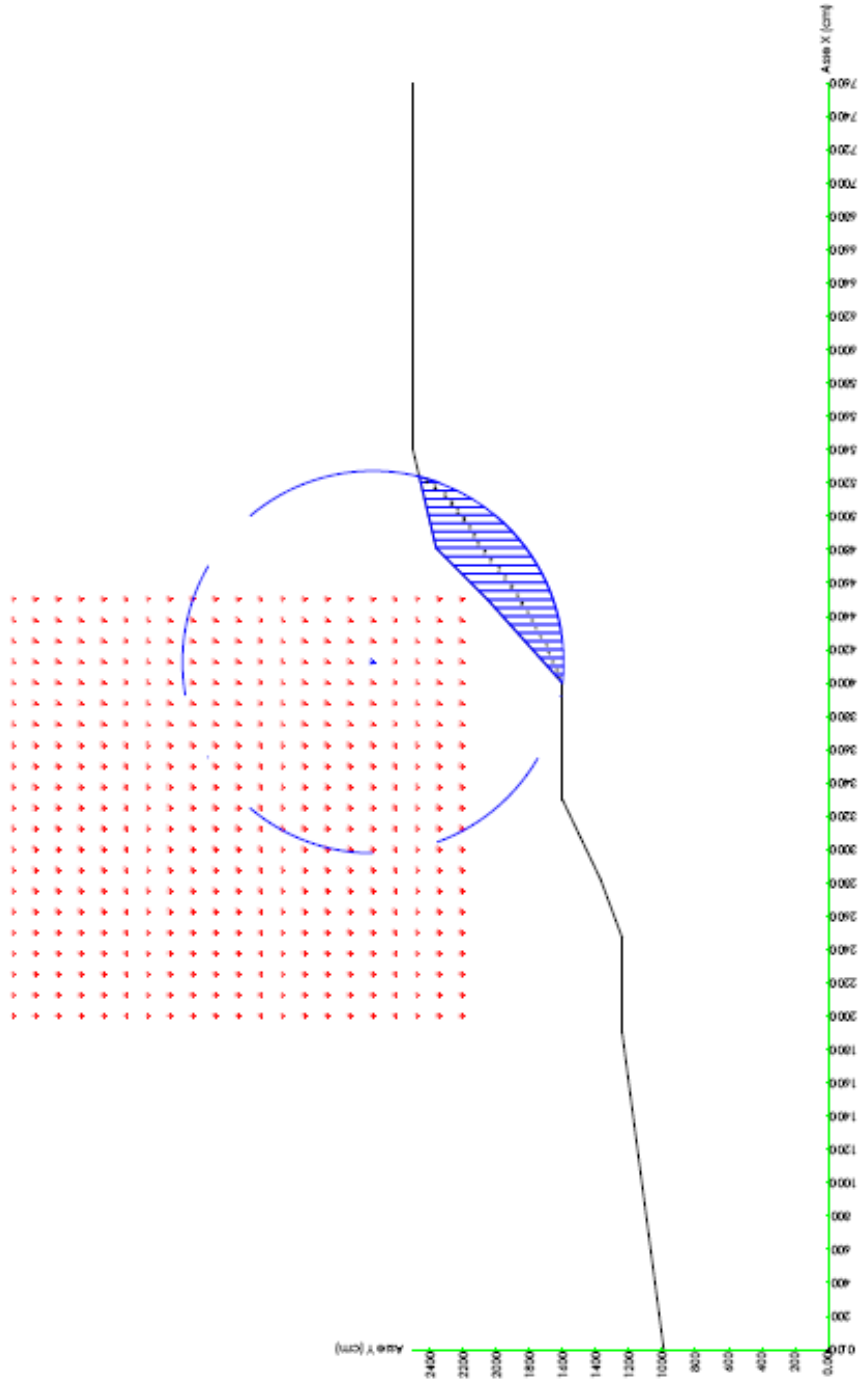
Raggio del cerchio R = 1147 cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:

Volume = 404831 cm³/cm

Peso = 739 daN/cm

Perimetro di scivolamento = 1645 cm



Metodo di Bishop

Simboli usati nella tabella dei risultati:

alfa	= angolo alla base del concio in gradi
l	= lunghezza della base del concio
C	= coesione alla base del concio
fi	= angolo d'attrito alla base del concio in gradi
Xg	= ascissa del baricentro del concio
Yg	= ordinata del baricentro del concio
b	= braccio relativo al peso del concio
Peso	= peso complessivo alla base
Psisma	= peso complessivo alla base con sisma
Pvert	= carico verticale complessivo agente sul concio
Press	= pressione di falda
Mstab	= momento stabilizzante complessivo
MstabS	= momento instabilizzante complessivo

Unità di misura utilizzate nella tabella dei risultati: daN,cm

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:

Ascissa del centro $X = 4000$

Ordinata del centro $Y = 3280$

Raggio del cerchio $R = 1680$ cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:

Volume = 484413 cmc/cm

Peso = 884 daN/cm

Perimetro di scivolamento = 1828 cm

Stabilità del pendio senza sisma

Concio	alfa	l	C	fi	Xg	Yg	b	Peso	Psisma	Pvert	Press	Mstab	Minstab
1	0.9	50	0.2	22	4033	1615	33	2	2	0	0	36213	101
2	2.6	50	0.2	22	4078	1636	78	6	6	0	0	41321	899
3	4.3	50	0.2	22	4127	1659	127	10	10	0	0	46222	2456
4	6	50	0.2	22	4176	1684	176	14	14	0	0	50933	4733
5	7.7	50	0.2	22	4226	1709	226	17	17	0	0	55467	7687
6	9.4	51	0.2	22	4276	1736	276	20	20	0	0	59837	11276
7	11.2	51	0.2	22	4326	1763	326	24	24	0	0	64054	15457
8	12.9	51	0.2	22	4375	1790	375	27	27	0	0	68129	20185
9	14.7	52	0.2	22	4425	1819	425	30	30	0	0	72069	25416
10	16.4	52	0.2	22	4475	1848	475	33	33	0	0	75883	31102
11	18.2	54	0.2	22	4526	1880	526	37	37	0	0	82615	38797
12	20.1	55	0.2	22	4578	1915	578	40	40	0	0	87087	46279
13	22	56	0.2	22	4629	1951	629	43	43	0	0	91446	54190
14	23.9	57	0.2	22	4681	1988	681	46	46	0	0	95704	62464
15	25.9	57	0.2	22	4733	2026	733	48	48	0	0	99866	71031
16	27.8	58	0.2	22	4784	2064	784	51	51	0	0	103940	79814
17	29.8	57	0.2	22	4834	2094	834	49	49	0	0	100313	81427
18	31.7	58	0.2	22	4884	2114	884	47	47	0	0	99173	83430
19	33.7	59	0.2	22	4933	2136	933	45	45	0	0	97855	84730
20	35.8	61	0.2	22	4982	2159	982	43	43	0	0	96335	85236
21	37.9	62	0.2	22	5031	2183	1031	41	41	0	0	94586	84845
22	40	64	0.2	22	5080	2209	1080	39	39	0	0	92568	83441
23	42.3	66	0.2	22	5129	2236	1129	36	36	0	0	90235	80888
24	44.6	69	0.2	22	5178	2265	1178	33	33	0	0	87525	77028
25	47	72	0.2	22	5227	2296	1227	29	29	0	0	84353	71671
26	49.5	76	0.2	22	5276	2330	1276	25	25	0	0	80606	64581
27	52.2	80	0.2	22	5325	2365	1325	21	21	0	0	76121	55463
28	55	86	0.2	22	5374	2404	1374	16	16	0	0	70658	43927
29	58.1	94	0.2	22	5422	2443	1422	10	10	0	0	63853	28244
30	61	78	0.2	22	5463	2477	1463	2	2	0	0	52607	6968

Coefficiente di sicurezza FS = 1.651

STABILITA' DEL PENDIO COL METODO DI BISHOP - Coefficiente di sicurezza FS = 1,651

Stabilità del pendio senza stima

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:

