

Moduł

Stateczność skarp i zboczy

Spis treści

850.	STATECZNOŚĆ SKARP I ZBOCZY	3
850.1.	WIADOMOŚCI OGÓLNE	3
850.2.	OPIS OGÓLNY PROGRAMU	4
850.2.1.	<i>Metody „blokowe” obliczania stateczności zbocza – zasady stosowania</i>	<i>4</i>
850.2.2.	<i>Metoda Felleniusa</i>	<i>5</i>
850.2.3.	<i>Metoda Bishopa</i>	<i>6</i>
850.3.	WPROWADZANIE DANYCH	6
850.3.1.	<i>Opis funkcji Ikony edycji</i>	<i>8</i>
850.3.2.	<i>Opis funkcji Ikony wstawienia</i>	<i>15</i>
850.3.3.	<i>Edycja elementów na ekranie roboczym</i>	<i>17</i>
850.4.	EKRAN PRZEGLĄDANIA WYNIKÓW MODUŁU „STATECZNOŚĆ SKARP I ZBOCZY”	24
850.5.	KONFIGURACJA RAPORTÓW MODUŁU „STATECZNOŚĆ SKARP I ZBOCZY”	25
850.6.	OKNO DRZEWA PROJEKTU	26
850.7.	LITERATURA	27
850.8.	PRZYKŁAD	28

850. Stateczność skarp i zboczy

850.1. Wiadomości ogólne

Moduł **Konstruktor** – **Stateczność skarp i zboczy** przeznaczony jest do wykonywania obliczeń sprawdzenia stateczności nowo projektowanych nasypów i skarp jak również już istniejących zboczy, które chcemy dodatkowo obciążyć poprzez posadowienie na nich różnego rodzaju obiektów budowlanych. Obliczenia wykonywane przez program oparte są na metodach blokowych (Felleniusa i Bishopa). Do wykonania potrzebnych obliczeń korzystano z następujących publikacji i norm budowlanych:

- Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie. PN-81/B-03020.
- Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie. PN-83/B-03010.
- Zarys geotechniki. Wyd. 5. Z. Wiłun. WKŁ. Warszawa 2001., Fundamenty bezpośrednie.
- Wzory tablice przykłady. E. Motak Arkady. Warszawa 1998.

Program w ogólnym przypadku charakteryzuje się następującymi możliwościami w zakresie obliczeń i sposobu działania:

- Umożliwia wyznaczenie współczynników pewności (bezpieczeństwa) analizowanego zbocza za pomocą dwóch metod: Felleniusa, Bishopa. Metodę analizy stateczności zbocza definiuje użytkownik podczas wprowadzania danych.
- Pozwala na zadanie dodatkowych obciążeń gruntu poprzez zdefiniowanie odpowiednich zewnętrznych obciążeń liniowych: sił pionowych, sił poziomych, momentów zginających oraz pionowych obciążeń powierzchniowych.
- Umożliwia wprowadzanie fundamentów posadowionych w gruncie wraz z ich obciążeniami takimi jak siła pozioma, siła pionowa, moment zginający w płaszczyźnie zbocza. Program automatycznie wyznacza naprężenia pod fundamentem (uwzględniając ciężar własny bloku), których wpływ uwzględniany jest przy analizie stateczności zbocza. Sprawdzany jest również warunek normowy na wielkość strefy odrywania pod fundamentem. W przypadku, gdy wielkość strefy odrywania jest większa niż podana w PN-81/B-03020 wpływ danego fundamentu w dalszych obliczeniach nie jest uwzględniany.
- Pozwala na wprowadzanie kilku poziomów wody swobodnej (rzeki, jeziora lub inne zbiorniki). Wpływ obciążeń od zadeklarowanych zbiorników wodnych jest uwzględniany przy analizie stateczności zbocza.
- W programie istnieje możliwość zadeklarowania niejednorodnego ośrodka gruntowego złożonego z dowolnych układów warstw gruntów spoistych i niespoistych.
- Wykonuje obliczenia objętości gruntu (na 1 metr bieżący zbocza), który leży wewnątrz możliwego łuku poślizgu.
- Współczynniki bezpieczeństwa wszystkich zadeklarowanych łuków poślizgu są zgromadzone w tabeli wyników, którą użytkownik ma możliwość filtrować pod

względm największej objętości niestabilnego gruntu oraz minimalnego współczynnika bezpieczeństwa.

- Dla każdego możliwego łuku poślizgu wykonane są obliczenia czterech współczynników pewności dla następujących kombinacji współczynników materiałowych gruntu i współczynników obciążenia:

$F_{\max\max}$ = współczynnik bezpieczeństwa dla maksymalnego współczynnika materiałowego gruntu oraz maksymalnego współczynnika obciążenia,

$F_{\max\min}$ = współczynnik bezpieczeństwa dla maksymalnego współczynnika materiałowego gruntu oraz minimalnego współczynnika obciążenia,

$F_{\min\max}$ = współczynnik bezpieczeństwa dla minimalnego współczynnika materiałowego gruntu oraz maksymalnego współczynnika obciążenia,

$F_{\min\min}$ = współczynnik bezpieczeństwa dla minimalnego współczynnika materiałowego gruntu oraz minimalnego współczynnika obciążenia.

Uwzględniony jest więc przypadek, że obciążenie przeciwdziała utracie stabilności przez zbczce. Według najnowszych zaleceń sugeruje się przyjąć współczynniki obciążenia i współczynniki materiałowe gruntu równe jednoći.

- Program pozwala na graficzne wprowadzenie siatki środków możliwych łuków poślizgu. Minimalny promień poślizgu może być dobierany automatycznie jako minimalna odlegość środka łuku poślizgu od linii ograniczającej zbczce.

Poza wyżej wymienionymi obliczeniami moduł dodatkowo charakteryzuje się następującymi parametrami:

- Możliwość graficznego wprowadzania profilu zbczcy wraz ze stropami i spągami poszczególnych warstw geotechnicznych.
- Wszystkie parametry warstw geotechnicznych mogą być zmienione przez użytkownika podczas pracy programu. W programie zaimplementowane są domyślne parametry gruntu charakterystyczne dla danej warstwy geotechnicznej, które są wywoływane przy wyborze danego gruntu.
- Zadeklarowanie obciążeń gruntu jak również nowych fundamentów może się odbywać poprzez wskazanie myszą miejsca jego położenia. Wszystkie parametry opisujące daną wielkość należy wprowadzić w odpowiedniej tablicy.
- Powierzchnia wody swobodnej (rzeki, jeziora, stawy) deklarowana jest przez wskazanie przez użytkownika rzędnej lustra danego zbiornika.
- Możliwe łuki poślizgu, wybrane przez użytkownika z tabeli wyników, a następnie wyświetlone na ekranie, mogą być automatycznie przeniesione do przeglądarki zawierającej konfigurację wyników.

850.2. Opis ogólny programu

850.2.1. Metody „blokowe” obliczenia stęczyńnoći zbczcy – zasady stosowania

Zapewnienie stęczyńnoći skarpi jest zadaniem geotechnicznym niezwykle trudnym ze względu na duże problemy związane z prawidłowym zbadaniem gruntów, określeniem możliwości powstania osuwisk oraz prawidłowym zabezpieczeniem terenu przed osuwiskiem. Stęczyńność skarpi może być zapewniona tylko wtedy, gdy zostaną spełnione odpowiednie warunki:

- Szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej i warunków wodnych terenu.
- Prawidłowe wyznaczenie właściwości mechanicznych i fizycznych gruntu.
- Zastosowanie prawidłowych metod obliczeniowych stateczności skarp.
- Prawidłowe zastosowanie ewentualnych zabezpieczeń.

W celu wyznaczania stateczności zbocza zbudowanego z gruntów spoistych przyjęto metody polegające na analizie warunków równowagi bryły osuwającej się wzdłuż powierzchni poślizgu. W metodach obliczeniowych zaimplementowanych w programie przyjęto, że potencjalne powierzchnie poślizgu są walcowe. Stateczność zbocza uważa się za zapewnioną, jeżeli spełniony jest następujący warunek:

$$F_{\min} \geq F_{dop}$$

Wartość F_{\min} z powyższego wyrażenia obliczana jest przez program natomiast wartość F_{dop} należy przyjąć w zależności od wybranej metody obliczeniowej oraz w zależności od znaczenia projektowanego obiektu, przy czym im $F_{dop} > 1$ tym projektowany obiekt będzie bezpieczniejszy.

Wszystkie prowadzone obliczenia przeprowadzone są przy następujących założeniach:

- Dla płaskiego stanu naprężeń i odkształceń.
- Przy obowiązywaniu hipotezy wytrzymałościowej Coulomba - Mohra:

$$|\tau| = \tau_f = \sigma \tan \phi + c$$

- Parametry mechaniczne gruntu c oraz ϕ są stałe w czasie.
- Wzdłuż całej powierzchni poślizgu są stałe przemieszczenia.

W programie obliczenia można przeprowadzić metodą Felleniusa lub Bishopa.

850.2.2. Metoda Felleniusa

W metodzie Felleniusa przyjmuje się, że dla danej geometrii zbocza istnieje jedna najbardziej niebezpieczna powierzchnia poślizgu, charakteryzująca się najmniejszym współczynnikiem bezpieczeństwa określonego wzorem:

$$F = \frac{M_u}{M_{obl}}$$

gdzie M_u jest momentem sił utrzymujących bryłę, obliczonym względem środka obrotu:

$$M_u = R \sum_{i=1}^n (W_i \cos(\alpha_i) \tan(\phi_i) + l_i c_i)$$

natomiast M_{obl} jest momentem sił obracających bryłę, opisanym wzorem:

$$M_u = R \sum_{i=1}^n W_i \sin(\alpha_i)$$

Analiza stateczności skarpy o danej geometrii sprowadza się więc do ustalenia takiej powierzchni poślizgu, która dałaby najmniejszy współczynnik bezpieczeństwa F_{\min} . Metodę Felleniusa można zastosować w przypadku obliczeń skarp z gruntów niejednorodnych oraz w przypadku wyraźnie ukształtowanej nieregularnej powierzchni poślizgu (aproxymując ją cylindryczną powierzchnią) na terenie już zaistniałego osuwiska.

