

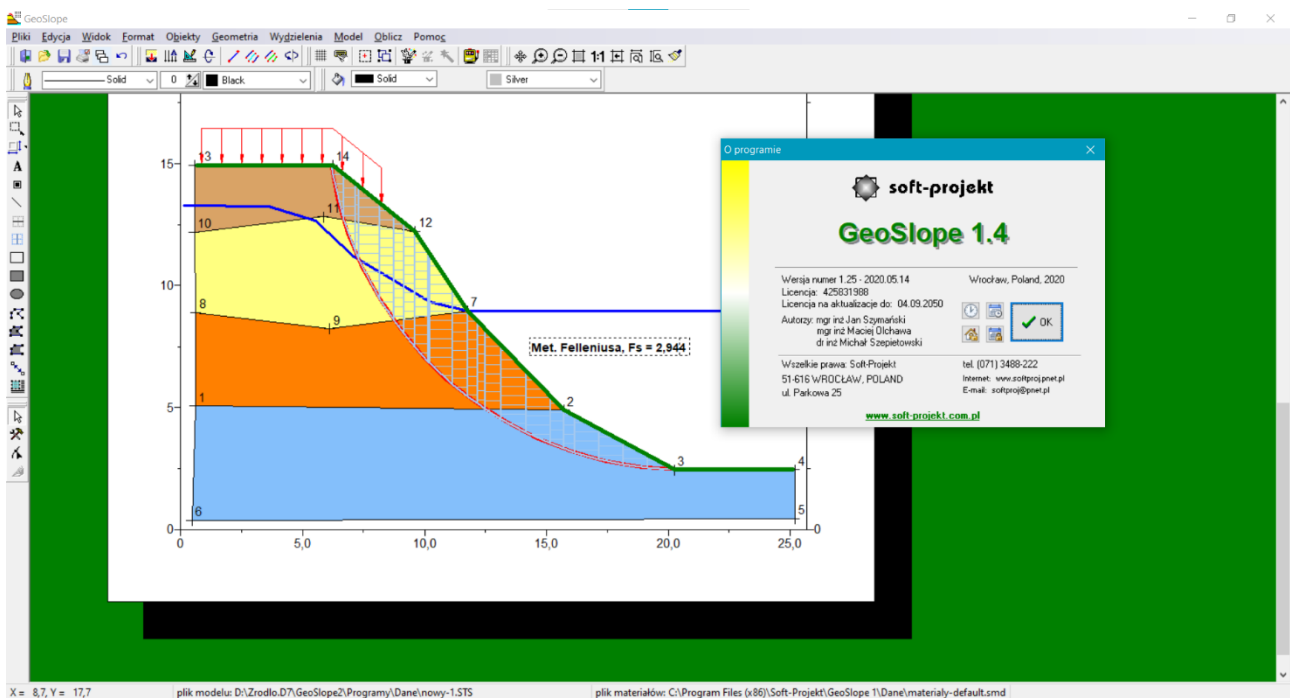


**soft-projekt**

51-616 Wrocław ul. Parkowa 25  
tel. (071) 3488-222. Email: softproj@pnet.pl

# GeoSlope 1.4

Dokumentacja użytkownika



Wrocław, 19 lutego 2021 r.