Ascissa del centro X = 4200

Ordinata del centro Y = 3280

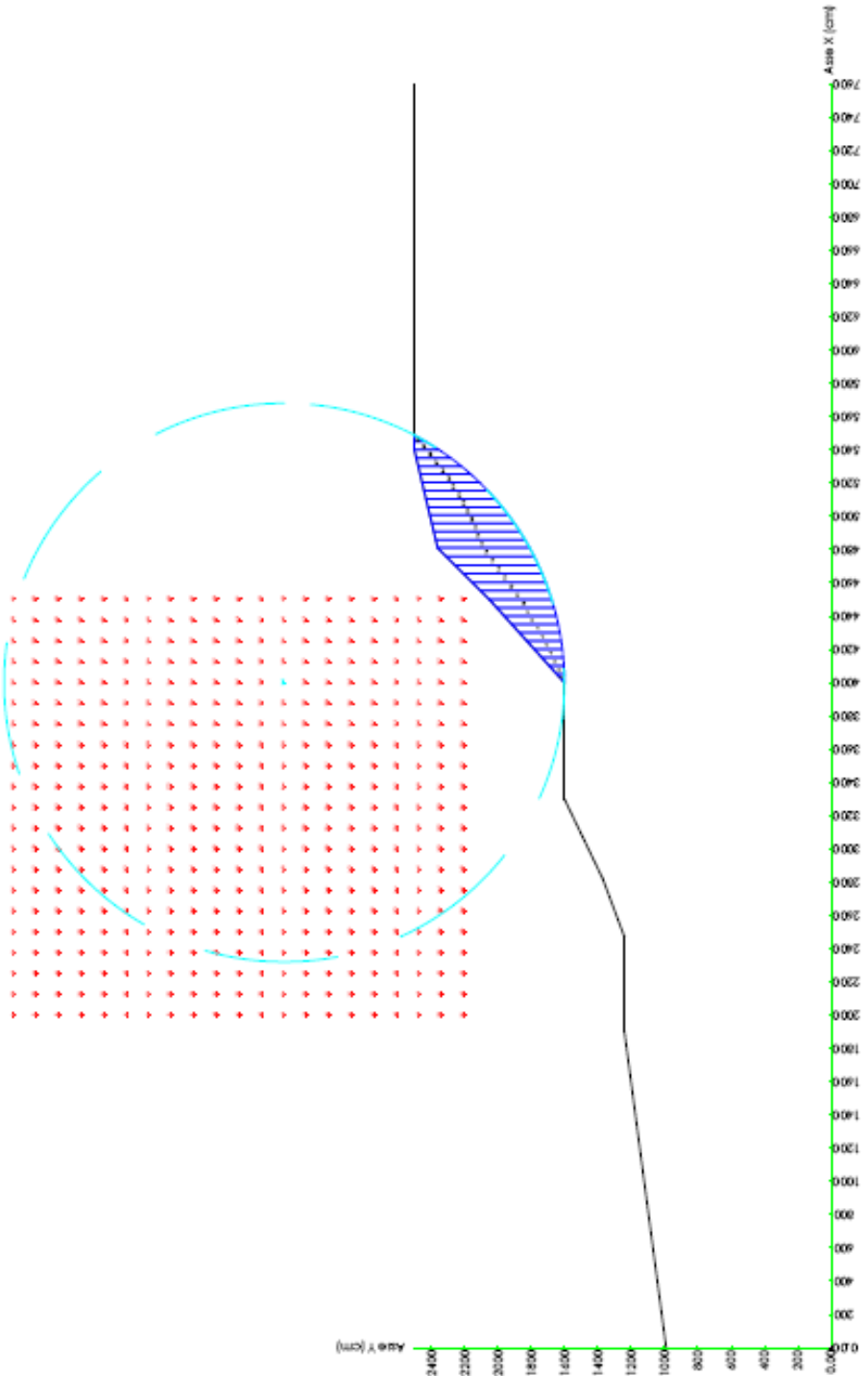
Raggio del cerchio R = 1480 cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:

Volume = 494413 cm³/cm

Peso = 684 daN/cm

Perimetro di scivolamento = 1628 cm



Metodo di Bell**Simboli usati nella tabella dei risultati:**

alfa =	angolo alla base del concio in gradi
I =	lunghezza della base del concio
C =	coesione alla base del concio
fi =	angolo d'attrito alla base del concio in gradi
Xg =	ascissa del baricentro del concio
Yg =	ordinata del baricentro del concio
Peso =	peso complessivo del concio
Pvert. =	carico verticale complessivo agente sul concio
Press. =	pressione di falda
DeltaE =	variazione degli sforzi orizzontali interconcio
DeltaT =	variazione degli sforzi verticali interconcio
N =	reazione normale del terreno alla base del concio
S =	reazione tangenziale del terreno alla base del concio

Unità di misura utilizzate nella tabella dei risultati: daN,cm

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:

Ascissa del centro $X = 4000$

Ordinata del centro $Y = 3010$

Raggio del cerchio $R = 1410$ cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:

Volume = 388567 cmc/cm

Peso = 709 daN/cm

Perimetro di scivolamento = 1669 cm

Concio	alfa	l	C	fi	Xg	Yg	Peso	Pvert.	Press.	DeltaE	DeltaT	N	S
1	1	50	0.2	22	4033	1615	2	0	0	6.6	-0.3	2.2	6.7
2	3	50	0.2	22	4078	1636	6	0	0	7.4	-1	6.6	7.8
3	5.1	50	0.2	22	4127	1660	10	0	0	7.8	-1.7	10.7	8.8
4	7.1	50	0.2	22	4176	1685	13	0	0	7.9	-2.4	14.6	9.8
5	9.2	51	0.2	22	4226	1711	17	0	0	7.7	-3	18.3	10.7
6	11.2	51	0.2	22	4276	1738	20	0	0	7.2	-3.4	21.7	11.6
7	13.3	51	0.2	22	4326	1766	23	0	0	6.4	-3.7	24.7	12.4
8	15.4	52	0.2	22	4375	1795	26	0	0	5.4	-3.9	27.5	13.2
9	17.5	52	0.2	22	4425	1824	29	0	0	4.2	-3.8	29.9	13.8
10	19.7	53	0.2	22	4475	1855	31	0	0	2.8	-3.6	32	14.4
11	21.9	56	0.2	22	4526	1889	35	0	0	1.3	-3.2	35.2	15.5
12	24.2	57	0.2	22	4578	1926	38	0	0	-0.5	-2.4	37.1	16.1
13	26.5	58	0.2	22	4629	1964	41	0	0	-2.4	-1.4	38.7	16.6
14	28.9	59	0.2	22	4681	2003	43	0	0	-4.3	-0.1	39.8	17.1
15	31.3	60	0.2	22	4733	2044	45	0	0	-6.1	1.4	40.4	17.4
16	33.8	62	0.2	22	4784	2086	47	0	0	-7.9	3.1	40.7	17.7
17	36.3	61	0.2	22	4834	2120	44	0	0	-8.5	4.4	37	16.6
18	38.8	63	0.2	22	4884	2145	42	0	0	-8.6	5.5	33.7	16.1
19	41.4	66	0.2	22	4933	2171	39	0	0	-8.3	6.3	30.2	15.5
20	44.2	69	0.2	22	4982	2200	36	0	0	-7.7	6.7	26.4	14.9
21	47	72	0.2	22	5031	2230	33	0	0	-6.7	6.7	22.5	14.4
22	50	77	0.2	22	5080	2264	29	0	0	-5.2	6.1	18.5	14
23	53.3	82	0.2	22	5129	2301	24	0	0	-3.4	4.6	14.4	13.6
24	56.8	90	0.2	22	5178	2341	19	0	0	-1.1	2	10.2	13.5
25	60.6	100	0.2	22	5226	2387	13	0	0	1.5	-2.3	6	13.8
26	65	116	0.2	22	5270	2435	5	0	0	4.4	-9.2	2	14.8
27	67.6	10	0.2	22	5303	2474	0	0	0	0.5	-1.2	0	1.3
		1669					709	0		0	0	621	358

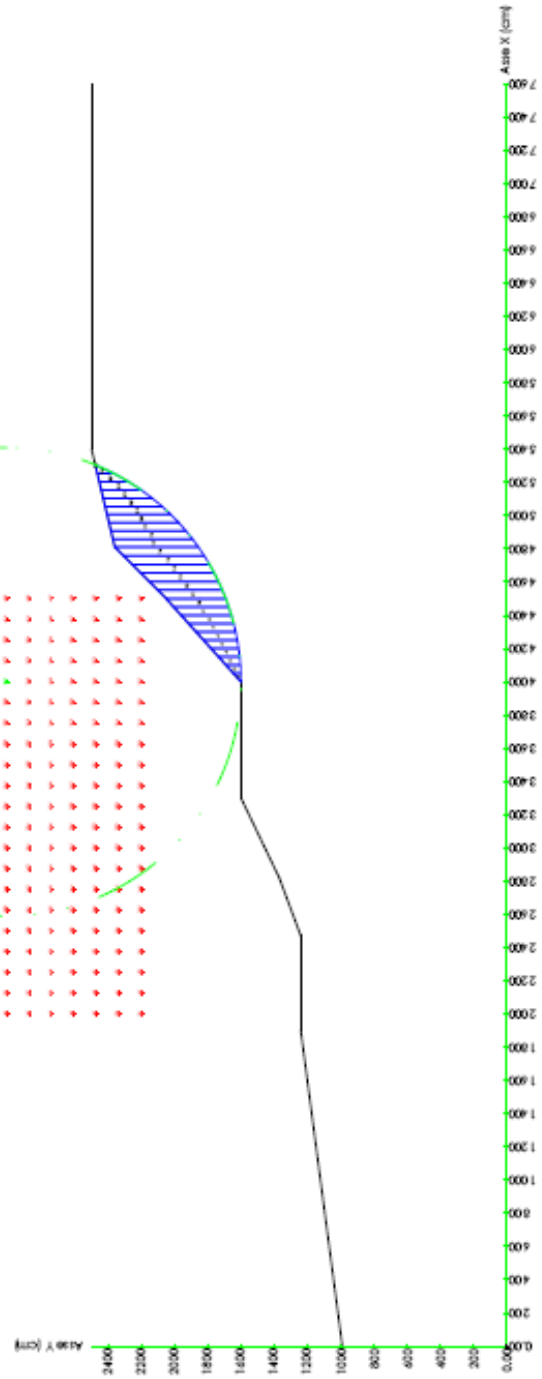
Coefficiente C3 = 0.9993 Coefficiente di sicurezza FS = 1.6335