850.2.3. Metoda Bishopa

W metodzie Bishopa przyjmuje się, że siły działające na boczne ściany wydzielonych bloków są poziome. Rzuty ich na kierunek pionowy są równe zero. Obliczenia najczęściej przeprowadza się stosując naprężenia efektywne. Siły tarcia wzdłuż powierzchni poślizgu rozumie się jako siły równoważące aktualne siły osuwające. Współczynnik bezpieczeństwa wyznaczany jest wg. następującego wzoru:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + (W_i - u_i b_i) \tan(\phi_i)]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin(\alpha_i)} \frac{1}{M_i(\alpha)}$$

gdzie:

$$M_i(\alpha) = \left[1 + \frac{\tan(\phi) \tan(\alpha_i)}{F} \right] \cos(\alpha_i)$$

W powyższych wzorach współczynnik bezpieczeństwa F znajduje się po lewej jak również po prawej stronie równania. Jest to, więc równanie nieliniowe. Rozwiązanie tego równania należy otrzymać iteracyjnie przy zastosowaniu np. metody Newtona - Raphsona lub metodą kolejnych przybliżeń. Iteracje przeprowadza się do momentu kiedy różnica pomiędzy współczynnikiem obliczonym w aktualnej iteracji i wartością współczynnika z poprzedniej iteracji jest mniejsza od zadeklarowanej w programie (0,001).

850.3. Wprowadzanie danych

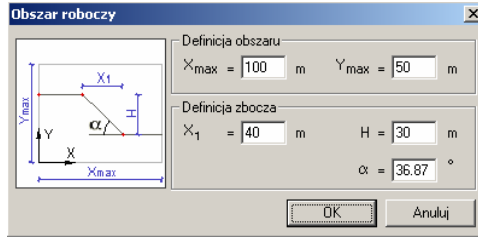
Nawiasy klamrowe używane poniżej oznaczają, że parametr bądź wielkość w nich zawarta jest:

[...] jednostką, w jakiej podawana jest poszczególna wielkość,

<...> parametrem opcjonalnym, tj. takim, który w pewnych sytuacjach może nie występować,

{...} zakresem, w jakim występuje dana wielkość.

Otwierając nowy projekt dotyczący *Stateczności skarp i zboczy* pojawia się okno, w którym użytkownik definiuje obszar roboczy projektu, czyli pole w którym definiuje się wymiary zbocza. Okno to ma następujący wygląd:



W oknie tym prócz definicji obszaru zbocza można zadeklarować rozmieszczenie punktów siatki przyciągania.

Poszczególne wielkości zostały graficznie przedstawione na szkicu w prawej części okna i mają następujące znaczenia oraz możliwy przedział zadeklarowania:

X_{\max}	[m]	Długość przekroju analizowanego obszaru skarpy wraz z odcinkami nad i poniżej skarpy.	[2 ÷ 5000]
Y_{\max}	[m]	Maksymalna wysokość przekroju analizowanej skarpy wraz z głębokością gruntu leżącego poniżej podstawy skarpy.	[0 ÷ 1000]
X_1	[m]	Długość bezpośredniego przekroju skarpy – długość (wymiar wzdłuż osi poziomej), na którym następuje spadek profilu skarpy.	[1 ÷ $X_{\max} - 1$]
H	[m]	Wysokość skarpy – wymiar skarpy wzdłuż osi pionowej między jej najwyższym i najniższym punktem.	[0 ÷ $Y_{\max} - 1$]
kąt	[$^{\circ}$]	Kąt nachylenia skarpy do osi X.	[0 ÷ 90]

Kąt lub wysokość skarpy są automatycznie wzajemnie przeliczane, jeśli zmieni się jeden z tych parametrów.

Wszystkie dane dotyczące geometrii zbocza w module *Stożeczność skarp i zboczy* wprowadzane są na ekranie graficznym. Ikony służące do wprowadzania danych podzielone są na dwie podstawowe grupy. Pierwsza z nich znajduje się w pasku usytuowanym domyślnie nad ekranem roboczym:



Znajdują się w niej ikony służące do edycji już wprowadzonych danych oraz powiększające lub pomniejszające ekran roboczy. Ikony tej grupy w dalszym opisie nazywać będziemy : *ikonami edycji*.

Ikony drugiej grupy znajdują się domyślnie po lewej stronie ekranu roboczego i służą one do definiowania odpowiednich wielkości przez graficzne zaznaczenie miejsca ich wstawienia na ekranie roboczym. Tą grupę ikon dalej w tekście nazywać będziemy *ikonami wstawienia*.




850.3.1. Opis funkcji *Ikony edycji*.

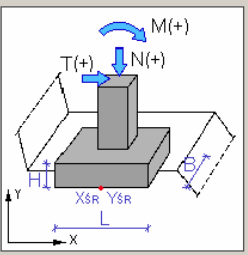
Pierwsze pole grupy *ikon edycji* pozwala na wybór danej metody obliczeń. Program może wykonywać obliczenia następującymi metodami blokowymi: metodą Felleniusa bądź metodą Bishopa.



Po wybraniu odpowiedniej metody, wszystkie obliczenia wykonywane są przez program wg. wzorów charakterystycznych dla danej formuły (patrz opisy w punkcie 2.).

Kolejną ikoną jest przycisk wywołujący okno edycji fundamentów . Po naciśnięciu tej ikony pojawi się następujące okno:

Charakterystyka fundamentów



Nr	X _{sr}	Y _{sr}	L	B	H	ρ	N	T	M
1	16.43	29.77	1.20	1.20	0.60	2.50	10	0	0
2	39.82	24.99	1.20	1.20	0.60	2.50	25	0	0
3	54.49	10.95	1.20	1.20	0.60	2.50	50	0	0
4	78.63	11.38	1.20	1.20	0.60	2.50	54	0	0
5	66.40	17.01	1.20	1.20	0.60	2.50	12	0	0
6	42.58	23.07	1.20	1.20	0.60	2.50	44	0	0
7	36.52	31.47	1.20	1.20	0.60	2.50	95	0	0

Gama min = Gama max =

W oknie jak wyżej definiowane są wszystkie parametry charakteryzujące dany fundament. Użytkownik ma również możliwość wstawienia nowego, bądź usunięcia już istniejącego fundamentu. W tabeli zawarta jest charakterystyka wszystkich wprowadzonych do projektu fundamentów.

Poszczególne wielkości mają następujące znaczenia:

X _{sr}	[m]	Położenie względem poziomej osi X punktu środkowego dolnej krawędzi fundamentu.	{Punkt środkowy podstawy fundamentu musi leżeć w obszarze roboczym}
Y _{sr}	[m]	Położenie względem pionowej osi Y punktu środkowego dolnej krawędzi fundamentu.	{Punkt środkowy podstawy fundamentu musi leżeć w obszarze roboczym}
L	[m]	Długość fundamentu wzdłuż osi X.	{Wartość dodatnia}
B	[m]	Długość (głębokość) fundamentu wzdłuż osi prostopadłej do płaszczyzny ekranu komputera.	{Wartość dodatnia}
H	[m]	Wysokość stopy fundamentowej. Wymiar fundamentu wzdłuż pionowej osi Y.	Wartość dodatnia

ρ	[t/m ³]	Charakterystyczna gęstość materiału, z którego zbudowany jest fundament.	{Wartość dodatnia}
N	[kN]	Charakterystyczne osiowe obciążenie górnej powierzchni fundamentu siłą pionową (dodatnia w dół).	{Wartość dodatnia – siła ściskająca}
T	[kN]	Charakterystyczne osiowe obciążenie górnej powierzchni fundamentu siłą poziomą (dodatnia w lewo).	{Znak zgodnie ze szkicem}
M	[kNm]	Charakterystyczne osiowe obciążenie górnej powierzchni fundamentu momentem zginającym działającym w płaszczyźnie ekranu roboczego - zbocza (dodatni przy działaniu zgodnie z ruchem wskazówek zegara).	{Znak zgodnie ze szkicem}


Ciężar fundamentu jest automatycznie dodawany do osiowo działającej siły pionowej. Program wykonuje automatycznie obliczenia związane z rozkładem naprężeń pod stopą fundamentową. Uwzględniona jest możliwość odrywania części stopy fundamentowej zgodnie z zaleceniami podanymi w PN-81/B-03020. Jeżeli zakres strefy przekracza wartość normową to fundament ten nie jest uwzględniany przy wyznaczaniu stateczności zbocza (brak możliwości określenia naprężeń pod fundamentem). Program sprawdza stateczność 1 mb. głębokości zbocza liczoną prostopadłe do płaszczyzny ekranu. Aby obliczyć obciążenie od fundamentu na 1 mb. zbocza sumowane są naprężenia pod fundamentem z długości 1 m wzdłuż boku B.

W oknie edycji zatytułowanym *Gama min* użytkownik definiuje minimalny współczynnik obciążenia natomiast w oknie *Gama max* definiuje maksymalny współczynnik obciążenia. Wartość *Gama max* musi być większa niż *Gama min*.

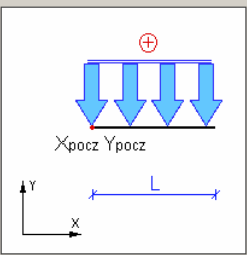
Naciskając przycisk *Dodaj fundament* program doda kolejny fundament na koniec tabeli. Następnie użytkownik musi zdefiniować położenie i wymiary dodanego bloku fundamentowego oraz jego obciążenie.

Naciskając przycisk *Usuń fundament* wybrany (podświetlony) przez użytkownika z tabeli fundament zostanie usunięty.

Fundament uwzględniany jest podczas obliczeń tylko wtedy, gdy cała jego podstawa położona jest wewnątrz profilu zbocza.

Kolejną ikoną jest ikona edycji obciążeń . Po naciśnięciu tej ikony pojawi się następujące okno dialogowe:

Charakterystyka obciążeń



Nr	Rodzaj	X_pocz	Y_pocz	L	Wartość
1	Siła pozioma	0	0	0	10
2	Moment zginając	0	[m]	0	10
3	powierzchniowe	0	0	5	10
4	Siła pionowa	0	0	0	10

Gama min = 0.90 Gama max = 1.10

Dodaj obciążenie Usuń obciążenie

W oknie jak wyżej, definiowane są wszystkie parametry charakteryzujące dane obciążenie, jak również użytkownik ma możliwość wstawienia nowego obciążenia bądź usunięcia już istniejącego. W tabeli zawarta jest charakterystyka wszystkich wprowadzonych obciążeń. Moduł *Stateczność zboczy i skarp* wykorzystuje przy obliczeniach stateczności metody blokowe (Felleniusa, Bishpa). Jednym z założeń, które pozwalają na stosowanie tych metod jest założenie, że poszczególne myślowo wycięte bloki gruntu nie oddziałują na siebie siłami lub, że siły te się znoszą. Z tego założenia wynika, że poszczególne bloki gruntu (najczęściej przyjmuje się 1 m szerokości bloku) muszą być obciążone tak samo, w przeciwnym razie należałoby uwzględnić oddziaływania między blokami przenoszonymi przez grunt. W programie istnieje możliwość deklaracji obciążeń liniowych lub powierzchniowych prostopadłych do płaszczyzny cięcia bloków (o nieskończonej długości). Wszystkie zadeklarowane wymiary dotyczą płaszczyzny myślowego wycięcia bloku (prostopadłej do płaszczyzny profilu zbocza). Zakłada się że wymiary prostopadłe do płaszczyzny wycięcia są nieskończenie długie.