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b> .....	<b>3</b>
1.1	Wstępna konfiguracja parametrów rysunku .....	3
<b>2</b>	<b>Tworzenie wydzieli geotechnicznych</b> .....	<b>4</b>
2.1	Zmiana położenia istniejącego punktu.....	4
2.2	Podział odcinka .....	5
2.3	Podział utworzonego wcześniej wydzielenia.....	6
<b>3</b>	<b>Definiowanie materiałów dla wydzieli</b> .....	<b>7</b>
3.1	Praca z biblioteką materiałów .....	7
3.2	Definiowanie materiału dla wydzielenia.....	9
<b>4</b>	<b>Oznaczanie granic zbocza</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Zadawanie obciążeń zewnętrznych</b> .....	<b>12</b>
5.1	Edycja – zmiany danych obciążeń .....	15
5.2	Regeneracja grafiki obciążeń .....	16
<b>6</b>	<b>Modelowanie wpływu wody na stateczność skarpy</b> .....	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Umocnienia skarpy – modelowanie gwoździowania</b> .....	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Definiowanie walcowej płaszczyzny poślizgu</b> .....	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>Metody Felleniusa i Bishopa dla danej walcowej płaszczyzny poślizgu</b> .....	<b>21</b>
<b>10</b>	<b>Metoda Morgensterna-Price'a dla danej walcowej płaszczyzny poślizgu</b> . .....	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>Metoda Morgensterna-Price'a dla dowolnej płaszczyzny poślizgu</b> .....	<b>24</b>
<b>12</b>	<b>Automatyczne wyszukiwanie płaszczyzn poślizgu o najniższym współczynniku stateczności</b> .....	<b>28</b>
<b>13</b>	<b>Import przekrojów z programu <i>GeoStar</i></b> .....	<b>33</b>

# 1 Wstęp

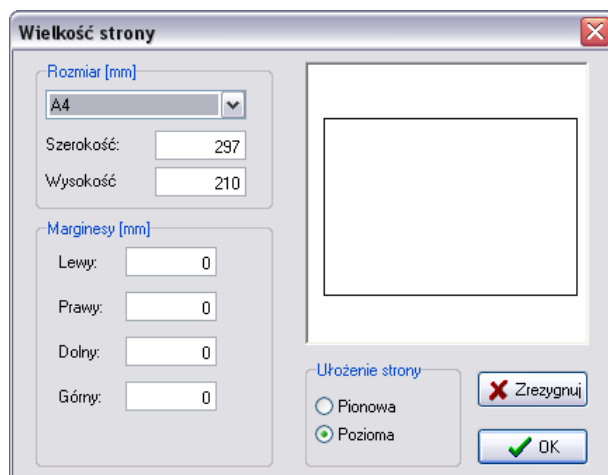
Program *GeoSlope* umożliwia badanie stateczności skarpy metodami Felleniusa i Bishopa dla walcowej płaszczyzny poślizgu oraz Morgensterna-Price'a dla dowolnej, w tym również walcowej, płaszczyzny poślizgu. Metody obliczeniowe stosują warunek oporu na ścinanie Coulomba-Mohra. Badanie wykonywane jest w oparciu o model graficzny przekroju skarpy. Model taki zawiera warstwy geotechniczne (wydzielenia) wraz z ich parametrami materiałowymi. Można także uwzględnić wpływ działania statycznego wody w oparciu o rysunek zwierciadła wody. Jako wpływ wody uwzględniane są trzy czynniki - zwiększony ciężar objętościowy materiału nawodnionego, siła wyporu, siła pozioma związana z ciśnieniem spływowym. Takie zjawiska jak kapilarność czy wypłukiwanie materiału nie są uwzględnione.

Badania stateczności można dokonać dla konkretnej zadanej płaszczyzny poślizgu odpowiednio walcowej lub zadanej w postaci linii łamanej ewentualnie krzywej Spline. Istnieje także możliwość zdefiniowania obszaru środków obrotu dla generowanych automatycznie walcowych płaszczyzn poślizgu wraz z siatką definiującą skończoną liczbę punktów, w których zostanie przeprowadzone automatyczne wyszukiwanie wartości promienia płaszczyzny poślizgu o najmniejszym współczynniku stateczności.

Program *GeoSlope* pracuje w oparciu o środowisko graficzne znane użytkownikom programu *GeoStar* i jest wyposażony w możliwości importu przekrojów z tego programu.

## 1.1 Wstępna konfiguracja parametrów rysunku

Model skarpy należy zdefiniować jako rysunek przekroju skarpy wykonany w skali. Ze względu na późniejsze drukowanie najlepiej jest rozpocząć od wyboru formatu strony na jakim znajdować się będzie rysunek. Podczas planowania rozmiarów rysunku trzeba przewidzieć wolny obszar powyżej skarpy przeznaczony na umieszczenie potencjalnych osi obrotu dla walcowych płaszczyzn poślizgu. W menu *Pliki* znajduje się polecenie *Układ strony* otwiera okno definiujące wielkość strony:



Można w nim wybrać rodzaj formatki albo po wybraniu rozmiaru użytkownika ręcznie określić wymiary kartki [mm]. Można też użyć pionowego lub poziomego ułożenia strony. Określenie marginesów nie jest konieczne.