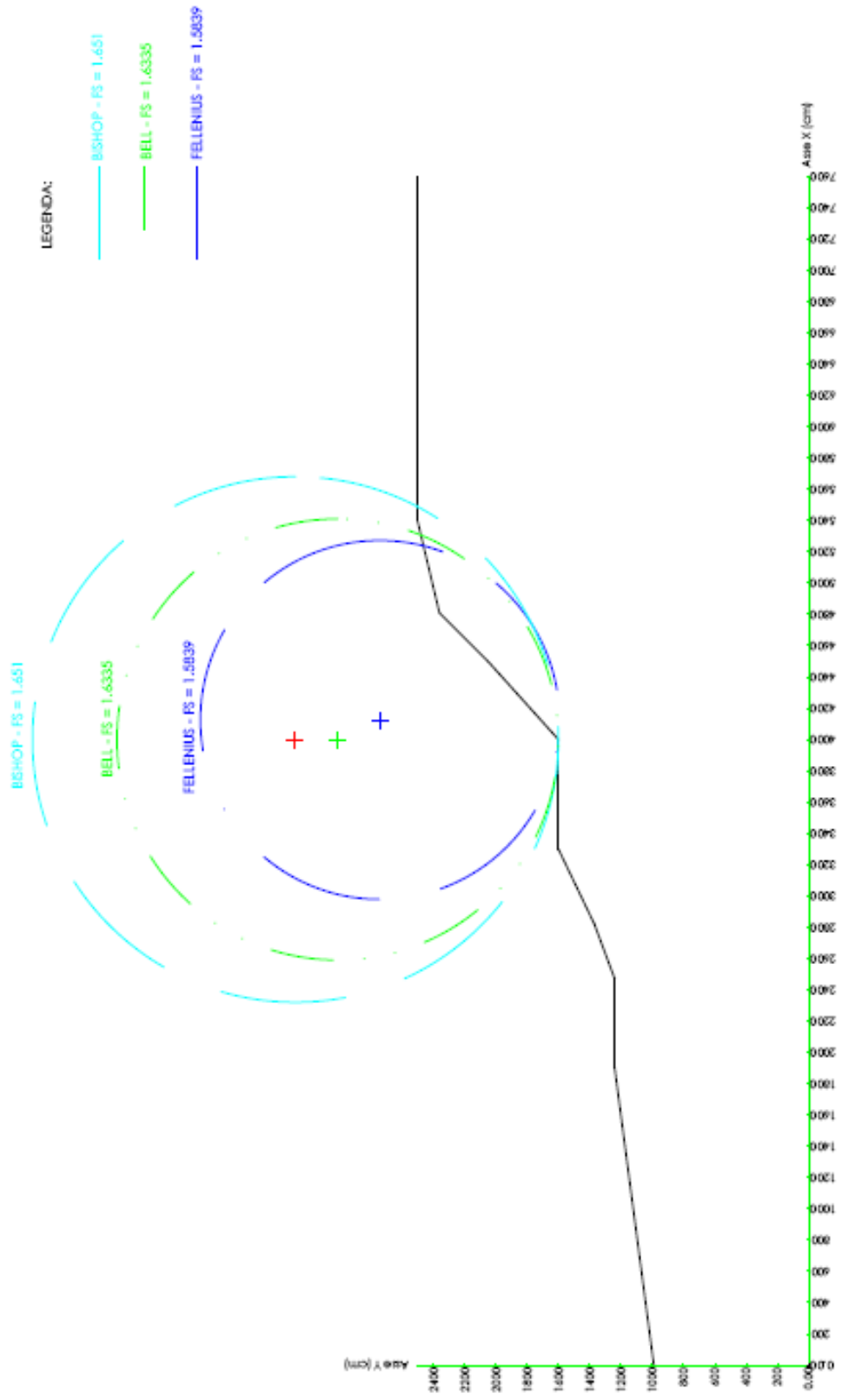
STABILITA' DEL PENDIO : METODO DI BELL - Coefficiente di sicurezza FS = 1.6335

Parametri di Bell:
 Coefficiente sismico Kx = 0
 Coefficiente sismico Ky = 0

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:
 Ascissa del centro X = 4000
 Ordinata del centro Y = 3010
 Raggio del cerchio R = 1410 cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:
 Volume = 395557 cm³/cm
 Peso = 709 daN/cm
 Perimetro di scivolamento = 1668 cm





Confronti

Phi-c reduction

La **Phi-c reduction** (*Riduzione dei parametri di resistenza*) è un'opzione disponibile in PLAXIS per calcolare fattori di sicurezza. Nell'approccio **Phi-c reduction** i parametri di resistenza **$\tan\phi$** e **c** del terreno vengono ridotti fin quando avviene la rottura della struttura; anche la resistenza delle interfacce, se utilizzata, è ridotta nello stesso modo; invece la resistenza di oggetti strutturali come le piastre e gli ancoraggi non è influenzata dalla procedura **Phi-c reduction**. Il moltiplicatore totale **ΣM_{sf}** viene utilizzato per definire il valore dei parametri di resistenza del terreno in un dato stadio dell'analisi:

$$\sum M_{sf} = \frac{\tan \phi_{input}}{\tan \phi_{reduced}} = \frac{C_{input}}{C_{reduced}}$$