Poszczególne wielkości mają następujące znaczenia:

Rodzaj	[-]	Użytkownik wybiera rodzaj danego obciążenia: Siła pionowa liniowa, Siła pozioma liniowa, Moment zginający liniowy oraz Obciążenie powierzchniowe.	
X_{pocz}	[m]	Położenie względem osi X punktu przyłożenia danego obciążenia w płaszczyźnie myślowego wycięcia skarpy. W przypadku obciążenia liniowego należy wprowadzić położenie lewego punktu początkowego obciążenia tj. najmniejszego X.	Punkt przyłożenia obciążenia musi leżeć w obszarze roboczym.
Y_{pocz}	[m]	Położenie względem osi Y punktu przyłożenia danego obciążenia w płaszczyźnie myślowego wycięcia skarpy. W przypadku obciążenia liniowego należy wprowadzić położenie punktu początkowego obciążenia tj. najmniejszego X.	Punkt przyłożenia obciążenia musi leżeć w obszarze roboczym.
L	[m]	Okienko aktywne tylko w przypadku wyboru obciążenia powierzchniowego. Długość działającego obciążenia, w płaszczyźnie myślowego wycięcia skarpy wzdłuż osi X.	Wartość dodatnia
Wartość	[kN/m]	Wartość charakterystyczna zadeklarowanego	


	[kNm/m] [kN/m ²]	przez użytkownika obciążenia.	
--	---------------------------------	-------------------------------	--





W oknie edycji zatytułowanym *Gama min* użytkownik definiuje minimalny współczynnik obciążenia, natomiast w oknie *Gama max* definiuje maksymalny współczynnik obciążenia. Wartość *Gama max* musi być większa niż *Gama min*.

Naciskając przycisk *Dodaj obciążenie* program doda kolejne obciążenie na koniec tabeli. Następnie użytkownik musi zdefiniować położenie dodanego obciążenia, jego rodzaj i wartość.

Naciskając przycisk *Usuń obciążenie* wybrane (podświetlone) przez użytkownika w tabeli obciążenie zostanie usunięte.

Obciążenie powierzchniowe uwzględniane jest podczas obliczeń tylko wtedy gdy całe jest położone wewnątrz profilu zbocza.

Kolejną ikoną jest ikona edycji parametrów mechanicznych i fizycznych zadeklarowanych graficznie warstw geotechnicznych . Po naciśnięciu tej ikony pokaże się następujące okno:

Nr	Nazwa	Id	ρ	c	ϕ	Woda	Kolor
1	Piaski drobne (Pd)	0.50	1.75	1	32	NIE	
2	Spoisty B (Gp, G, Gii)	0.25	2.10	26	16	NIE	
3	Piaski średnie (Ps)	0.50	1.85	3	35.50	NIE	
4	Żwir (Z)	0.50	1.90	0	38.50	NIE	

Gama min = Gama max =

Poszczególne wielkości mają następujące znaczenia:

Nazwa	[-]	Nazwa lub rodzaj zadeklarowanego gruntu: Grunt spoisty A, B, C, D, Żwir, Pospółka, Piasek gruby, Piasek średni, Piasek drobny, Piasek pylasty, Piasek próchniczny. Program automatycznie dobiera domyślne parametry fizyczne i mechaniczne gruntu w zależności od wybranego rodzaju gruntu.
I_D/I_L	[-]	Charakterystyczny wskaźnik zagęszczenia lub wskaźnik plastyczności w zależności od tego czy grunt jest spoisty czy niespoisty.
ρ	[t/m ³]	Gęstość charakterystyczna deklarowanego gruntu.
c	[kPa]	Spójność charakterystyczna deklarowanego gruntu.
ϕ	[°]	Charakterystyczna wartość kąta tarcia wewnętrznego deklarowanego gruntu.
WODA	[TAK / NIE]	Deklaracja czy dana warstwa gruntu jest nawodniona czy nie jest.
Kolor	[-]	Użytkownik wybiera kolor charakterystyczny dla danej warstwy z dodatkowego okna.

W oknie edycji zatytułowanym *Gama min* użytkownik definiuje minimalny współczynnik materiałowy, natomiast w oknie *Gama max* definiuje maksymalny współczynnik materiałowy dla gruntu. Wartość *Gama max* musi być większa niż *Gama min*.


Przyjęto następujące wartości domyślne parametrów mechanicznych poszczególnych rodzajów gruntów:

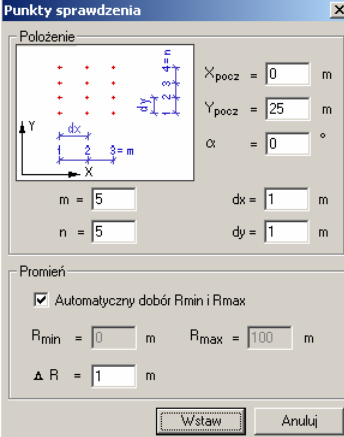
Typ gruntu	ρ [t/m ³]	c [kPa]	ϕ [°]
Żwir	1,9	0	38,5
Pospółka	1,9	0	38,5
Piasek gruby	1,85	0	35,5
Piasek średni	1,85	1	35,5
Piasek drobny	1,75	1	32
Piasek pylasty	1,75	2	32
Piasek próchniczny	1,7	3	28
Spoisty A	2,08	20	20
Spoisty B	2,1	26	16
Spoisty C	2,05	35	13
Spoisty D	1,93	45	10

Współczynniki charakteryzujące własności fizyczne i mechaniczne poszczególnych rodzajów gruntu mogą zmieniać się w następujących przedziałach:

Typ gruntu	ρ [t/m ³]	c [kPa]	ϕ [°]
Żwir	0,99 ÷ 10,0	0,0 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0
Pospółka	0,99 ÷ 10,0	0,0 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0
Piasek gruby	0,99 ÷ 10,0	0,0 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0
Piasek średni	0,99 ÷ 10,0	0,0 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0
Piasek drobny	0,99 ÷ 10,0	0,0 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0
Piasek pylasty	0,99 ÷ 10,0	0,0 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0
Piasek próchniczny	0,99 ÷ 10,0	0,0 ÷ 20,0	1,0 ÷ 100,0
Spoisty A	0,99 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0	1,0 ÷ 100,0
Spoisty B	0,99 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0	1,0 ÷ 100,0
Spoisty C	0,99 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0	1,0 ÷ 100,0
Spoisty D	0,99 ÷ 10,0	1,0 ÷ 100,0	1,0 ÷ 100,0

Nowe warstwy geotechniczne tworzone mogą być jedynie graficznie za pomocą ikon z grupy *Ikony wstawienia*.

Kolejną ikoną jest ikona charakterystyki siatki punktów sprawdzenia możliwych łuków poślizgu oraz definicja promieni tych łuków. Po naciśnięciu ikony  pojawi się następujące okno dialogowe:



Okno dialogowe "Punkty sprawdzenia" zawiera diagram siatki punktów w układzie współrzędnych X-Y. Siatka składa się z 5 kolumn i 5 wierszy punktów. Parametry geometryczne i konfiguracji są następujące:

- X_{pocz} = 0 m
- Y_{pocz} = 25 m
- α = 0 °
- m = 5
- n = 5
- dx = 1 m
- dy = 1 m
- Automatyczny dobór R_{min} i R_{max}
- R_{min} = 0 m
- R_{max} = 100 m
- ΔR = 1 m

Przyciski: Wstaw, Anuluj


Poszczególne pola w powyższym oknie mają następujące znaczenia:

X_{pocz}	[m]	Położenie względem osi X dolnego lewego punktu siatki środków możliwego łuku poślizgu.	{Wartość dodatnia}
Y_{pocz}	[m]	Położenie względem osi Y dolnego lewego punktu siatki środków możliwego łuku poślizgu.	{Wartość dodatnia}
Kąt	[°]	Kąt obrotu siatki punktów zdefiniowanych jako środki możliwych łuków poślizgu względem osi X.	
m	[-]	Ilość kolumn siatki środków możliwych łuków poślizgu.	{Liczba całkowita dodatnia}
dX	[m]	Odległości wzdłuż osi X pomiędzy kolejnymi kolumnami siatki środków możliwych łuków poślizgu.	{Wartość dodatnia}
n	[-]	Ilość wierszy siatki środków możliwych łuków poślizgu.	{Liczba całkowita dodatnia}
dY	[m]	Odległości wzdłuż osi Y pomiędzy kolejnymi wierszami siatki środków możliwych łuków poślizgu.	{Wartość dodatnia}
Automatyczny	[-]	Włączenie lub wyłączenie automatycznego	

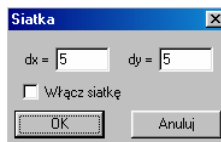
dobór Rmin i Rmax		dobory maksymalnego i minimalnego promienia poślizgu. Minimalny promień jest automatycznie definiowany jako najmniejsza odległość pomiędzy środkiem łuku poślizgu a konturem zbocza plus ΔR . Maksymalny promień jest to maksymalny odległość mieszcząca się w konturach zbocza.	
Rmin	[m]	Minimalny promień poślizgu.	{Wartość dodatnia}
Rmax	[m]	Maksymalny promień poślizgu.	{Wartość dodatnia}
ΔR	[m]	Przyrost promienia pomiędzy Rmin i Rmax. Wszystkie okręgi poślizgu o danym środku i promieniach zawartych pomiędzy Rmin i Rmax o przyroście ΔR są automatycznie sprawdzane przez program.	{Wartość dodatnia}

Definicja siatki punktów sprawdzenia możliwych łuków poślizgu jest bardzo istotna z uwagi na wybór miejsca szukanego środka obrotu oraz ze względu na całkowitą ilość otrzymanych wyników. Całkowita ilość otrzymanych wyników, a także czas trwania obliczeń, zależne są od trzech podstawowych parametrów: ilości punktów siatki, przyrostu promienia sprawdzanego łuku ΔR oraz kształtu powierzchni zewnętrznej zbocza. Dodatkowo na czas trwania obliczeń wpływa gęstość i stopień skomplikowania uwarstwienia skarpy.

