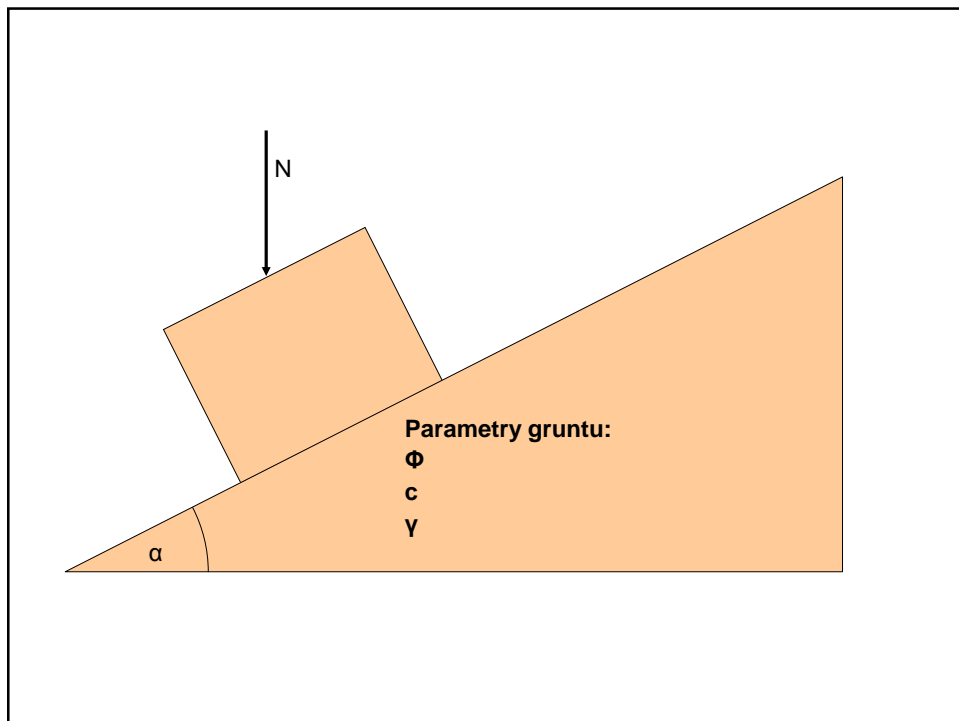


Stateczność skarp

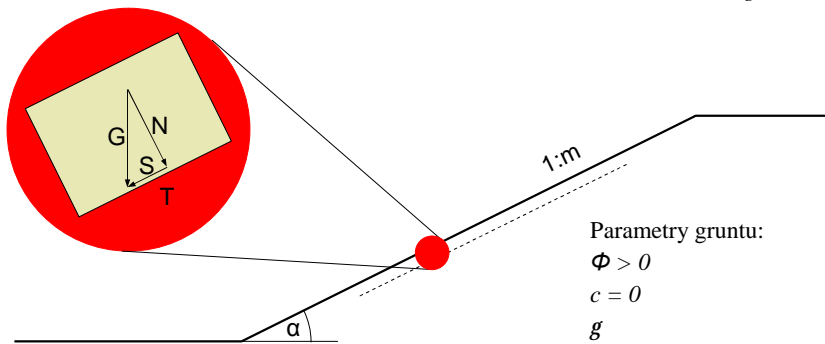


Analiza stateczności skarpy w gruncie niespoistym

I. Brak przepływu wody (brak filtracji)

Równanie równowagi: $S = T$

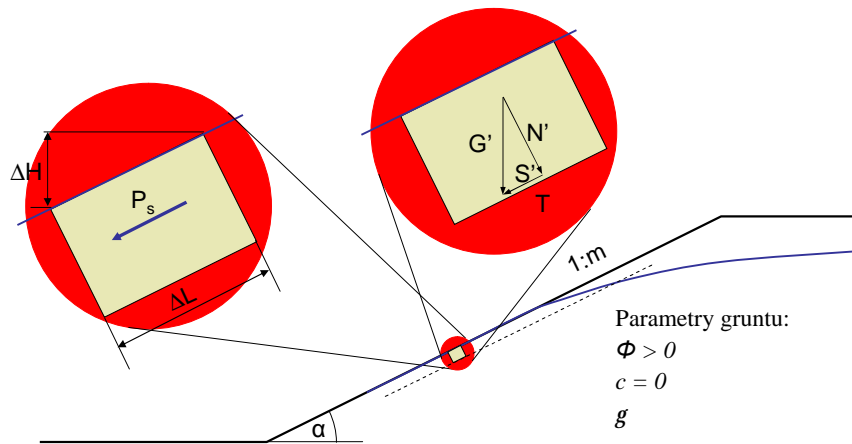
Współczynnik stateczności: $n = \frac{T}{S} = \frac{tgf}{tga}$