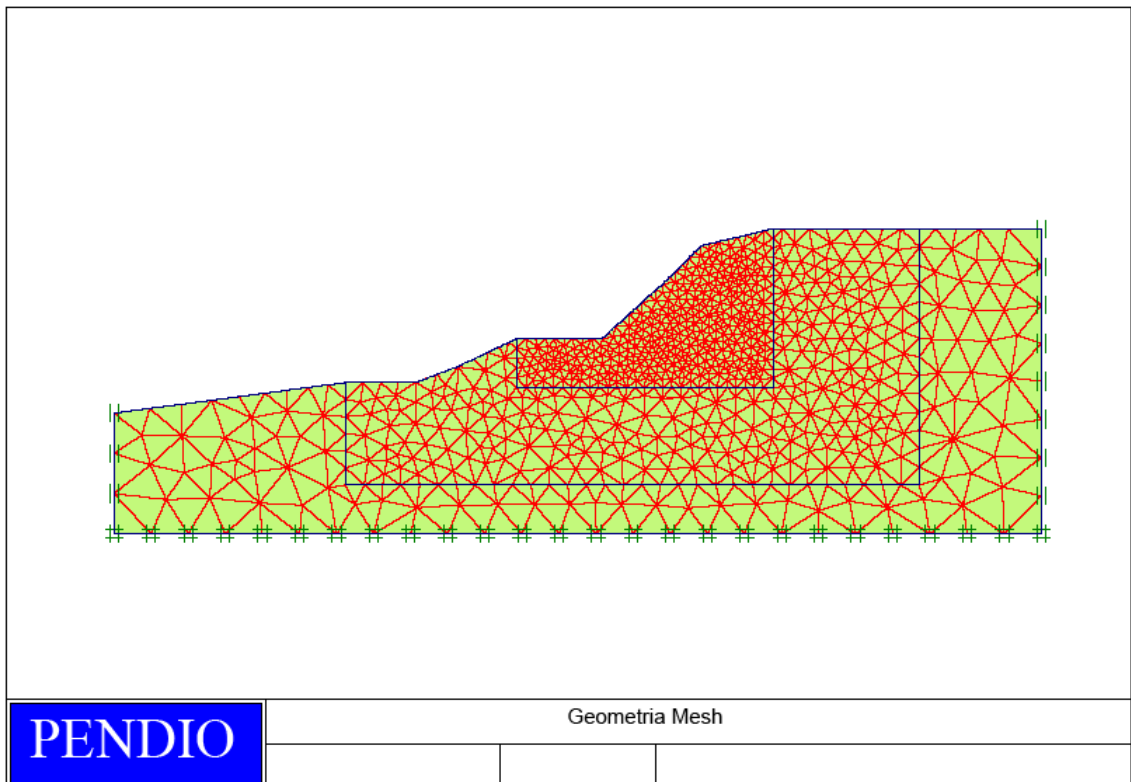
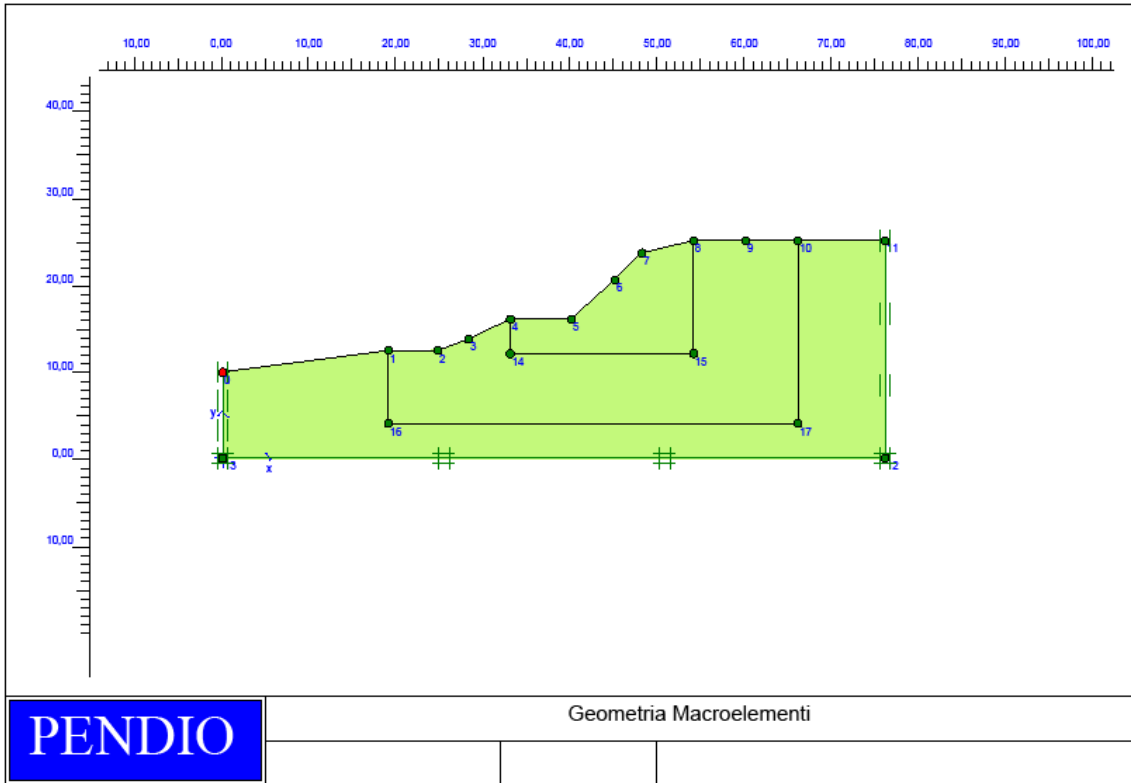
dove i parametri di resistenza con il pedice '**input**' si riferiscono alle proprietà del materiale introdotte ed i parametri con il pedice '**reduced**' si riferiscono ai valori ridotti utilizzati nell'analisi. All'inizio di un calcolo a **ΣM_{sf}** è assegnato il valore 1,0 per impostare tutte le resistenze dei materiali ai loro valori originali. Si deve comunque sempre controllare che nello step finale si sia sviluppato completamente un meccanismo di rottura; in questo caso, il fattore di sicurezza è dato da:

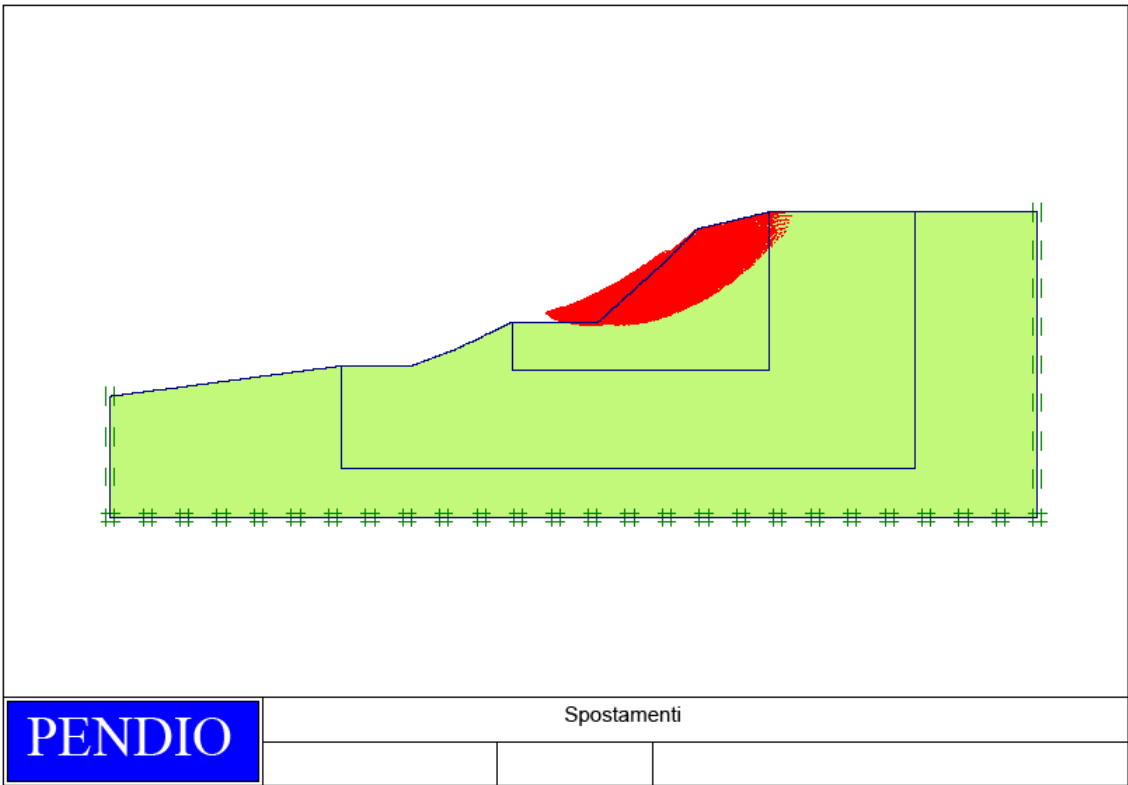
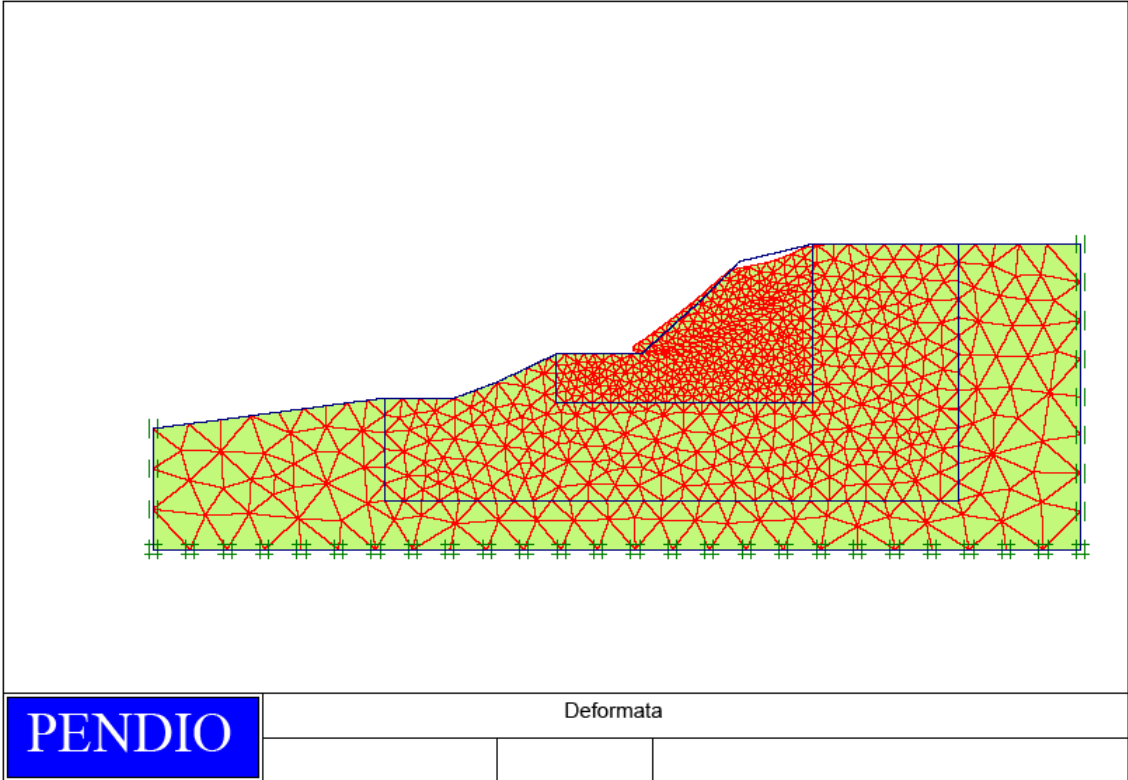
$$SF = \frac{\text{resistenza disponibile}}{\text{resistenza a rottura}} = \text{valore di } \sum M_{sf} \text{ a rottura}$$