Zaleca się w pierwszym przybliżeniu, wybór jak najszerzego obszaru siatki o średniej gęstości (np. 20 x 20 punktów). Lokalizacja siatki punktów przy pierwszym obliczeniu powinna odpowiadać obszarowi, w którym możemy spodziewać się najbardziej niekorzystnego punktu obrotu skarpy. Przeważnie jest to punkt leżący na linii prostopadłej do nachylonego stoku. W ewentualnych kolejnych obliczeniach, możemy z większą dokładnością doprecyzować miejsce szukanego punktu siatki na podstawie poprzednich obliczeń. Można również wówczas zwiększać lub zmniejszać gęstość siatki i przyrost promienia w celu otrzymania dokładniejszych wyników.

Kolejną ikoną w grupie *Ikony edycji* jest ikona definiująca charakterystykę punktów przyciągania .

Po naciśnięciu tej ikony pojawi się następujące okno edycji:



Okno dialogowe "Siatka" z następującymi elementami:


- dx =
- dy =
- Włącz siatkę
- Przyciski: OK, Anuluj


Poszczególne pola w powyższym oknie mają następujące znaczenia:

dX	[m]	Odległość wzdłuż osi X pomiędzy kolejnymi kolumnami punktów siatki przyciągania,	{Wartość dodatnia}
dY	[m]	Odległość wzdłuż osi Y pomiędzy kolejnymi wierszami punktów siatki przyciągania,	{Wartość dodatnia}
Włącz	[-]	Znacznik włącza lub wyłącza siatkę punktów	

siatkę		przyciągania,	
--------	--	---------------	--

Siatka rozłożona jest w całym obszarze roboczym ekranu zdefiniowanym na wstępie przez użytkownika.


Ikony  służą do powiększania lub pomniejszania widoku roboczego. Ostatnia ikona tej grupy przywraca na ekranie roboczym cały widok zbocza stworzonego przez użytkownika.


Ostatnią z grupy *Ikony* edycji jest przycisk informacyjny . Jeżeli ta ikona jest wciśnięta to przy najechaniu myszą nad dowolny obiekt (warstwa geotechniczna, obciążenie, fundament, woda swobodna, punkty, punkty siatki) pojawia się dynamiczna „chmurka” z informacjami charakteryzującymi dany obiekt.


850.3.2. Opis funkcji *Ikony wstawienia*


Ikony wstawienia znajdują się domyślnie w lewym górnym rogu ekranu roboczego. Za ich pomocą użytkownik ma możliwość definiowania lokalizacji nowych obiektów (warstw geotechnicznych, fundamentów, obciążeń zewnętrznych, warstw wody swobodnej) bezpośrednio na graficznym ekranie roboczym za pomocą myszki (bez wprowadzania współrzędnych). W ten sposób wprowadzane są nowe obiekty oraz definiowane jest ich położenie. Pozostałe wielkości jak wymiary i wartości wprowadzane są jako domyślne, z możliwością ich późniejszej edycji w odpowiedniej tabeli. Użytkownik ma do dyspozycji następujące ikony zgromadzone w grupie *Ikony wstawienia*:



Pierwszą ikoną w pasku jest *Wstawianie fundamentu* . Używając tego przycisku użytkownik ma możliwość wprowadzić nowy fundament do profilu zbocza, poprzez wskazanie miejsca na ekranie, będącego punktem wstawienia środkowego punktu podstawy fundamentu. Następnie wszystkie pozostałe parametry takie jak wymiary bloku i wartości charakterystyczne obciążeń, można zmieniać w tabeli zbiorczej fundamentów. Fundament uwzględniany jest w sprawdzaniu stateczności zbocza, jeżeli cała jego dolna podstawa leży wewnątrz konturów zbocza.

Kolejną ikoną na pasku jest *Wstawianie obciążenia* . Po naciśnięciu i przytrzymaniu


tej ikony pojawia się menu szczegółowe . Następnie należy (przy naciśniętej cały czas myszce – lewy klawisz) wskazać dany rodzaj obciążenia i puścić myszkę. Dany rodzaj obciążenia pojawi się na ikonie. Nowe, wybrane obciążenie wprowadza się poprzez wskazanie punktu przyłożenia obciążenia na ekranie graficznym, dla obciążenia powierzchniowego jest to punkt początkowy (o najmniejszej wartości współrzędnej X) obciążenia. Następnie wszystkie parametry wprowadzonych obciążeń, takie jak wartość charakterystyczna obciążenia i ewentualna jego długość mogą być modyfikowane w tabeli zbiorczej obciążeń. Obciążenie uwzględniane jest w sprawdzaniu stateczności zbocza, jeżeli wszystkie punkty jego przyłożenia leżą wewnątrz konturów zbocza. Domyślnie ustawione jest wprowadzanie obciążeń w postaci siły skupionej.


Kolejną ikoną w pasku *Ikony wstawienia* jest *Wstawianie nowego punktu* . Naciskając tą ikonę, a następnie zaznaczając odpowiednie miejsca na linii stanowiącej kontur zbocza


lub na liniach będących stropami, bądź spągami warstw geotechnicznych wprowadzamy kolejne punkty ich podziału. Następnie punkty te można przemieszczać, poprzez podanie ich nowych współrzędnych lub przesuając (po wyłączeniu ikony wstawiania nowego punktu) wskazany punkt myszką w nowe położenie na ekranie roboczym, przez co zmieniamy położenie stropów lub spągów warstw geotechnicznych.

Rys w zboczu (pęknięcia gruntu) można definiować w projekcji z wykorzystaniem ogólnie dostępnych metod przemieszczania punktów linii podziału warstw i linii konturowej zbocza. Najpierw należy wstawić punkty na linii ograniczającej powierzchnię zbocza. Następnie poprzez ich właściwe przesunięcie definiujemy odpowiednią geometrię rysy.


Przy wprowadzaniu punktów i ich przesuwanie należy pamiętać, że w module występują ograniczenia dotyczące możliwości przesunięcia punktu przez linię podziału warstw i linię konturu, oraz zbyt bliskiej lokalizacji sąsiednich punktów.


Następną ikoną w pasku jest *Linia podziału warstwy geotechnicznej* . Użytkownik za pomocą myszki wskazuje kolejne punkty należące do danej *Linii podziału warstwy geotechnicznej*. Należy pamiętać aby wstawienie punktów rozpocząć od lewej strony i następne punkty muszą leżeć zawsze na prawo od poprzedniego czyli zawsze $x_{n+1} > x_n$. Oczywiście zawsze można dodać na istniejącej już linii nowe punkty za pomocą ikony *Wstawianie nowego punktu*. Wprowadzanie *Linii podziału warstw geotechnicznych* powinno rozpoczynać się od już istniejącej linii podziału warstw, bądź od lewej, dolnej lub górnej linii ograniczającej zbocze. Analogicznie zakończenie *Linii podziału warstw geotechnicznych* powinno być wykonane na już istniejącej linii podziału warstw bądź na prawej, dolnej lub górnej linii ograniczającej zbocze z zachowaniem warunku opisanego powyżej. *Linia podziału warstw geotechnicznych* może przechodzić (krzyżować się) przez wiele istniejących linii warstw geotechnicznych i wtedy wszystkie przecinające warstwy zostaną podzielone na osobne warstwy – zostanie utworzonych kilka nowych warstw geotechnicznych. Wartości charakterystyczne parametrów fizycznych i mechanicznych nowo utworzonych warstw automatycznie przejmowane są od warstwy dzielonej – pierwotnej. Następnie użytkownik może zmienić parametry odpowiedniej warstwy w tabeli zawierającej charakterystykę parametrów mechanicznych i fizycznych warstw. Duża dowolność kształtowania warstw pozwalała na wprowadzanie do projektu złożonych struktur geotechnicznych takich jak soczewki, przewarstwienia, rysy itp.

Następną ikoną w pasku *Ikona wstawienia* jest *Linia wody gruntowej* . Użytkownik ma możliwość wprowadzenia poziomu wody gruntowej. *Linie wody gruntowej* wprowadza się na takich samych zasadach jak wprowadzanie *Linii podziału warstwy geotechnicznej* opisanej w powyższym punkcie. Wprowadzając *Linie wody gruntowej* w danej warstwie program automatycznie dzieli tą warstwę na dwie nowe warstwy: nawodnioną poniżej linii wody gruntowej i nie nawodnioną powyżej. Wszystkie parametry fizyczne i mechaniczne nowych warstw są takie same jak warstwy dzielonej z tym wyjątkiem, że nowa warstwa leżąca niżej jest nawodniona.

Następną ikoną w pasku jest przycisk *Woda swobodna* . Użytkownik ma możliwość wprowadzenia wielu poziomów wody swobodnej występujących jedynie poza profilem zbocza. Zaznaczając tą ikonę użytkownik następnie musi wskazać na ekranie roboczym poziom wody swobodnej (punkt na ekranie poza profilem zbocza). Program automatycznie ustawi całą powierzchnię zajmowaną przez wodę swobodną wypełniając kolorem niebieskim całą przestrzeń od wskazanego poziomu aż do linii konturu zbocza lub krawędzi ograniczających obszar roboczy zbocza z prawej, bądź lewej strony. Jeżeli przy wprowadzaniu poziomu wody swobodnej użytkownik zaznaczy punkt w ramach istniejącej warstwy geotechnicznej to woda

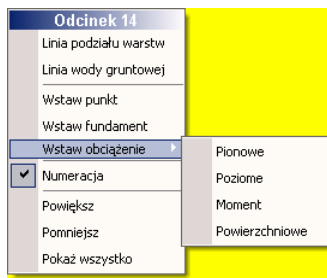
swobodna nie zostanie wprowadzona. Jeżeli użytkownik wprowadzi punkt poziomu wody swobodnej wewnątrz zadeklarowanej wcześniej wody swobodnej to poziom wody swobodnej zostanie obniżony do wskazanego punktu. Po wprowadzeniu lustra wody jego punkty skrajne zostają unieruchomione do dalszej edycji, aż do momentu usunięcia danego lustra wody swobodnej. Program przy kształtowaniu zbocza pozwala na wprowadzenie wielu niezależnych poziomów wody swobodnej w ramach jednego projektu.