Parametry gruntu:
 $\Phi > 0$
 $c = 0$
 g

Analiza stateczności skarpy w gruncie niespoistym

II. Uwzględnienie siły filtracji



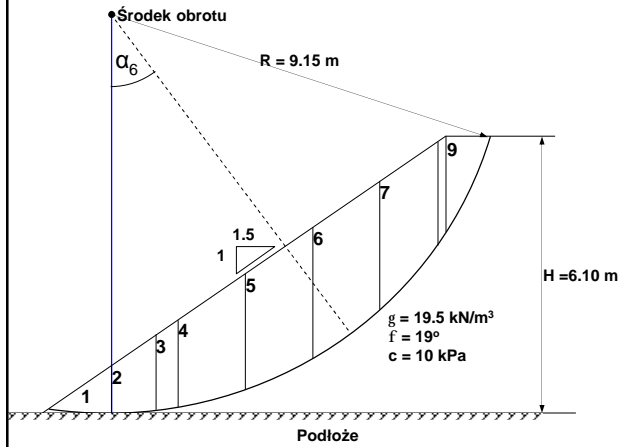
Parametry gruntu:
 $\Phi > 0$
 $c = 0$
 g

Równanie równowagi: $S' + P_s = T$

Współczynnik stateczności: $n = \frac{T}{S' + P_s} = \frac{tgf}{tg a \left(\frac{g' + g_w}{g_w} \right)} \approx \frac{tgf}{2 tga}$

Analiza stateczności skarpy w gruncie spoistym – metoda Felleniusa

I. Brak przepływu wody (brak filtracji)

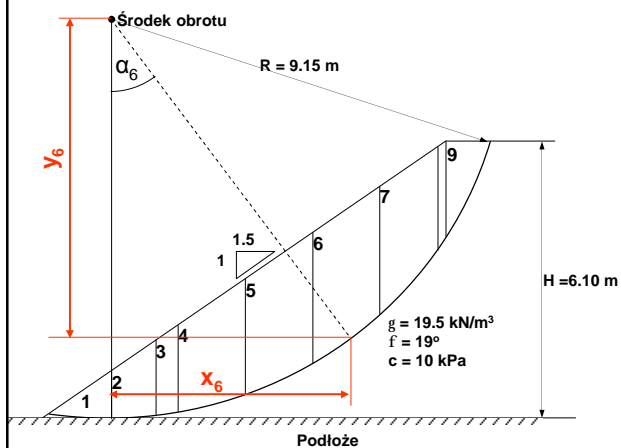


$$n = \frac{\sum_{i=1}^m (G_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tan f + c \cdot l_i)}{\sum_{i=1}^m G_i \cdot \sin \alpha_i}$$

$$l_i = \frac{b_i}{\cos \alpha_i}$$

Wyznaczenie wartości $\sin \alpha_i$ i $\cos \alpha_i$

(na przykładzie paska nr 6)



$$\sin \alpha_6 = x_6 / R$$

$$\cos \alpha_6 = y_6 / R$$

Obliczenie wartości współczynnika stateczności (przykład)

Tabela 1. Obliczenie ciężaru bloków

Nr bloku	Szer. bloku b_i (m)	Średnia wys. bloku h_i (m)	Ciężar bloku G_i (kN)
1	1.4	0.5	13.65
2	1.0	1.3	25.35
3	0.5	1.8	17.55
4	1.5	2.3	67.28
5	1.5	2.7	78.98
6	1.5	2.8	81.90
7	1.3	2.6	65.91
8	0.2	2.0	7.80
9	1.0	1.2	23.40
			381.81

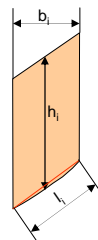


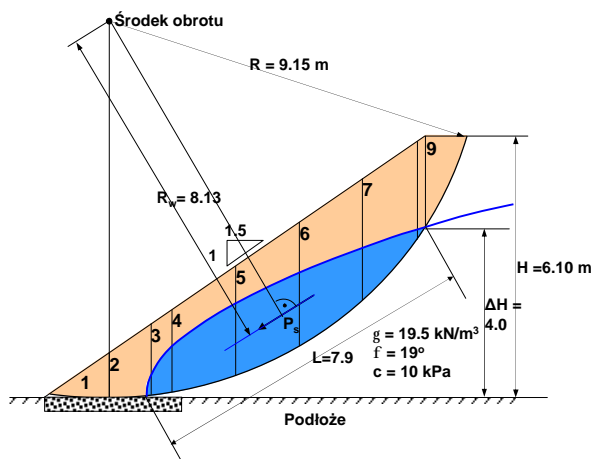
Tabela 2. Obliczenie współczynnika stateczności