Kolejnym krokiem jest określenie zakresu, skali rysunku oraz położenia osi. Okno *Skala i zakres przestrzeni roboczej* dostępne jest z menu *Format* opcja *Skala i zakres*.



Należy w nim określić zakres rysowania we współrzędnych rzeczywistych [m] oraz skalę rysowania na kartce. Możliwe jest określenie innej skali pionowej i poziomej. Dane na samym dole okna to pozycja na kartce [mm] lewego dolnego rogu rysunku, czyli punktu odpowiadającego współrzędnym rzeczywistym (xmin, ymin). Dobrze jest także sformatować sposób wyświetlania osi klikając *Edytuj os X/Y*.

## 2 Tworzenie wydzieleni geotechnicznych

Warstwa geotechniczna, nazywana w programie *GeoSlope* wydzieleniem, definiowana jest w modelu skarpy jako specjalny wielobok graficzny. Taki wielobok składa się z punktów będących jego wierzchołkami, odcinków będących jego bokami oraz z właściwego wieloboku z wypełnieniem graficznym. Każdy odcinek może należeć do jednego lub dwóch wydzieleni, a każdy punkt do wielu wydzieleni. Użytkownik musi tak zdefiniować model – kształt wszystkich wydzieleni, by nie było pomiędzy nimi pustych obszarów i żeby wzajemnie na siebie nie zachodziły. W razie niedopełnienia tych warunków uzyskane wyniki obliczeń stateczności skarpy mogą być błędne. Zmiana położenia punktu należącego do kilku wydzieleni powoduje automatyczną korektę wszystkich.

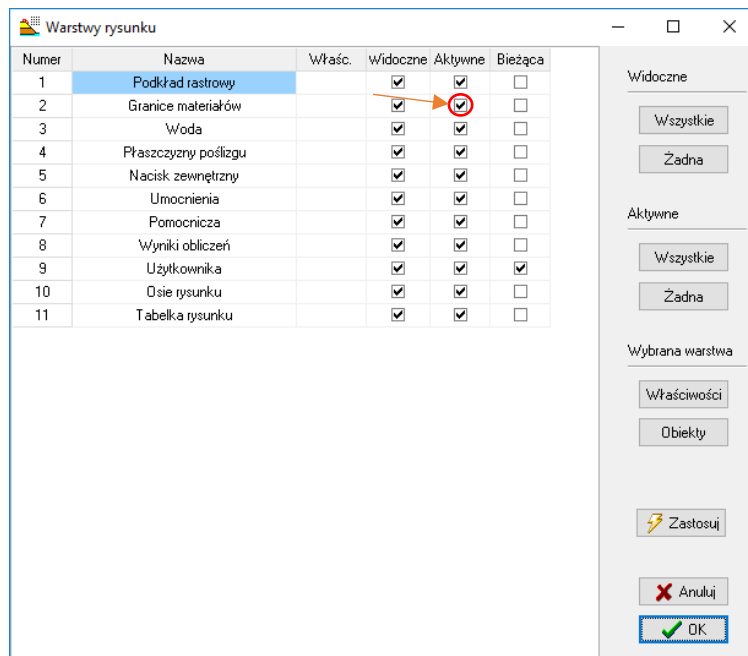
Tworzenie nowych wydzieleni odbywa się poprzez rysowanie ich na ekranie za pomocą myszy. W pasku statusu po lewej stronie na dole wyświetlane są aktualne współrzędne kursora myszy. Tworzenie wydzielenia zaczynamy od wybrania opcji *Zdefiniuj Graficznie* z menu *Wydzielenia*. Następnie klikając myszką w odpowiednich miejscach rysunku tworzymy kolejne wierzchołki wydzielenia. Jeżeli kursor znajduje się w pobliżu już istniejącego punktu, to zmienia swój kształt na krzyżyk – wtedy kliknięcie nie spowoduje utworzenia nowego punktu tylko dodanie istniejącego do definicji wydzielenia. Definiowanie wydzielenia kończy się po zamknięciu graficznym wieloboku lub kliknięciu *Skończ* w oknie pomocniczym. W tym drugim przypadku ostatni punkt łączony jest z pierwszym odcinkiem prostym automatycznie. W przypadku, gdy wydzielenia graniczą ze sobą na linii zawierającej więcej punktów należy kolejno kliknąć dokładnie wszystkie punkty.