Kolejną ikoną na pasku jest przycisk *Wprowadzanie siatki punktów sprawdzania* . Za pomocą tej funkcji użytkownik zaznacza dowolny obszar ekranu (w ramach zbocza lub poza nim), poprzez wskazanie myszką prostokąta za pomocą dwóch przeciwległych punktów, w którym równomiernie rozłożone są wszystkie środki możliwych łuków poślizgu skarp. Edycja liczby rzędów i kolumn punktów środków łuków poślizgu oraz ich odległości od siebie możliwa jest poprzez odpowiednią ikonę z grupy *Ikony edycji*. Położenie siatki punktów sprawdzania można zmieniać przeciągając jeden z czterech punktów narożnych siatki. Przesunięcie całej siatki punktów sprawdzania dokonywane jest poprzez wskazanie i przesunięcie dowolnego punktu siatki z wyjątkiem punktów narożnych. Operacja ta polega na kliknięciu i przytrzymaniu lewego klawisza myszki na dowolnym np. środkowym punkcie siatki, a następnie przeciągnięcie go na nowe miejsce potwierdzone puszczeniem lewego klawisza myszki.

Ostatnim przyciskiem grupy *Ikony wstawienia* jest ikona wstawienia lub usunięcia punktów przyciągania . Opcja ta włącza lub wyłącza aktywną siatkę przyciągania na ekranie graficznym. Po włączeniu opcji siatki rysowanie wszystkich elementów na ekranie graficznym odbywa się jedynie po punktach tej siatki. Edycja odległości pomiędzy kolejnymi rzędami i kolumnami punktów przyciągania możliwa jest poprzez użycie odpowiedniej ikony z grupy *Ikony edycji*.

850.3.3. Edycja elementów na ekranie roboczym

Klikając prawym przyciskiem myszki na linię podziału warstw geotechnicznych, linię konturu zbocza lub linię ograniczającą obszar roboczy zbocza pokaże się następujące menu podręczne, z którego użytkownik może wybrać daną funkcję:



Wybierając:

Linie podziału warstw użytkownik ma możliwość wprowadzenia punktów *Linii podziału warstw* zgodnie z instrukcją podaną w podpunkcie 3.3.

Linie wody gruntowej użytkownik może wprowadzić *Linie wody gruntowej* zgodnie z instrukcją opisaną w punkcie 3.3..

Wstaw punkt użytkownik wstawia punkt na istniejącej linii we wskazanym wcześniej miejscu. *Wstaw fundament* użytkownik wstawia nowy fundament w wskazanym wcześniej miejscu. *Wstaw obciążenie* użytkownik wybiera i wstawia odpowiednie obciążenie we wskazanym wcześniej miejscu.

Numeracja - użytkownik włącza lub wyłącza numerację linii.

Opcje: *Powiększ*, *Pomniejsz*, *Pokaż wszystko* sterują wielkością rysunku pokazywanego na ekranie.

Należy pamiętać, że nowe, wstawione obciążenie, bądź fundament mają domyślnie zdefiniowane pewne wartości dotyczące wartości charakterystycznej obciążenia oraz wymiarów. Użytkownik musi następnie te wielkości zmienić w odpowiedniej tabeli zawierającej zestawienia fundamentów, bądź obciążeń.

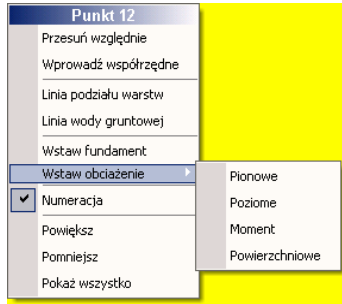
Klikając prawym przyciskiem myszy nad warstwą geotechniczną na ekranie roboczym pokaże się następujące menu podręczne, z którego użytkownik może modyfikować daną warstwę o następujące elementy:



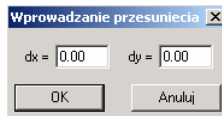
Jeżeli wybierze opcję *Woda* to program w charakterystyce danej warstwy zaznaczy, że dana warstwa geotechniczna jest nawodniona. Jeżeli użytkownik wybierze *Modyfikuj* program automatycznie otworzy tabelę zbiorczą warstw geotechnicznych z zaznaczoną modyfikowaną warstwą, gdzie będzie można zmienić właściwości fizyczne i mechaniczne danej warstwy. *Wstaw fundament* użytkownik wstawia nowy fundament w wskazanym wcześniej miejscu. *Wstaw obciążenie* użytkownik wybiera rodzaj obciążenia a następnie wstawia je we wskazanym wcześniej miejscu. Należy pamiętać, że nowe, wstawione obciążenie bądź fundament ma domyślnie zdefiniowane pewne wartości dotyczące wartości charakterystycznej obciążenia jak i wymiarów. Użytkownik musi następnie te wielkości zmienić w odpowiedniej tabeli zawierającej zestawienia fundamentów bądź obciążeń. *Numeracja* użytkownik włącza lub wyłącza numerację warstw.

Opcje: *Powiększ*, *Pomniejsz*, *Pokaż wszystko* sterują wielkością rysunku pokazywanego na ekranie.

Klikając prawym przyciskiem myszy nad punktem na ekranie roboczym pokaże się następujące menu podręczne w którym użytkownik może edytować położenie zaznaczonego punktu lub wprowadzić nowe elementy:



Nowe współrzędne wskazanego punktu muszą spełniać warunek aby jego wartość X zawierała się pomiędzy współrzędnymi X dwóch sąsiednich punktów dla danej linii podziału. Zaznaczając w menu *Przesuń względnie* pojawia się następujące okno:



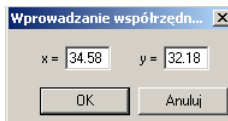
Gdzie:

dx = przesunięcie względne punktu wzdłuż osi X

dy = przesunięcie względne punktu wzdłuż osi Y

Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany, natomiast *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

Wybierając opcję *Wprowadź współrzędne* pojawi się następujące okno:



Gdzie:

X = położenie punktu względem osi X

Y = położenie punktu względem osi Y

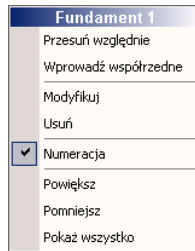
Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany, natomiast przy naciśnięciu *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

Wybierając *Linie podziału warstw* użytkownik ma możliwość wprowadzenia punktów *Linii podziału warstw* zgodnie z instrukcją podaną w podpunkcie 3.3. Zaznaczając *Linie wody gruntowej* użytkownik może wprowadzić *Linie wody gruntowej* zgodnie z instrukcją opisaną w punkcie 3.3.. Opcją *Wstaw punkt* użytkownik wstawia punkt na istniejącej linii we wskazanym wcześniej miejscu. Wskazując w menu *Wstaw fundament* użytkownik wprowadza nowy fundament we wskazanym wcześniej miejscu. Opcją *Wstaw obciążenie* użytkownik wstawia wybrany rodzaj obciążenia we wskazanym wcześniej miejscu. Należy pamiętać, że nowe, wstawione obciążenie, bądź fundament ma domyślnie zdefiniowane pewne wartości dotyczące wartości charakterystycznej obciążenia jak i wymiarów. Użytkownik musi następują

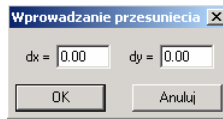
te wielkości zmodyfikować w odpowiedniej tabeli zawierającej zestawienia fundamentów bądź obciążeń. *Numeracją* użytkownik włącza lub wyłącza numerację linii.

Opcje: *Powiększ*, *Pomniejsz*, *Pokaż wszystko* sterują wielkością rysunku pokazywanego na ekranie.

Klikając prawym przyciskiem myszy nad fundamentem na ekranie roboczym pokaże się następujące menu podręczne, którym użytkownik może edytować położenie zaznaczonego fundamentu, modyfikować jego charakterystykę lub usunąć zaznaczony fundament:



Zaznaczając *Przesuń względnie* pojawia się okno:



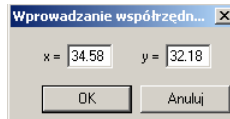
Gdzie:

dx = przesunięcie względne punktu środkowego podstawy fundamentu wzdłuż osi X

dy = przesunięcie względne punktu środkowego podstawy fundamentu wzdłuż osi Y

Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany, natomiast wybierając *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

Przy wyborze opcji *Wprowadź współrzędne* pojawi się okno:



Gdzie:

X = położenie punktu środkowego podstawy fundamentu względem osi X

Y = położenie punktu środkowego podstawy fundamentu względem osi Y

Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany, natomiast wybierając *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

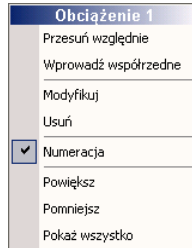
Jeżeli użytkownik wybierze w menu opcję *Modyfikuj* program automatycznie otworzy tabelę zbiorczą fundamentów z zaznaczonym modyfikowanym fundamentem, gdzie będzie można zmienić wymiary geometryczne oraz charakterystyczne wartości obciążenia fundamentu.

Naciśnięcie funkcji *Usuń* usuwa zaznaczony fundament z projektu i ekranu.

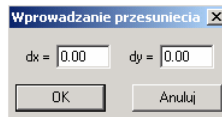
Numeracja – program włącza lub wyłącza numerację wszystkich fundamentów.

Opcje: *Powiększ*, *Pomniejsz*, *Pokaż wszystko* sterują wielkością rysunku pokazywanego na ekranie.

Klikając prawym przyciskiem myszy nad obciążeniem na ekranie roboczym pokaże się następujące menu podręczne w którym użytkownik może edytować położenie zaznaczonego obciążenia, modyfikować jego charakterystykę lub usunąć zaznaczone obciążenie:



Zaznaczając funkcję *Przesuń względnie* pojawia się następujące okno:



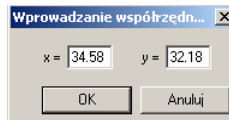
Gdzie:

dx = przesunięcie względne punktu wstawienia obciążenia wzdłuż osi X

dy = przesunięcie względne punktu wstawienia obciążenia wzdłuż osi Y

Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany, natomiast wybierając *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

Po wyborze funkcji *Wprowadź współrzędne* pojawi się następujące okno:



Gdzie:

X = położenie punktu wstawienia obciążenia względem osi X

Y = położenie punktu wstawienia obciążenia względem osi Y

Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany, natomiast wybierając *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

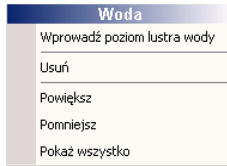
Jeżeli użytkownik wybierze funkcję *Modyfikuj* program automatycznie otworzy tabelę zbiorczą obciążeń z zaznaczonym modyfikowanym obciążeniem, gdzie będzie można zmienić położenie, długość obciążenia liniowego oraz charakterystyczne wartości obciążenia.

Naciśnięcie funkcji *Usuń* usuwa zaznaczone obciążenie z projektu i ekranu.

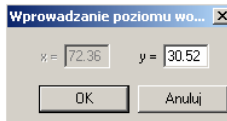
Numeracja – program włącza lub wyłącza numerację wszystkich obciążeń.