Nr bloku	G_i (kN)	$\sin \alpha_i$	$G_i \sin \alpha_i$ (kN)	$\cos \alpha_i$	$G_i \cos \alpha_i$ (kN)	$l_i = b_i / \cos \alpha_i$ (m)
1	13.65	-0.07	-0.99	1.00	13.61	1.40
2	25.35	0.05	1.29	1.00	25.32	1.00
3	17.55	0.13	2.30	0.99	17.40	0.51
4	67.28	0.24	16.18	0.97	65.30	1.55
5	78.98	0.41	32.22	0.91	72.10	1.65
6	81.90	0.57	46.54	0.82	67.39	1.85
7	65.91	0.72	47.54	0.69	45.65	1.94
8	7.80	0.80	6.25	0.60	4.66	0.35
9	23.40	0.87	20.46	0.49	11.36	2.04
			171.79		322.79	12.28

$$n = \frac{322.79 \cdot \operatorname{tg} 19^\circ + 10 \cdot 12.28}{171.79} = 1.36$$

Analiza stateczności skarpy w gruncie spoistym – metoda Felleniusa

I. Uwzględnienie siły filtracji



$$n = \frac{R \sum_{i=1}^m (G'_i \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} f + c l_i)}{R \sum_{i=1}^m G'_i \sin \alpha_i + M_w}$$

$$M_w = R_w \times P_s$$

$$P_s = V_w \times p_s$$

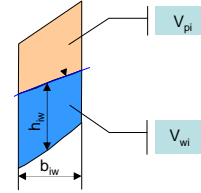
$$p_s = i \times g_w = \frac{DH}{L} \cdot g_w$$

$$p_s = \frac{4.0}{7.9} \cdot 9.81 = 4.97 \text{ kN/m}^3$$

Obliczenie wartości współczynnika stateczności (przykład)

Tabela 3. Obliczenie ciężaru bloków

Nr bloku	Szer. części bloku poniżej krzywej depresji - h_w (m)	Srednia wys. części bloku poniżej krzywej depresji - h_w (m)	Objętość części bloku poniżej krzywej depresji $V_{wi} = h_w \cdot h_w$ (kN)
1	-	-	-
2	0.15	0.2	0.03
3	0.5	0.9	0.45
4	1.5	1.5	2.25
5	1.5	1.8	2.70
6	1.5	1.6	2.40
7	1.3	0.9	1.17
8	0.3	0.15	0.05
9	-	-	-
			$V_{wi} = 9.05 \text{ m}^3$



$$P_s = 9.05 \times 4.97 = 44.98 \text{ kN},$$

$$M_w = 8.13 \times 44.98 = 365.69 \text{ kNm}$$

Tabela 3. Obliczenie ciężaru bloków c.d.

Nr bloku	Objętość bloku V_i (m ³)	Objętość części bloku poniżej krzywej depresji V_{wi} (m ³)	Objętość części bloku powyżej krzywej depresji V_{pi} (m ³)	Ciężar bloku $G_i = V_{pi} \cdot \gamma + V_{wi} \cdot \gamma'$ (kN)
1	0.7	-	0.70	13.65
2	1.3	0.03	1.27	25.10
3	0.9	0.45	0.45	13.73
4	3.45	2.25	1.20	48.15
5	4.05	2.70	1.35	56.03
6	4.2	2.40	1.80	61.50
7	3.38	1.17	2.21	55.97
8	0.4	0.05	0.36	7.42
9	1.2	-	1.20	23.40