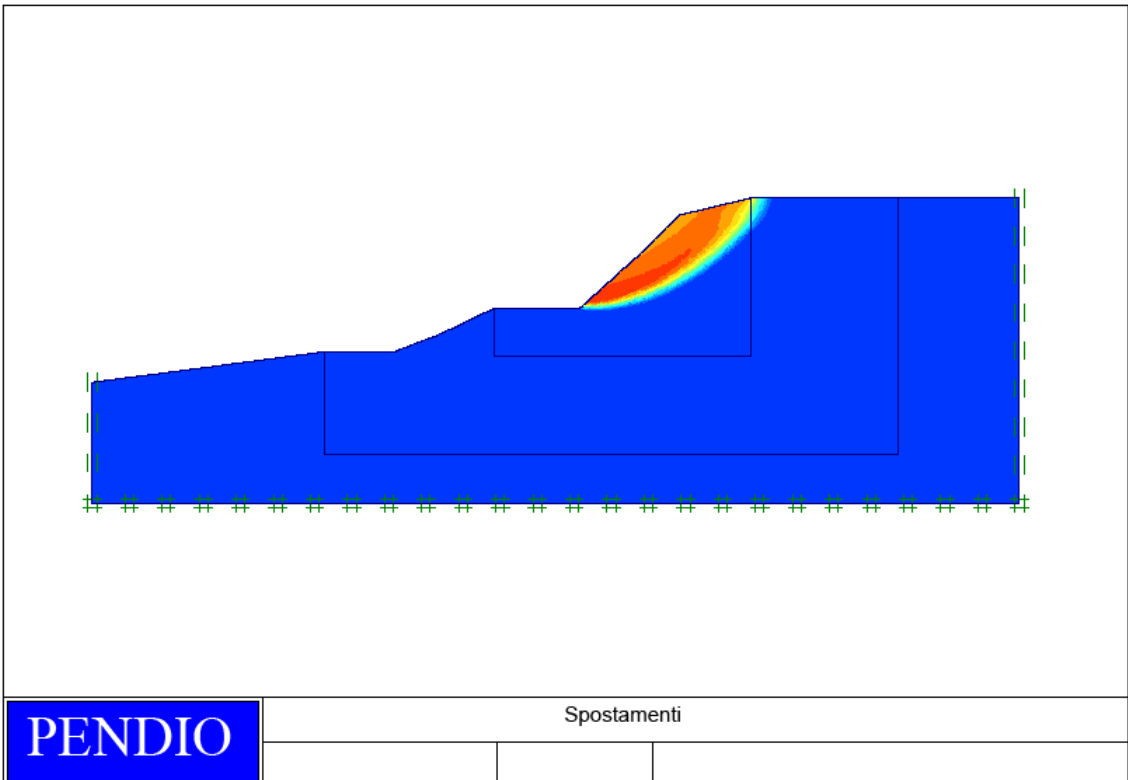
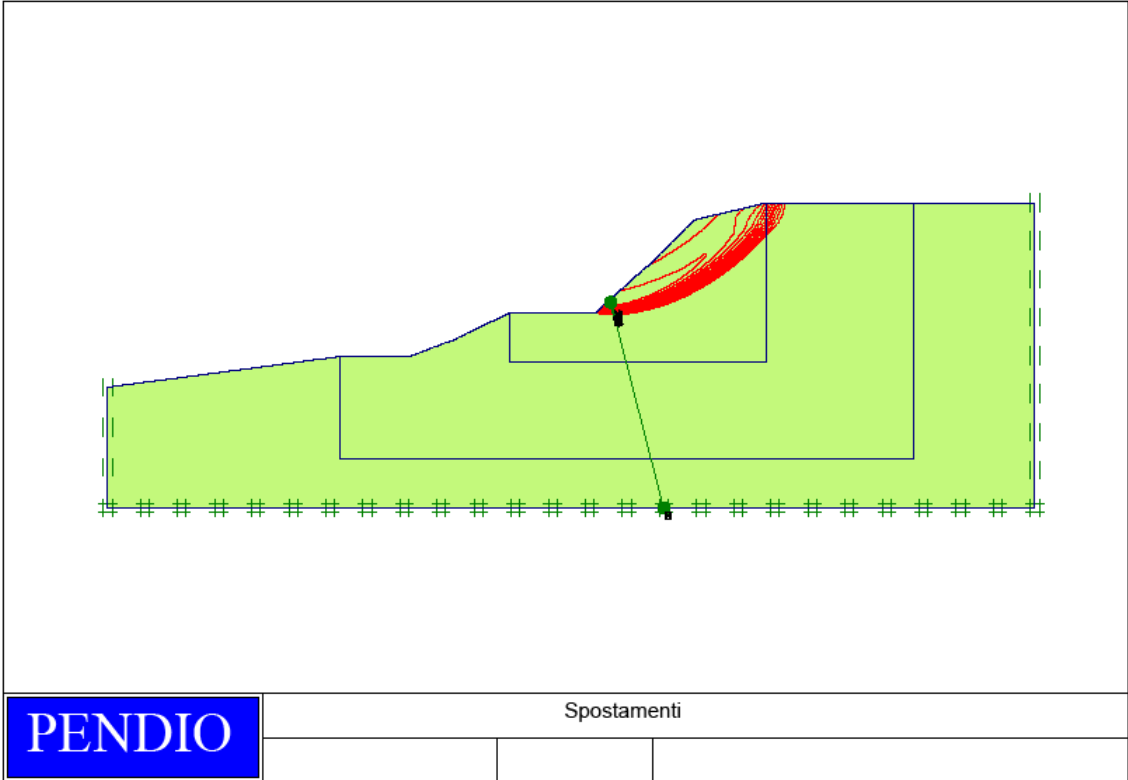
L'approccio **Phi-c reduction** comporta una definizione del coefficiente di sicurezza simile alla definizione che si adopera convenzionalmente nei calcoli eseguiti con i metodi dell'equilibrio limite globale.