Opcje: *Powiększ*, *Pomniejsz*, *Pokaż wszystko* sterują wielkością rysunku pokazywanego na ekranie.

Klikając prawym przyciskiem myszy nad obszarem zajmowanym przez wodę swobodną na ekranie roboczym pokaże się następujące menu podręczne, którym użytkownik może edytować położenie zaznaczonego obszaru wody swobodnej lub ją usunąć:



Wybierając funkcję *Wprowadź poziom lustra wody swobodnej* pokaże się następujące okno:



Gdzie:

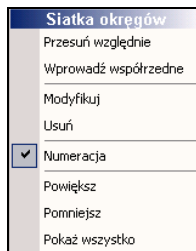
Y = położenie względem osi Y górnej powierzchni lustra wody swobodnej.

Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany, natomiast wybierając *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

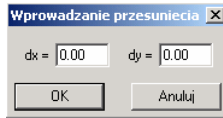
Wybór funkcji *Usuń* powoduje usunięcie lustra wody swobodnej z rysunku i projektu.

Opcje: *Powiększ*, *Pomniejsz*, *Pokaż wszystko* sterują wielkością rysunku pokazywanego na ekranie.

Klikając prawym przyciskiem myszy nad dowolnym z punktów definiujących środki możliwych łuków poślizgu na ekranie roboczym pokaże się następujące menu podręczne, w którym użytkownik może edytować położenie punktów lub je usunąć:



Zaznaczając funkcję *Przesuń względnie* pojawia się następujące okno:



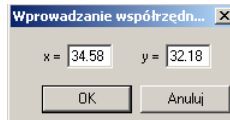
Gdzie:

dx = przesunięcie względne siatki okręgów wzdłuż osi X

dy = przesunięcie względne siatki okręgów wzdłuż osi Y

Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany natomiast wybierając *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

Po wybraniu opcji *Wprowadź współrzędne* pojawi się następujące okno:



Użytkownik definiuje w nim położenie skrajnego, lewego, dolnego narożnika siatki środków możliwych łuków poślizgu:

X = położenie punktu siatki względem osi X

Y = położenie punktu siatki względem osi Y

Klikając *OK*, użytkownik akceptuje wprowadzone zmiany natomiast wybierając *Anuluj* zmiany nie są uwzględniane.

Jeżeli użytkownik wybierze funkcję *Modyfikuj* program automatycznie otworzy okno, w którym użytkownik definiuje położenie lewego dolnego środka, ilość rzędów i kolumn jak również odległości pomiędzy nimi. W oknie tym można również definiować promienie możliwych łuków poślizgów i ich przyrost podczas obliczeń.

Naciśnięcie opcji *Usuń* usuwa siatkę środków łuków poślizgu z projektu i ekranu. Usunięcie siatki blokuje możliwość wykonania przez moduł obliczeń współczynników pewności.

Numeracja – program włącza lub wyłącza numerację wszystkich środków możliwych łuków poślizgu.

Opcje: *Powiększ*, *Pomniejsz*, *Pokaż wszystko* sterują wielkością rysunku pokazywanego na ekranie.

Kliknięcie prawym klawiszem myszki na ekranie graficznym w dowolnym jego punkcie nie będącym elementem rysunku, powoduje wywołanie okna sterującego wielkością wyświetlanego obrazu:




Funkcja *Powiększ* – powiększa wyświetlany na ekranie obraz względem wcześniej wskazanego punktu.

Funkcja Pomniejsz – pomniejsza wyświetlany na ekranie obraz względem wcześniej wskazanego punktu.

Funkcja Pokaż wszystko – pokazuje na ekranie obraz całego obszaru zbocza.

850.4. Ekran przeglądania wyników modułu „Stateczność skarp i zboczy”

Po naciśnięciu guzika  zostaną wykonane obliczenia współczynników bezpieczeństwa dla wszystkich zadeklarowanych środków poślizgu, a następnie zostanie otwarty *Ekran przeglądania wyników*. Ekran ten zawiera szkic zbocza wraz z mapą środków poślizgu oraz tabelę wyników zawierającą współczynniki bezpieczeństwa. Kolory środków możliwych łuków poślizgu pokolorowane są w zależności od minimalnej wartości współczynników bezpieczeństwa. Środki poślizgu mniej bezpieczne mają kolory czerwone natomiast bardziej bezpieczne są niebieskie. Użytkownik na *Ekranie przeglądania wyników* nie może edytować danych określających geometrię zbocza, jak również danych charakteryzujących obciążenia, fundamentu, wodę swobodną. Aby dokonać zmian wyżej wymienionych elementów należy



powrócić do ekranu wprowadzania danych  - jednak wszystkie wykonane obliczenia zostaną anulowane. W trybie przeglądania wyników dostępne są jedynie opcje powiększania i pomniejszania widoku zbocza oraz opcja włączania lub wyłączania informacji o wskazanych elementach projektu. Sposób działania powyższych funkcji jest analogiczny jak w trybie edycji geometrii zbocza.

Tabela zawierająca obliczone współczynniki bezpieczeństwa można włączać lub wyłączać naciskając przycisk . Ma ona następującą postać:

Nr	Nr pkt.	Promień	Objętość	Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
8	2	22.72	25.05	1.37	1.37	1.10	1.10
9	2	23.72	46.76	1.33	1.33	1.06	1.06
10	2	24.72	73.10	1.32	1.32	1.04	1.04
11	2	25.72	103.67	1.33	1.33	1.05	1.05
12	2	26.72	138.24	1.34	1.34	1.05	1.05
13	2	27.72	176.63	1.36	1.36	1.06	1.06
14	2	28.72	220.81	1.40	1.40	1.10	1.10
15	2	29.72	271.77	1.47	1.47	1.14	1.14
16	2	30.72	328.11	1.53	1.53	1.19	1.19
17	2	31.72	389.38	1.60	1.60	1.25	1.25
18	2	32.72	455.31	1.67	1.67	1.30	1.30
28	3	19.79	23.33	1.38	1.38	1.11	1.11
29	3	20.79	43.65	1.35	1.35	1.07	1.07
30	3	21.79	68.38	1.34	1.34	1.06	1.06
31	3	22.79	97.18	1.36	1.36	1.06	1.06
32	3	23.79	129.83	1.37	1.37	1.07	1.07
33	3	24.79	166.19	1.39	1.39	1.09	1.09
34	3	25.79	206.13	1.41	1.41	1.10	1.10
35	3	26.79	249.28	1.44	1.44	1.12	1.12

Odnazwz wszystko Fmin < 1.30 Objętość > 0.00 Filtruj

Tabela zawiera następujące informacje:

Nr	[-]	Kolejny, stały numer obliczanego łuku poślizgu.
Nr pkt.	[-]	Kolejny, stały numer punktu będącego środkiem możliwego łuku


		poślizgu.
Promień	[m]	Promień łuku poślizgu obliczanego z danego środka możliwego łuku poślizgu.
Objętość	[m ³]	Objętość gruntu leżąca wewnątrz możliwego łuku poślizgu liczona dla 1 mb głębokości zbocza.
$F_{\max\max}$	[-]	Współczynnik bezpieczeństwa (pewności) dla maksymalnego współczynnika materiałowego gruntu oraz maksymalnego współczynnika obciążenia.
$F_{\max\min}$	[-]	Współczynnik bezpieczeństwa (pewności) dla maksymalnego współczynnika materiałowego gruntu oraz minimalnego współczynnika obciążenia.
$F_{\min\max}$	[-]	Współczynnik bezpieczeństwa (pewności) dla minimalnego współczynnika materiałowego gruntu oraz maksymalnego współczynnika obciążenia.
$F_{\min\min}$	[-]	Współczynnik bezpieczeństwa (pewności) dla minimalnego współczynnika materiałowego gruntu oraz minimalnego współczynnika obciążenia.

Jeżeli użytkownik zaznaczy lub odznaczy dany łuk poślizgu poprzez kliknięcie odpowiedniej pozycji w kolumnie pierwszej (Nr.) spowoduje to odrysowanie się lub usunięcie danego łuku na rysunku zbocza. Zaznaczone w tabeli łuki poślizgu zbocza (i tylko one) są automatycznie przeniesione do okna *Konfiguracji raportów*. Istnieje możliwość jednoczesnego wyświetlenia wielu łuków poślizgu.

Aby anulować wyświetlenie wszystkich zaznaczonych łuków poślizgu należy nacisnąć guzik *Odznac wszystko*.

W celu sprawnego przeprowadzenia analizy liczonego projektu na ekranie, przed wydrukiem jego wyników, użytkownik ma możliwość filtrowania obliczonych przez program wyników względem minimalnego współczynnika bezpieczeństwa oraz objętość gruntu leżącą wewnątrz możliwego łuku poślizgu. W tym celu należy wprowadzić liczby w odpowiednich polach w oknie zawierającym wyniki a następnie nacisnąć przycisk *Filtruj*.

850.5. Konfiguracja raportów modułu „Stateczność skarp i zboczy”

W celu wywołania okna *Raportów* należy nacisnąć na przycisk . Następnie pokaże się okno w którym należy skonfigurować wygląd raportu. Okno ma następującą postać:

Wyniki

Rysunek geometrii zbocza Tabela wszystkich łuków poślizgu
 Dane geometryczne i obciążenia Wybrane łuki poślizgu

Nr	Nr pdc.	Promień	Objętość	Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
11	2	25.72	103.67	1.33	1.33	1.05	1.05
35	3	26.79	249.28	1.44	1.44	1.12	1.12
117	7	28.75	79.13	1.30	1.30	1.03	1.03
400	22	43.85	225.46	1.27	1.27	0.99	0.99

Ok Anuluj

Wszystkie zaznaczone na *Ekranie wyników* łuki możliwego poślizgu skarpy są automatycznie przeniesione do okna konfiguracji raportów i wyświetlone są wraz z wynikami obliczeń w tabeli. W oknie znajdują się cztery znaczniki służące do konfiguracji raportów, zaznaczenie odpowiedniego spowoduje umieszczenie określonej przez niego informacji w raportach.

Rysunek geometrii zbocza – w raportach umieszczony jest rysunek zawierający geometrię zbocza zawierającą: podział na warstwy geotechniczne, fundamenty, obciążenia, zbiorniki wody swobodnej, punkty definiujące środki możliwych łuków poślizgu.

Dane geometryczne i obciążenia – w raportach umieszczone są tabelki zawierające zestawienie wszystkich parametrów fizycznych, mechanicznych warstw geotechnicznych oraz położenie geometryczne i wartości obciążenia fundamentów i obciążeń zewnętrznych.