Rysowanie wydzieleni może zostać znacznie ułatwione poprzez zastosowanie skalibrowanego podkładu rastrowego lub DXF. Istnieje także możliwość zaimportowania specjalnie przygotowanego przekroju z programu *GeoStar*.

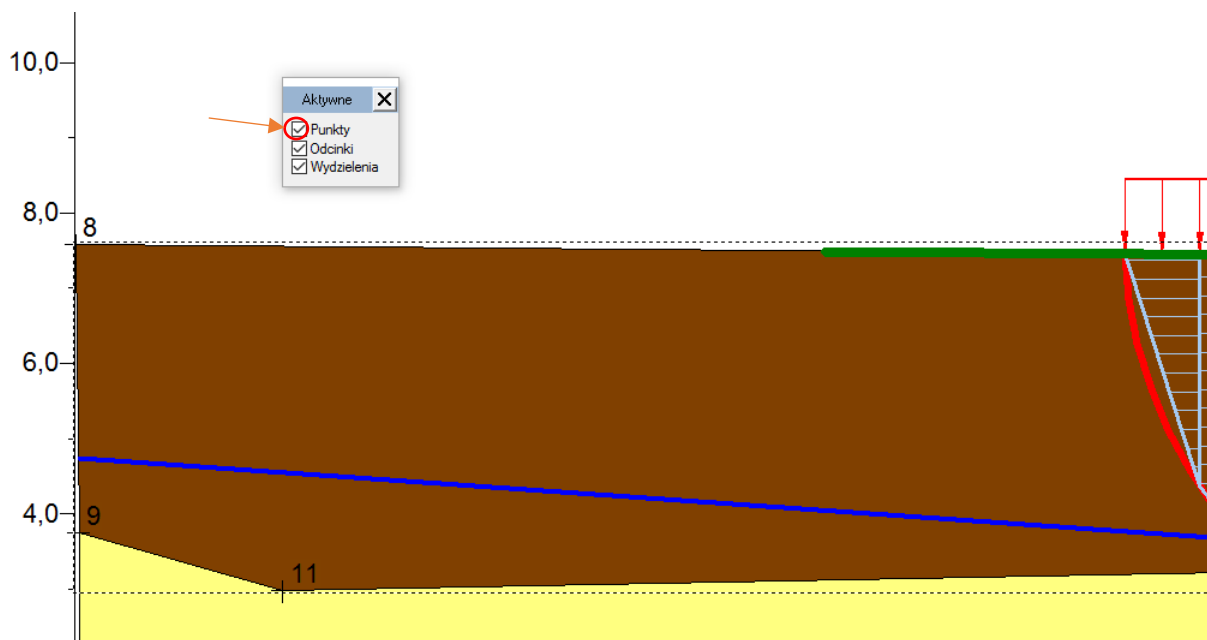
### 2.1 Zmiana położenia istniejącego punktu

Punkty można przesuwać myszką albo zaznaczyć, kliknąć prawym klawiszem myszy i z menu kontekstowego wybrać *Właściwości* i tam zmienić współrzędne rzeczywiste punktu.

Jeżeli nie da się wykonać tych czynności, to należy sprawdzić czy aktywna jest warstwa rysunku *Granice materiałów*. Okno zarządzania warstwami rysunku uruchamia się wybierając z menu *Obiekty* → *Warstwy rysunku*.