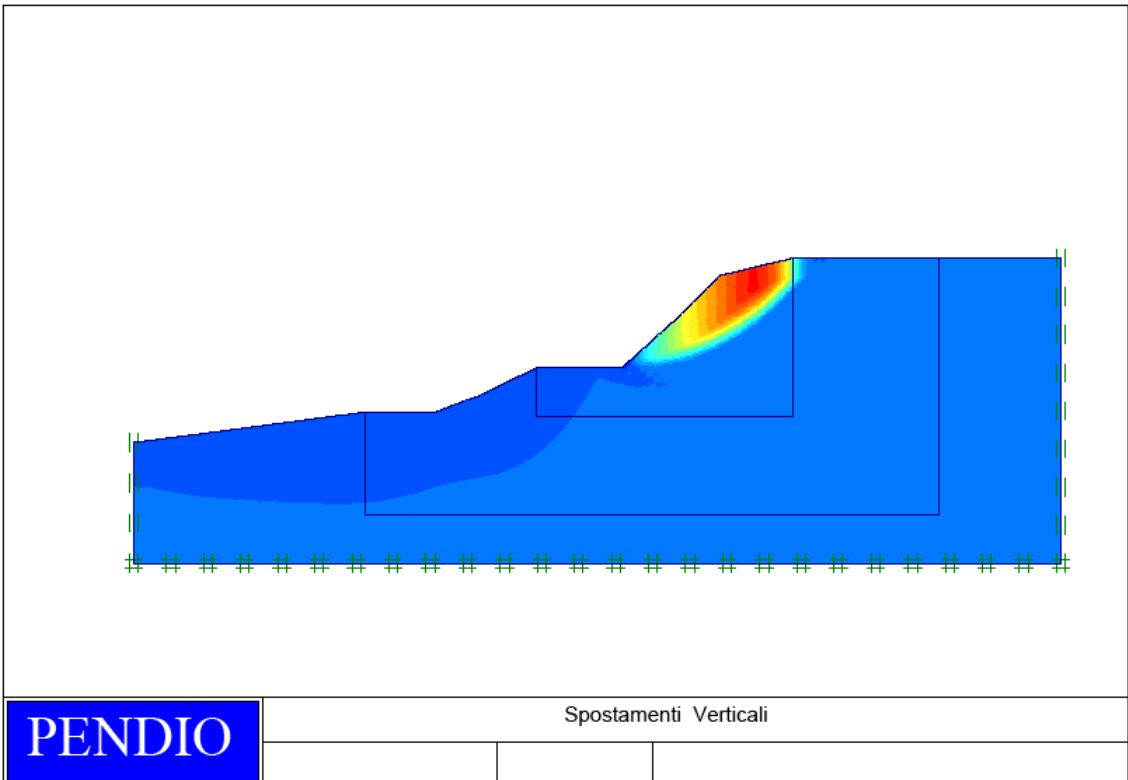
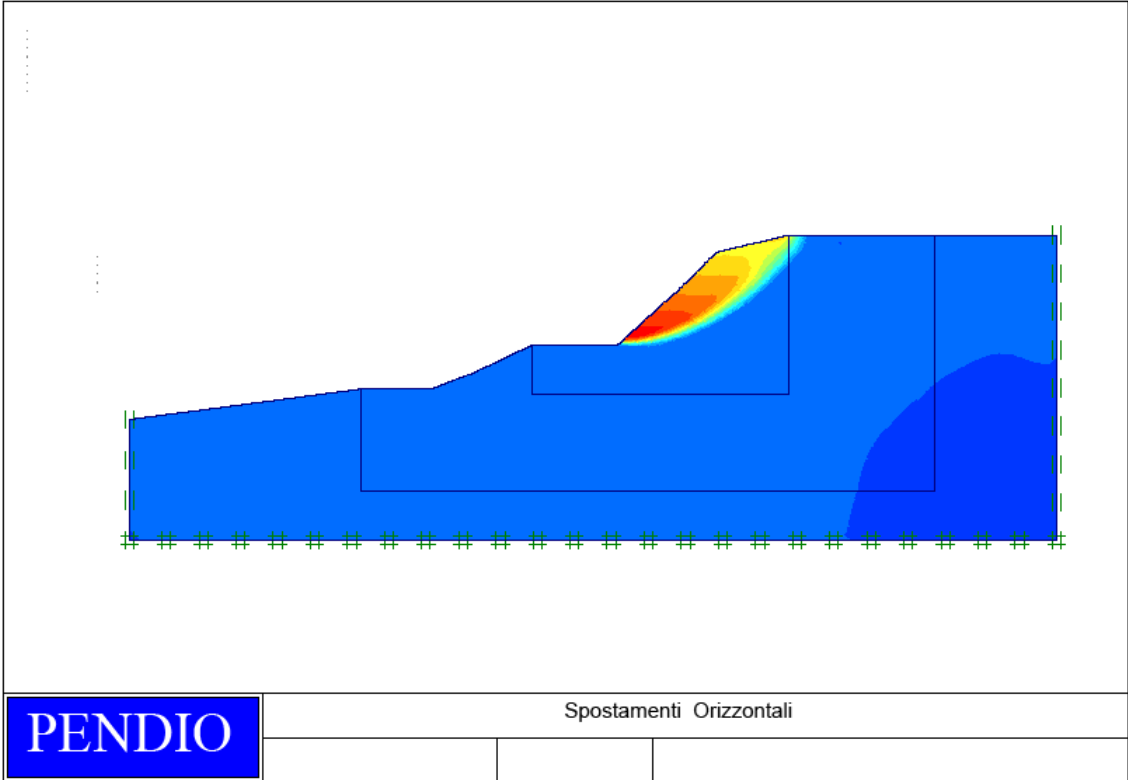
Il coefficiente di sicurezza determinato vale 1.570.

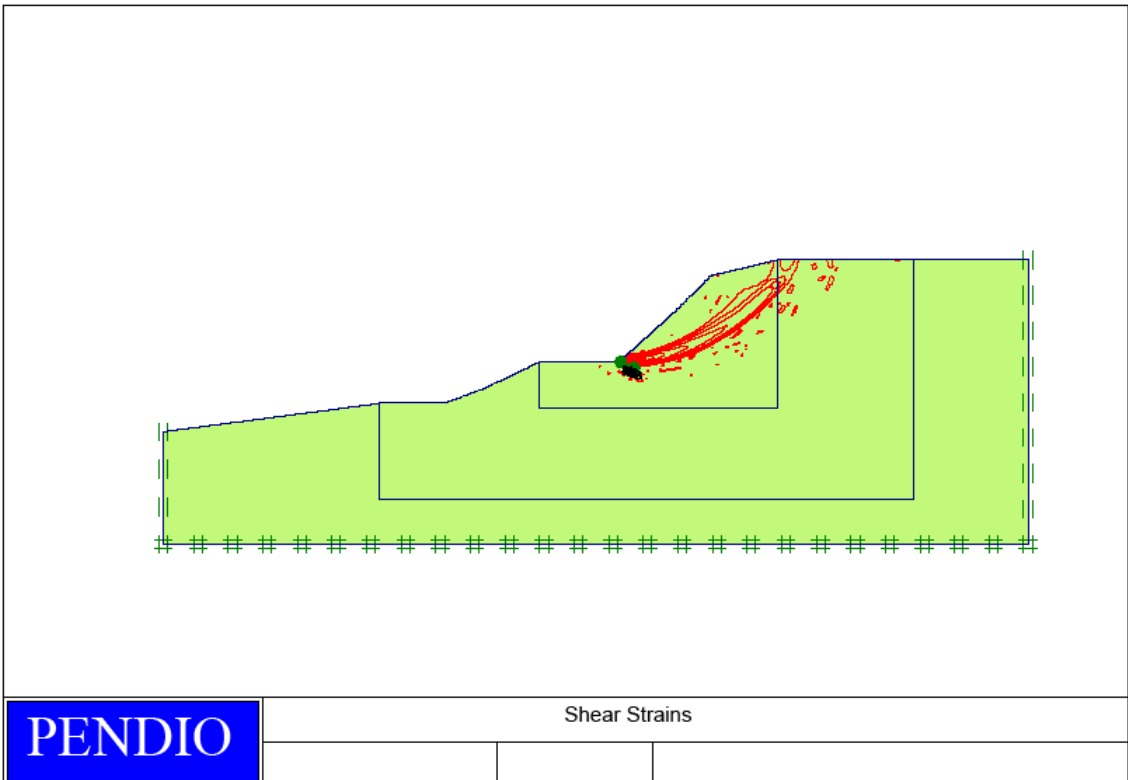
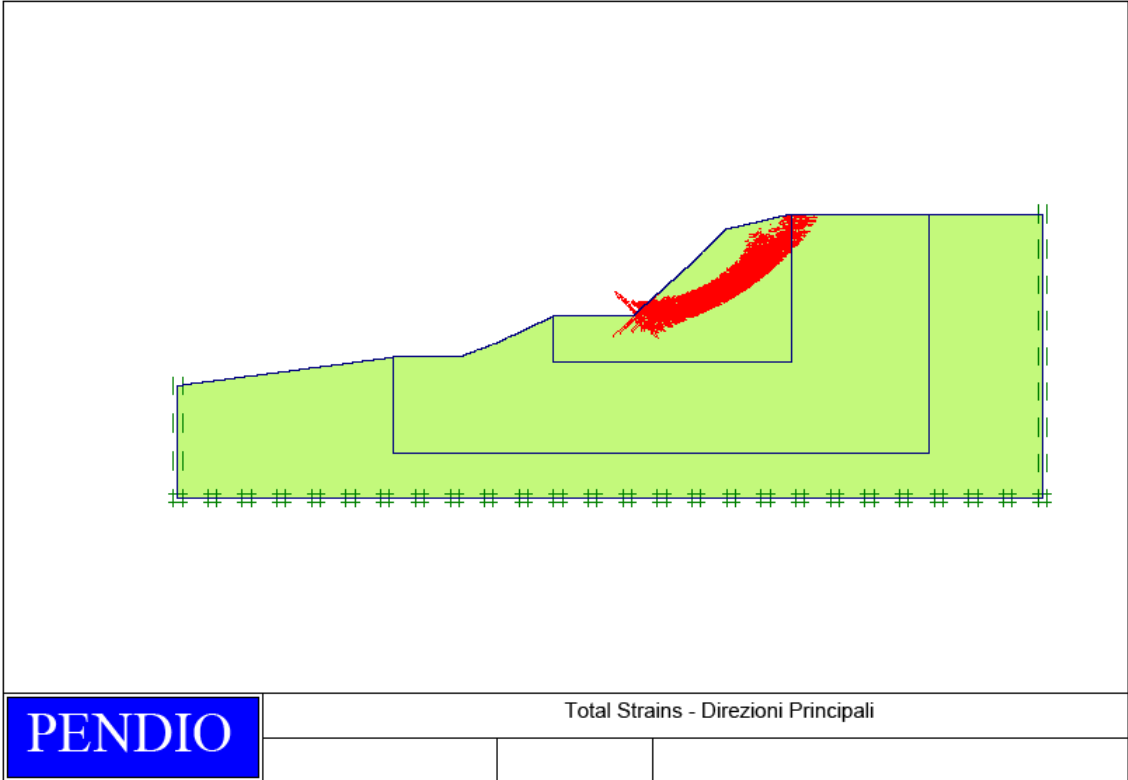
Strength reduction factor	Msf:	0,001	Σ -Msf:	1,570
---------------------------	------	-------	----------------	-------