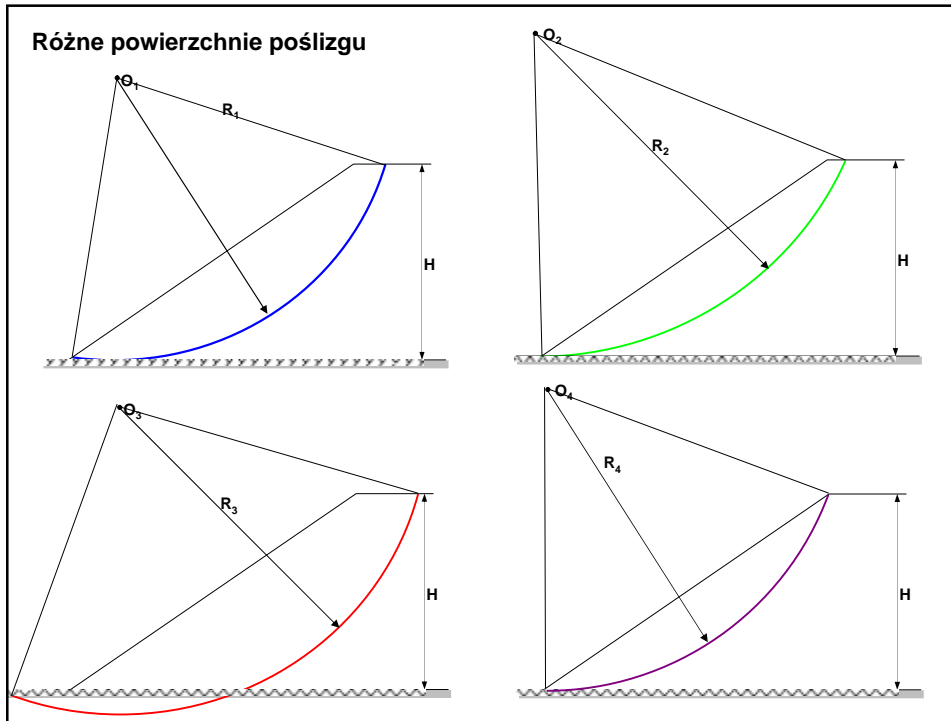
Obliczenie wartości współczynnika stateczności (przykład) c.d.

Tabela 4. Obliczenie współczynnika stateczności

Nr bloku	G_i (kN)	$\sin \alpha_i$	$G_i \sin \alpha_i$ (kN)	$\cos \alpha_i$	$G_i \cos \alpha_i$ (kN)	$l_i = b_i / \cos \alpha_i$ (m)
1	13.65	-0.07	-0.99	1.00	13.61	1.40
2	25.10	0.05	1.28	1.00	25.06	1.00
3	13.73	0.13	1.80	0.99	13.61	0.51
4	48.15	0.24	11.58	0.97	46.74	1.55
5	56.03	0.41	22.86	0.91	51.15	1.65
6	61.50	0.57	34.95	0.82	50.60	1.85
7	55.97	0.72	40.37	0.69	38.76	1.94
8	7.42	0.80	5.94	0.60	4.44	0.35
9	23.40	0.87	20.46	0.49	11.36	2.04
			138.24			12.28
					255.33	

$$n = \frac{9.15 \cdot (255.33 \cdot \text{tg } 19^\circ + 10 \cdot 12.28)}{9.15 \cdot 138.24 + 8.13 \cdot 44.98} = 1.18$$

Różne powierzchnie poślizgu



W przypadku, gdy obiekt budowlany wykonany jest z gruntów spoiстых projektowanie bezpiecznego i ekonomicznego nachylenia skarpy odbywa się w czterech etapach:

1. Założenie nachylenia skarpy.
2. Sprawdzenie stateczności skarpy (obliczenie współczynnika stateczności dla wielu powierzchni poślizgu).
3. Wybranie z wielu analizowanych powierzchni poślizgu najbardziej niebezpiecznej powierzchni, która decyduje o stateczności skarpy (określenie n_{min}).
4. Porównanie wartości współczynnika stateczności (n_{min}) z wartością wymaganą dla badanego obiektu (n_{dop}).

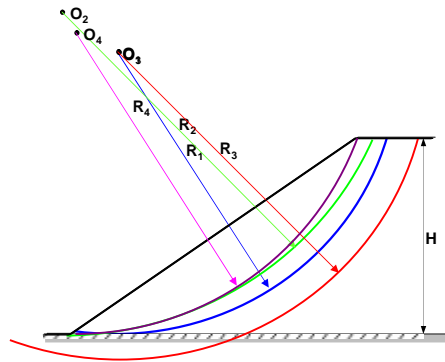
W przypadku gdy:

$n_{min} > n_{dop}$ proces projektowania zostaje zakończony;