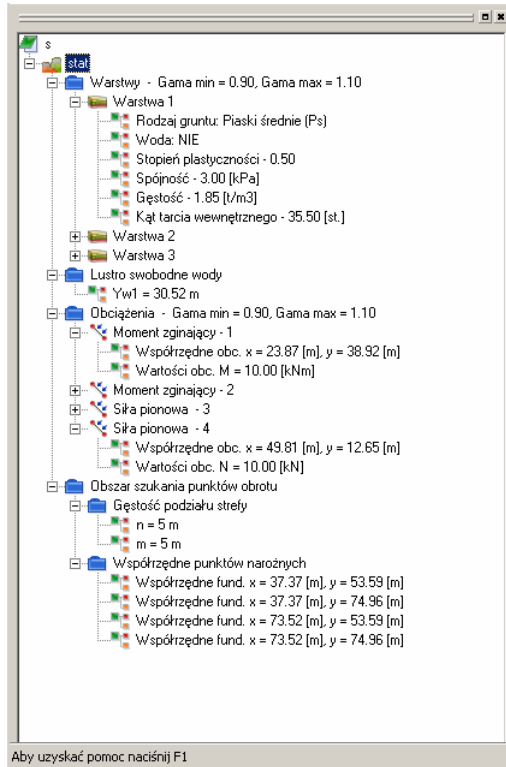
Tabela wszystkich łuków poślizgu – w raportach umieszczona jest tabela zawierająca wyniki współczynników bezpieczeństwa wszystkich obliczonych, możliwych łuków poślizgu. Przy założonej siatce środków łuków poślizgu o znacznej ilości punktów, należy dokładnie rozważyć konieczność zaznaczenia tej opcji ze względu na dużą wielkość tworzonej w raporcie tabeli.

Wybrane łuki poślizgu – w raportach umieszczona jest charakterystyka wybranych łuków poślizgu. Łuki wybierane są przez użytkownika na *Ekranie przeglądania wyników*, klikając w tabeli zawierającej obliczone współczynnik na dany łuk poślizgu, łuk ten równocześnie jest wyrysowany na ekranie. Opis wybranego łuku zawiera: szkic bryły poślizgu, obliczone współczynniki bezpieczeństwa zbocza oraz objętość gruntu leżącego wewnątrz możliwego łuku poślizgu.

Klikając *OK*, zostaną utworzone raporty i uruchomi się przeglądarka wyników, jeżeli użytkownik naciśnie *Anuluj* to nie zostanie wykonana żadna funkcja.

850.6. Okno drzewa projektu

Z lewej strony ekranu znajduje się „drzewo” projektu, w którym opisane są wszystkie elementy składające się na dany projekt wraz z odpowiednim podziałem na typy danych i ich poszczególne wartości.

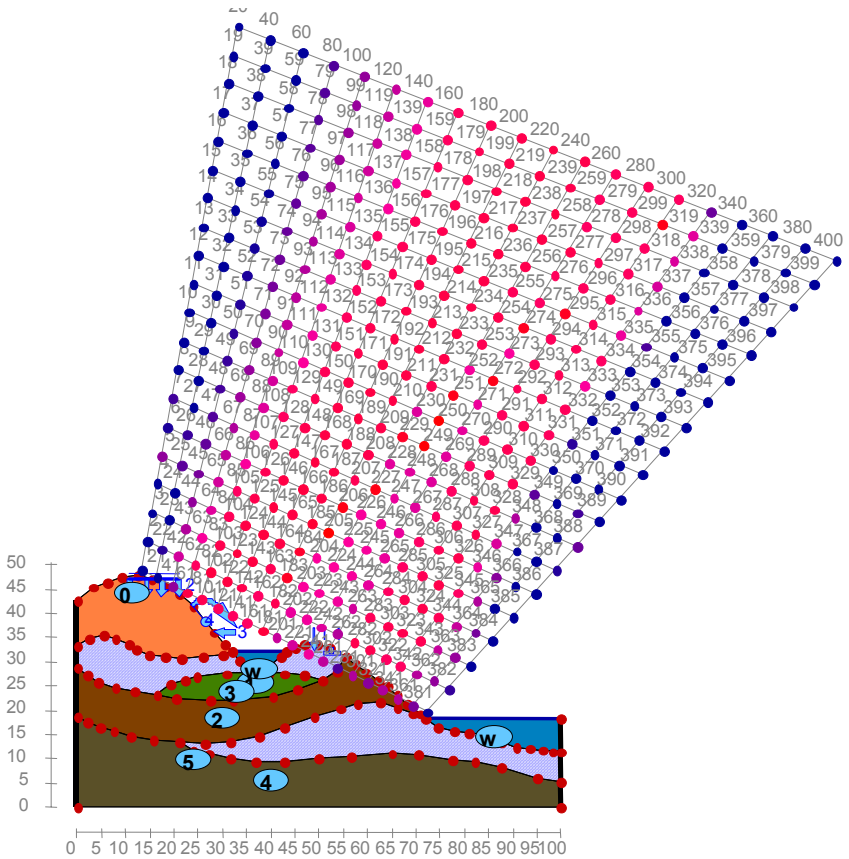


850.7. Literatura

- [1] Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie. PN-81/B-03020.
- [2] Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie. PN-83/B-03010.
- [3] Zarys geotechniki. Wyd. 5. Z. Wiłun. WKŁ. Warszawa 2001.
- [4] Fundamenty bezpośrednie. Wzory tablice przykłady. E. Motak Arkady. Warszawa 1998.

850.8. Przykład

Rysunek zbiorczy



Warstwy gruntowe

Nr	Nazwa	I_L/I_d	ρ [t/m ³]	c [kPa]	ϕ [°]	Woda
1	Piaski drobne (P _d)	0.50	1.75	1.00	32.00	NIE
2	Piaski pyłaste (P _i)	0.50	1.75	2.00	32.00	TAK
3	Spoisty B (G _p , G, G _π)	0.25	2.10	26.00	16.00	NIE

4	Piaski próchnicze (P_p)	0.50	1.70	3.00	28.00	NIE
5	Spoisty D (I_p, I, I_π)	0.25	1.93	45.00	10.00	NIE
6	Piaski średnie (P_s)	0.50	1.85	3.00	35.50	TAK

Współczynniki materiałowe: $\gamma_{\min} = 0.90$, $\gamma_{\max} = 1.10$

Obciążenia

Nr	Rodzaj	X_{pocz} [m]	Y_{pocz} [m]	L [m]	Wartość	
1	Siła pionowa	48.98	31.78	-	120.00	[kN/m]
2	Obc. powierzchniowe	11.06	42.79	10.00	80.00	[kN/m ²]
3	Siła pozioma	28.50	35.71	-	-100.00	[kN/m]
4	Moment zginający	26.44	38.32	-	100.00	[kNm/m]

Współczynniki materiałowe: $\gamma_{\min} = 0.90$, $\gamma_{\max} = 1.10$

Fundamenty

Nr	$X_{\text{śr}}$ [m]	$Y_{\text{śr}}$ [m]	L [m]	B [m]	H [m]	ρ [t/m ³]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	52.69	31.18	3.00	2.20	0.80	2.50	1200.00	85.00	250.00

Współczynniki materiałowe: $\gamma_{\min} = 0.90$, $\gamma_{\max} = 1.10$

Woda swobodna

Nr	X_{pocz} [m]	$X_{\text{końc.}}$ [m]	Poziom [m]
1	71.91	100.00	18.13
2	32.07	43.43	31.73

Opis obliczeń

Obliczenia wykonano metodą Felleniusa

Opis oznaczeń :

$F_{\max\max}$	współczynnik bezpieczeństwa dla maksymalnego współczynnika materiałowego gruntu i maksymalnego współczynnika obciążenia
$F_{\max\min}$	współczynnik bezpieczeństwa dla maksymalnego współczynnika materiałowego gruntu i minimalnego współczynnika obciążenia
$F_{\min\max}$	współczynnik bezpieczeństwa dla minimalnego współczynnika materiałowego gruntu i maksymalnego współczynnika obciążenia
$F_{\min\min}$	współczynnik bezpieczeństwa dla minimalnego współczynnika materiałowego gruntu i minimalnego współczynnika obciążenia

Tabela wszystkich łuków poślizgu

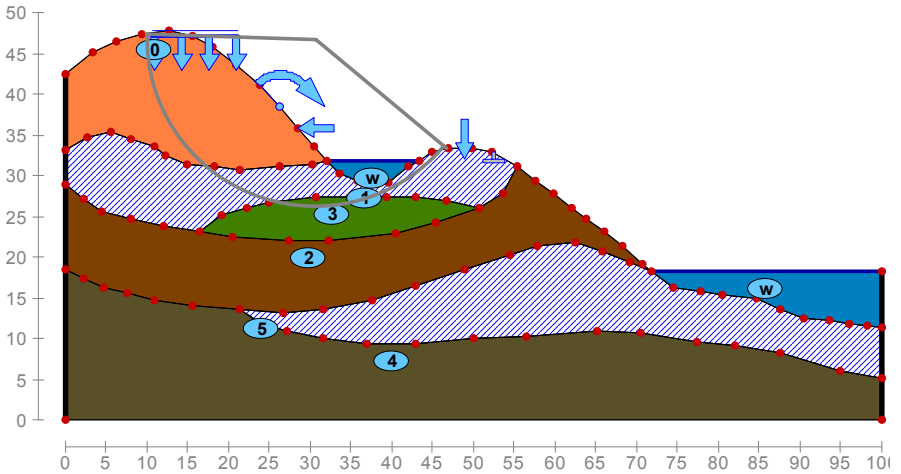
Nr	x_p [m]	y_p [m]	R [m]	V [m ³]	Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
1	13.41	48.71	2.17	2.31	8.12	8.12	6.56	6.56
2	13.41	48.71	2.67	4.60	9.62	9.62	7.70	7.70
3	13.41	48.71	3.17	7.57	10.43	10.43	8.29	8.29
4	13.41	48.71	3.67	11.16	10.39	10.39	8.23	8.23
5	13.41	48.71	4.17	15.38	10.08	10.08	7.97	7.97
6	13.41	48.71	4.67	20.22	9.84	9.84	7.77	7.77
7	13.41	48.71	5.17	25.63	9.75	9.75	7.68	7.68
8	13.41	48.71	5.67	31.63	9.77	9.77	7.69	7.69
9	13.41	48.71	6.17	38.20	14.13	13.34	11.83	11.08
10	13.41	48.71	6.67	45.33	27.87	22.66	28.80	21.83
11	13.41	48.71	7.17	53.02	778.70	72.06	65.24	609.76
12	13.41	48.71	7.67	61.26	45.40	158.18	20.25	35.54
13	13.41	48.71	8.17	70.04	26.24	49.69	13.67	20.54
14	13.41	48.71	8.67	79.33	20.12	33.37	11.05	15.74
15	13.41	48.71	9.17	89.15	17.26	27.12	9.71	13.50
16	13.41	48.71	9.67	99.48	15.74	24.14	8.96	12.32
17	13.41	48.71	10.17	110.30	21.64	38.53	11.46	16.92
18	13.41	48.71	10.67	121.65	32.40	81.40	15.28	25.34
19	13.41	48.71	11.17	133.46	56.35	1450.96	21.41	44.06
20	13.41	48.71	11.67	145.70	146.00	112.81	32.24	114.15