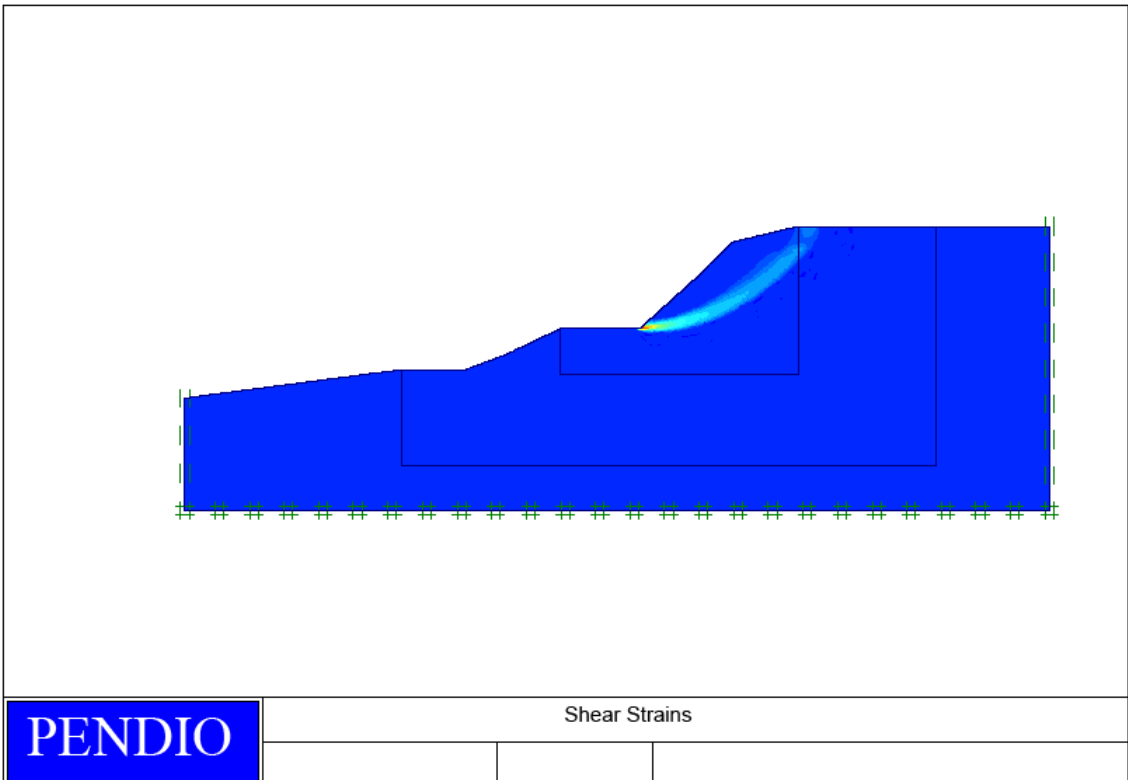
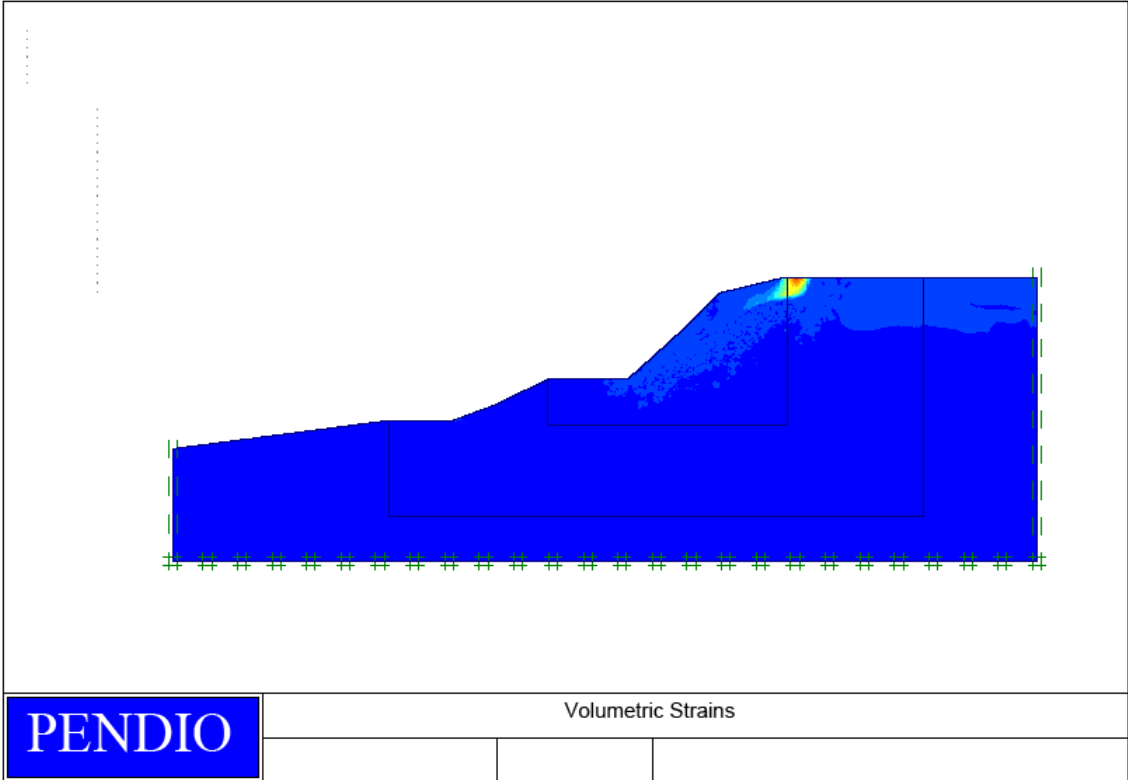