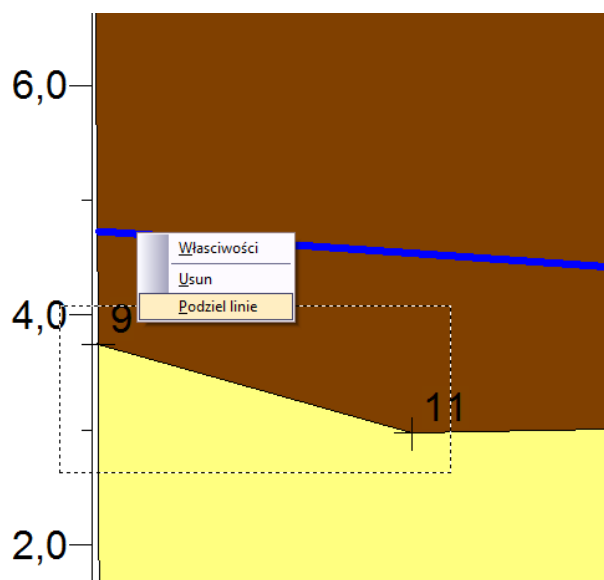


Jeżeli nadal nie da się zaznaczyć punktu, to należy wybrać *Obiekty aktywne* z menu *Wydzielenia*. Następnie zaznaczyć opcję (kwadracik) *punkty* w otwartym okienku:



## 2.2 Podział odcinka

Czasami zdarza się, że konieczne jest dokonanie podziału odcinka już zdefiniowanego wydzielenia przy tworzeniu kolejnego. W tym celu należy zaznaczyć odpowiedni odcinek, kliknąć prawym klawiszem myszy i z menu kontekstowego wybrać *Podziel linię*. Zostanie wtedy w połowie odcinka utworzony nowy punkt, który należy potem przesunąć na odpowiednie miejsce. Jeżeli nie da się zaznaczyć odcinka, należy sprawdzić czy aktywna jest odpowiednia warstwa rysunku i czy zaznaczone jest pole *Odcinki*, jak to opisano wyżej dla punktów.