850-Stateczność skarp i zboczy

21	13.41	48.71	12.17	158.40	405.76	59.02	57.23	317.22
22	13.41	48.71	12.67	171.55	95.85	42.06	173.56	74.93
23	13.41	48.71	13.17	185.14	58.08	33.86	232.58	45.40
24	13.41	48.71	13.67	199.12	43.48	29.07	77.33	33.99
25	13.41	48.71	14.17	213.53	35.55	25.83	48.45	27.78
26	13.41	48.71	14.67	228.36	30.64	23.55	36.42	23.94
27	14.46	54.59	8.14	3.80	6.42	6.42	5.16	5.16
28	14.46	54.59	8.64	7.09	6.19	6.19	4.94	4.94
29	14.46	54.59	9.14	11.13	6.06	6.06	4.81	4.81
30	14.46	54.59	9.64	15.84	6.06	6.06	4.79	4.79
31	14.46	54.59	10.14	21.18	6.10	6.10	4.81	4.81
32	14.46	54.59	10.64	27.10	6.15	6.15	4.84	4.84
33	14.46	54.59	11.14	33.60	6.19	6.19	4.87	4.87
34	14.46	54.59	11.64	40.68	6.24	6.24	4.90	4.90
35	14.46	54.59	12.14	48.30	9.76	9.13	8.25	7.65
36	14.46	54.59	12.64	56.46	14.36	12.50	13.30	11.24
37	14.46	54.59	13.14	65.16	23.88	18.08	28.07	18.69
38	14.46	54.59	13.64	74.37	34.97	22.91	60.88	27.35
39	14.46	54.59	14.14	84.09	25.72	18.86	32.71	20.12
40	14.46	54.59	14.64	94.32	20.91	16.36	23.26	16.35
41	14.46	54.59	15.14	104.99	18.05	14.73	18.64	14.12
42	14.46	54.59	15.64	116.15	16.18	13.61	15.93	12.66
43	14.46	54.59	16.14	127.76	14.89	12.81	14.16	11.64
44	14.46	54.59	16.64	139.81	13.96	12.22	12.94	10.91
45	14.46	54.59	17.14	152.25	13.27	11.78	12.07	10.38
46	14.46	54.59	17.64	165.12	12.73	11.43	11.39	9.95

.....

Łuk 2805



Charakterystyka łuku:

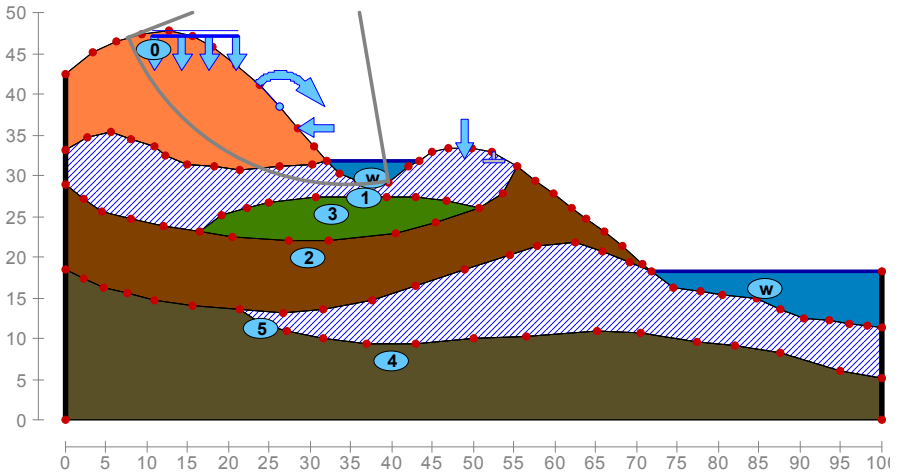
Pkt. nr 102; $x_{sr} = 30.85$ m; $y_{sr} = 46.58$ m; $R = 20.81$ m;

Współczynniki bezpieczeństwa (pewności) :

Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
1.25	1.27	0.99	1.01

Objętość gruntu leżącego wewnątrz danego łuku poślizgu dla 1 mb. zbocza $V = 301.68$ m³

Łuk 2889



Charakterystyka łuku:

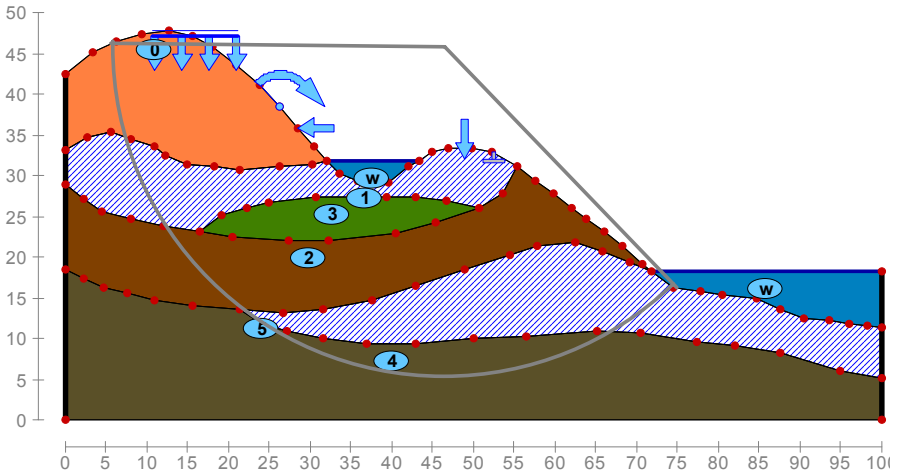
Pkt. nr 104; $x_{sr} = 34.73$ m; $y_{sr} = 57.82$ m; $R = 29.23$ m;

Współczynniki bezpieczeństwa (pewności) :

Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
1.23	1.24	0.98	0.99

Objętość gruntu leżącego wewnątrz danego łuku poślizgu dla 1 mb. zbocza $V = 214.11$ m³

Łuk 6403



Charakterystyka łuku:

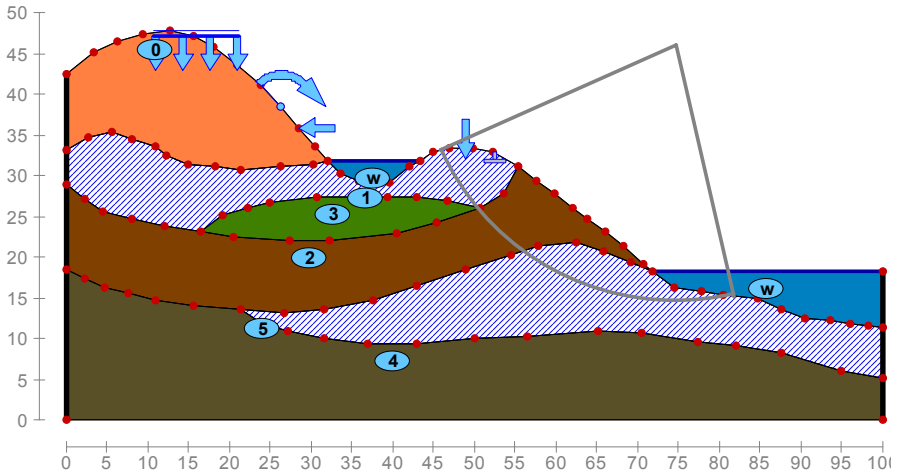
Pkt. nr 183; $x_{sr} = 46.62$ m; $y_{sr} = 45.59$ m; $R = 40.86$ m;

Współczynniki bezpieczeństwa (pewności) :

Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
1.17	1.18	1.02	1.03

Objętość gruntu leżącego wewnątrz danego łuku poślizgu dla 1 mb. zbocza $V = 1531.71$ m³

Łuk 11109



Charakterystyka łuku:

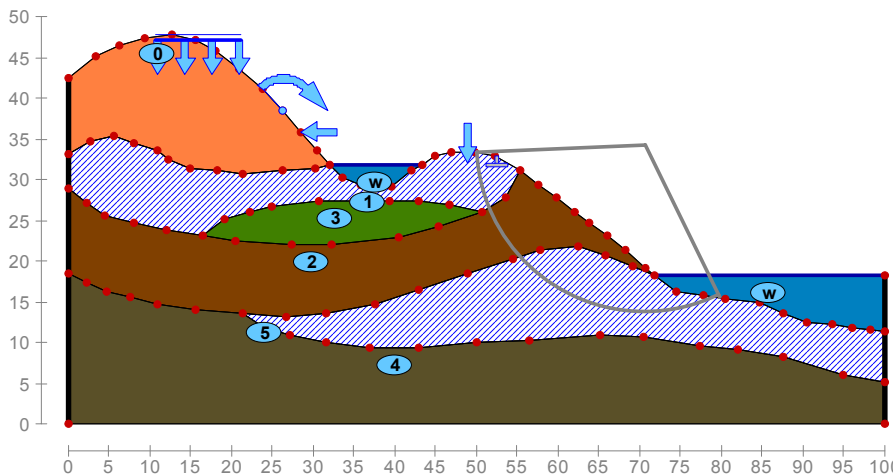
Pkt. nr 305; $x_{sr} = 74.80$ m; $y_{sr} = 45.90$ m; $R = 31.61$ m;

Współczynniki bezpieczeństwa (pewności) :

Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
1.32	1.37	1.04	1.09

Objętość gruntu leżącego wewnątrz danego łuku poślizgu dla 1 mb. zbocza $V = 209.90$ m³

Łuk 11393



Charakterystyka łuku:

Pkt. nr 323; $x_{sr} = 70.81$ m; $y_{sr} = 34.02$ m; $R = 20.70$ m;

Współczynniki bezpieczeństwa (pewności) :

Fmaxmax	Fmaxmin	Fminmax	Fminmin
1.27	1.33	0.99	1.05

Objętość gruntu leżącego wewnątrz danego łuku poślizgu dla 1 mb. zbocza $V = 212.99$ m³