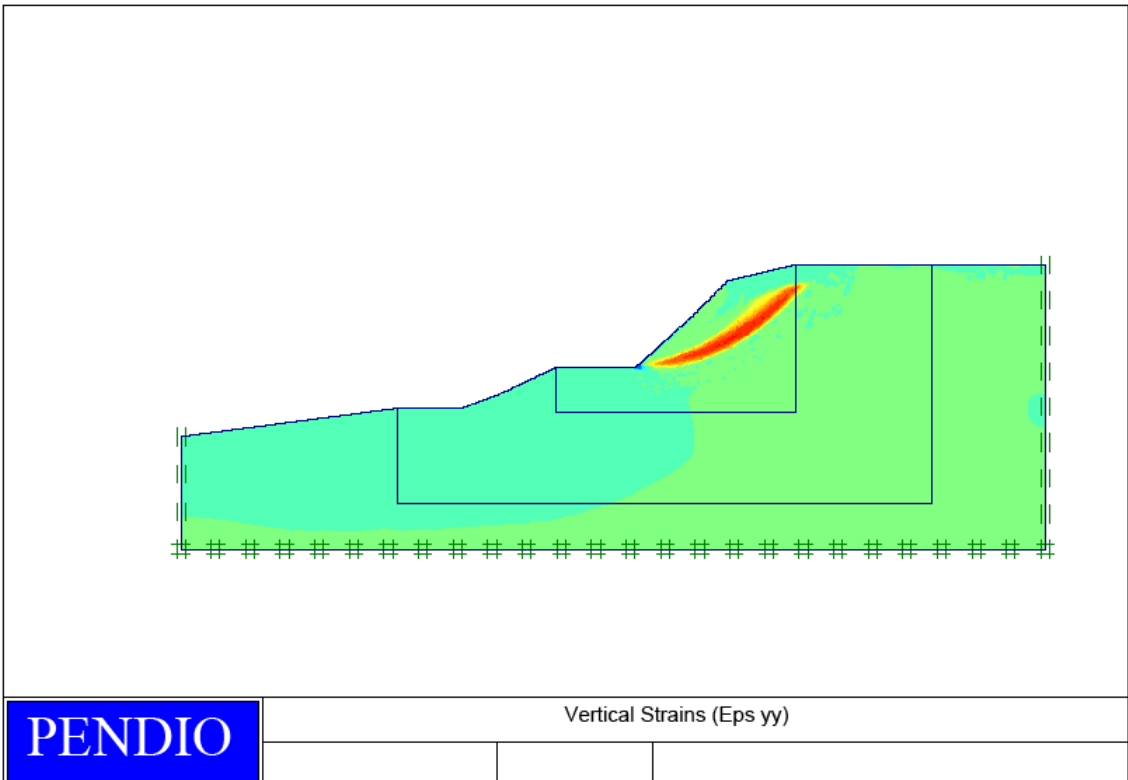
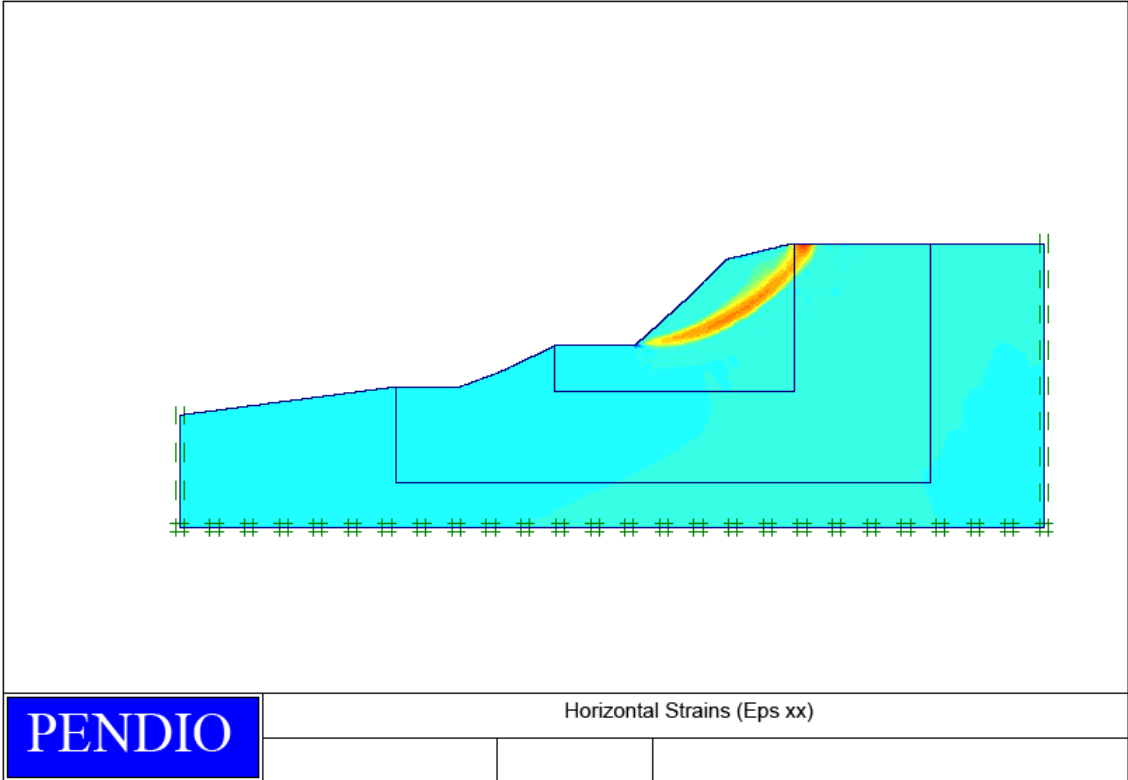












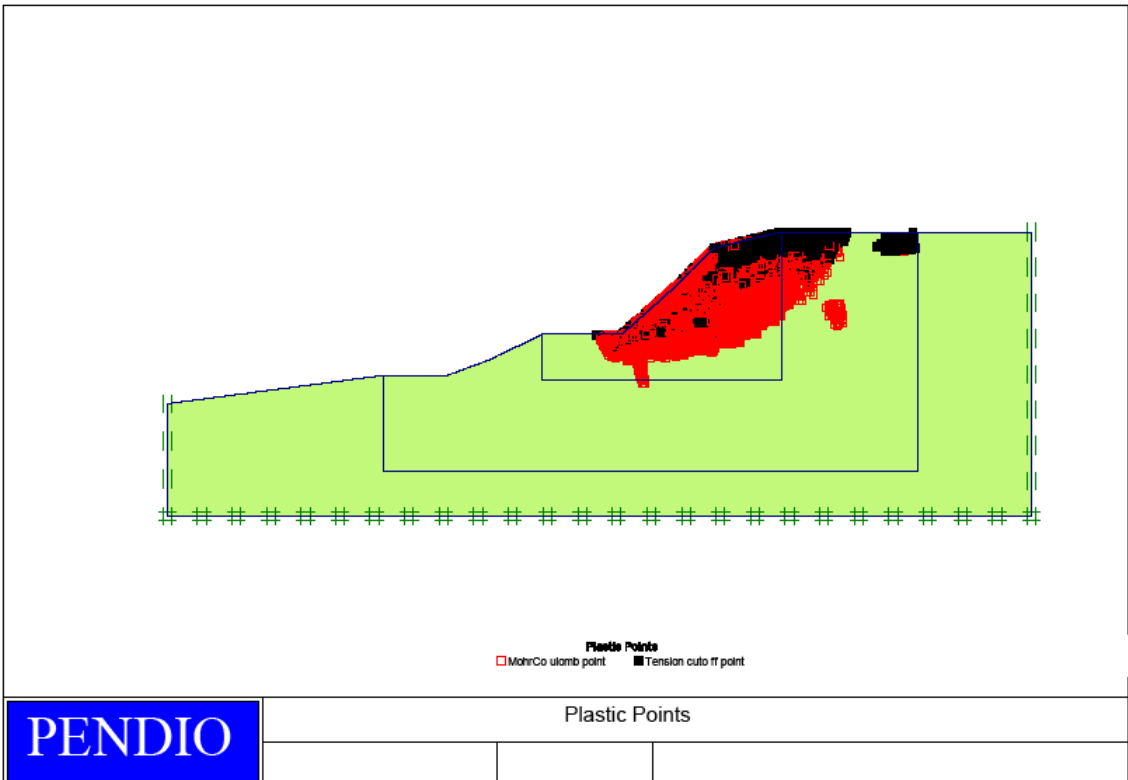
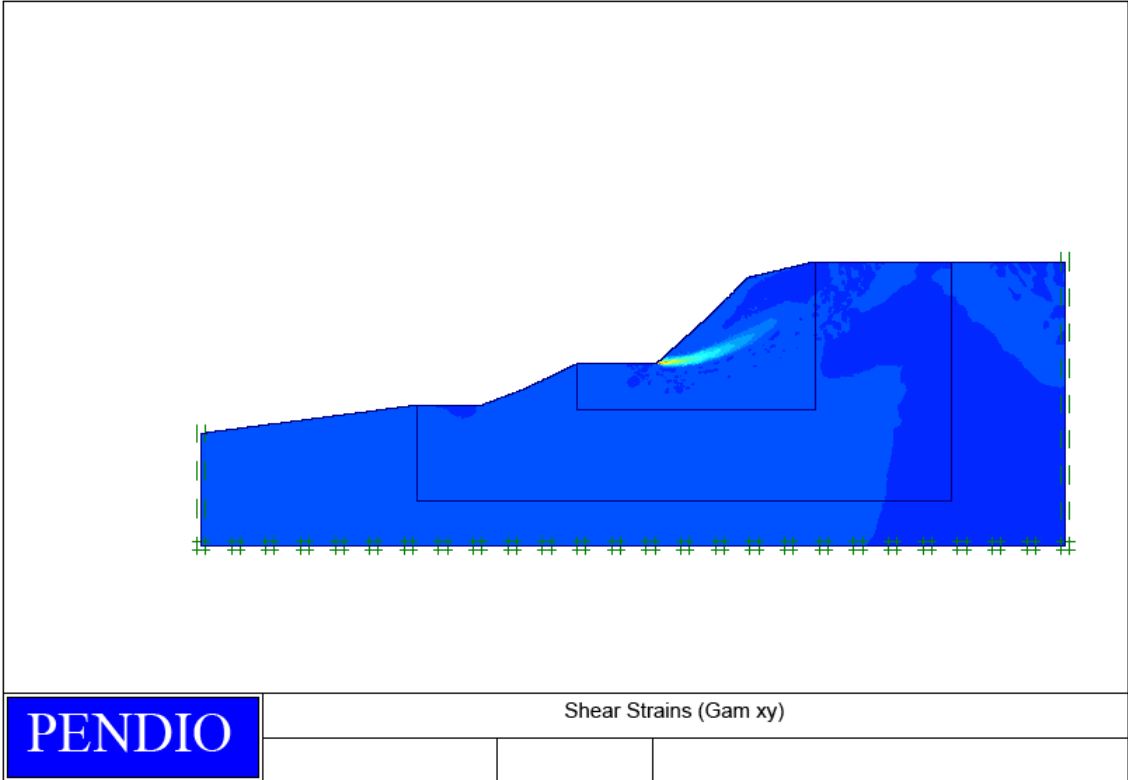


Tabella coefficienti di sicurezza determinati:

Metodo	Coefficiente di sicurezza
Metodo di Fellenius	1,584
Metodo di Bishop	1,651
Metodo di Bell	1,634
Elementi Finiti - PLAXIS	1,570

Grafico