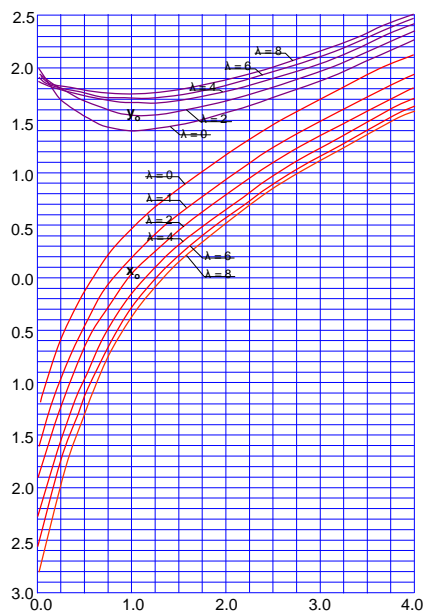
$n_{min} \gg n_{dop}$, skarpa jest zaprojektowana ze zbyt dużym zapasem bezpieczeństwa. Należy zmniejszyć nachylenie skarpy i powrócić do punktu nr 1;

$n_{min} < n_{dop}$, skarpa o założonym nachyleniu nie jest stateczna. Należy zwiększyć nachylenie skarpy i powrócić do punktu nr 1.

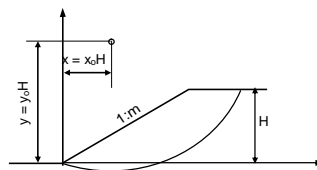
Różne powierzchnie poślizgu



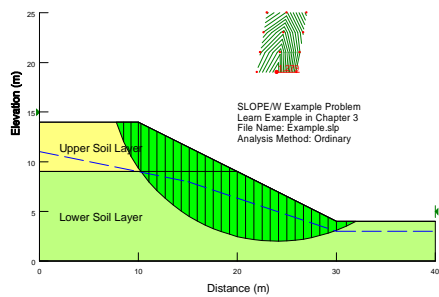
Nomogram Janbu do wyznaczania położenia środka obrotu najniekorzystniejszej powierzchni poślizgu



$$I = \frac{g \cdot H \cdot \text{tg} \Phi}{c}$$



W ostatnich czasach w celu przyspieszenia obliczeń oraz zwiększenia ich dokładności opracowano szereg programów komputerowych, które z reguły umożliwiają sprawdzenie stateczności skarp różnymi metodami obliczeniowymi, uwzględniając bardzo skomplikowane warunki geotechniczne. Liderem w tej dziedzinie jest kanadyjska firma GEO-SLOPE z Calgary <http://www.geo-slope.com/>, akademickie wersje swoich programów(student license), które posiadają pewne ograniczenia w stosunku do produktów komercyjnych firma **udostępnia bezpłatnie**.

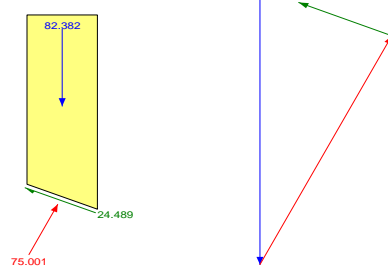


Program SLOPE/W

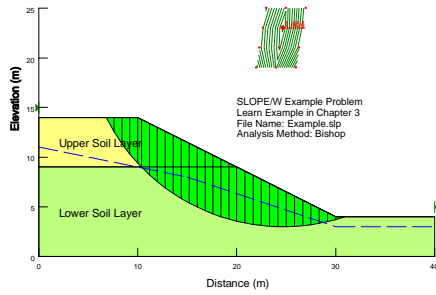
Przykład sprawdzenia stateczności

Metoda Felleniusa

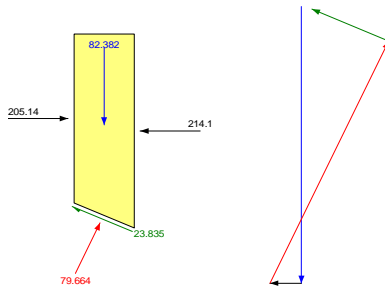
Slice 13 - Ordinary Method



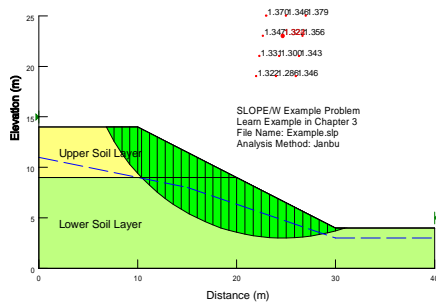
Program SLOPE/W
 Przykład sprawdzenia stateczności
Metoda Bishopa



Slice 13 - Bishop Method



Program SLOPE/W
 Przykład sprawdzenia stateczności
Metoda Janbu



Slice 13 - Janbu Method