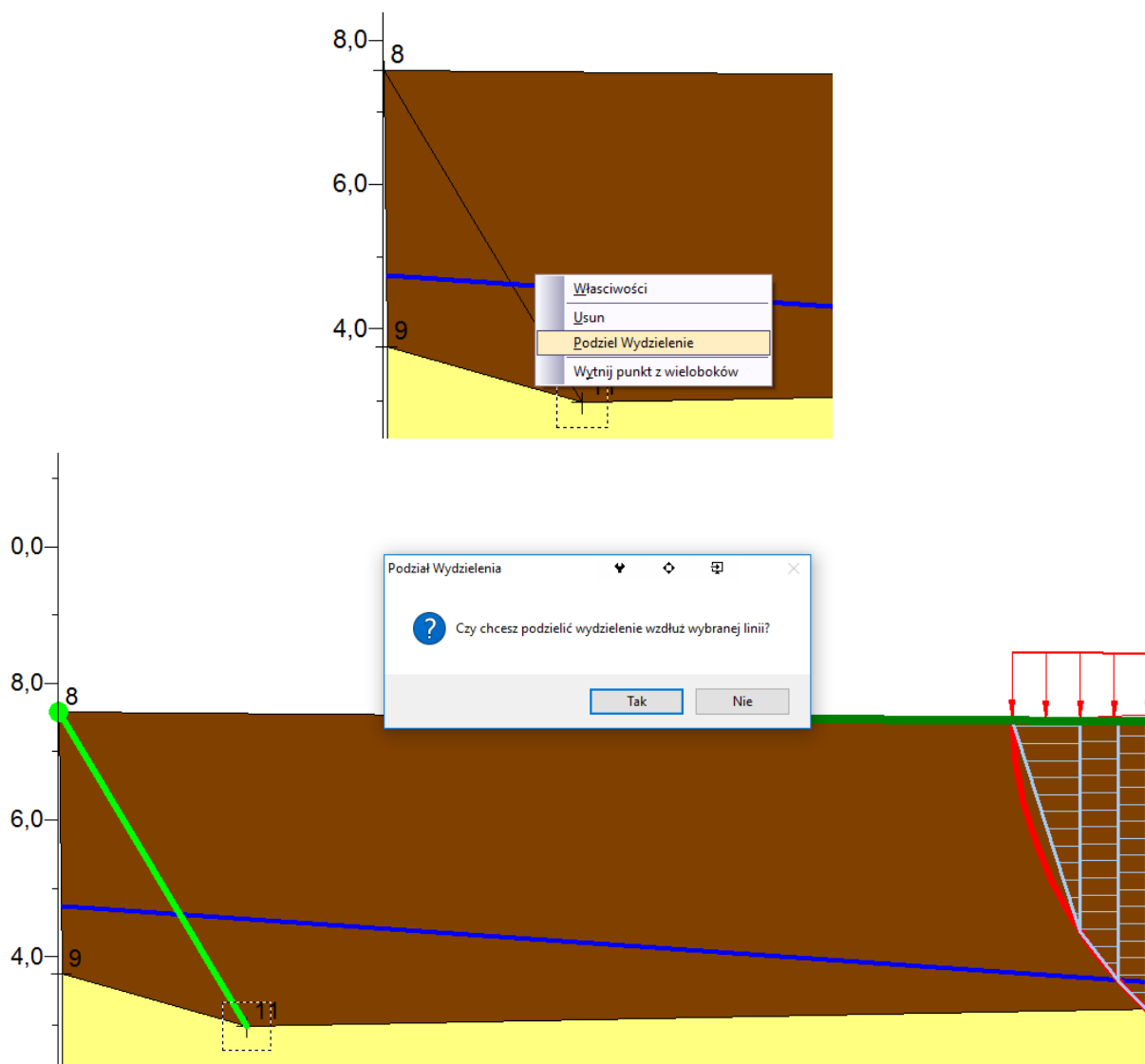
Czasami mogą wystąpić trudności z zaznaczeniem (utrafieniem myszą) odpowiedniego obiektu, czy to punktu, czy odcinka. Trudności takie występują, gdy w pobliżu znajduje się wiele obiektów graficznych i program nie może „odgadnąć” intencji użytkownika. Wtedy dobrze jest pozostawić tylko jedną warstwę rysunku *Granice materiałów* i po wybraniu *Wydzielenia*, *Obiekty aktywne* pozostawić zaznaczoną tylko jedną opcję (kwadracik).

Wydzielenia należy definiować w taki sposób, by powstały potem niejako automatycznie obrys skarpy nie zawierał nawisów. Zastosowane w programie metody obliczeniowe nie umożliwiają analizy stateczności takiej skarpy.

### **2.3 Podział utworzonego wcześniej wydzielenia**

Istnieje możliwość podzielenia wydzielenia (utworzenia dwóch różnych) wzdłuż linii łączącej istniejące punkty – wierzchołki – danego wydzielenia. Jeśli zamierzamy utworzyć podział przez linię, to należy ją wcześniej podzielić tworząc w ten sposób nowy punkt.

W celu dokonania podziału należy najpierw wybrać jeden z punktów i prawym klawiszem myszy wyświetlić menu kontekstowe, z którego należy wybrać opcję *Podziel wydzielenie*. Następnie należy wskazać drugi punkt podziału. Komputer sam zaznacza punkt znajdujący się najbliżej kursora myszy. Jeśli taki podział jest niemożliwy, to punkt oznaczany jest dużą czerwoną kropką, natomiast, gdy podział jest możliwy, to punkt jest sygnalizowany kolorem zielonym i rysowana jest także kolorem zielonym proponowana linia podziału. Kliknięcie myszą spowoduje wyświetlenie okna z pytaniem o potwierdzenie i podzielenie wydzielenia wzdłuż zadanej linii. W razie braku linii – podział niemożliwy – kliknięcie myszą powoduje wyjście z trybu dzielenia wydzielenia.



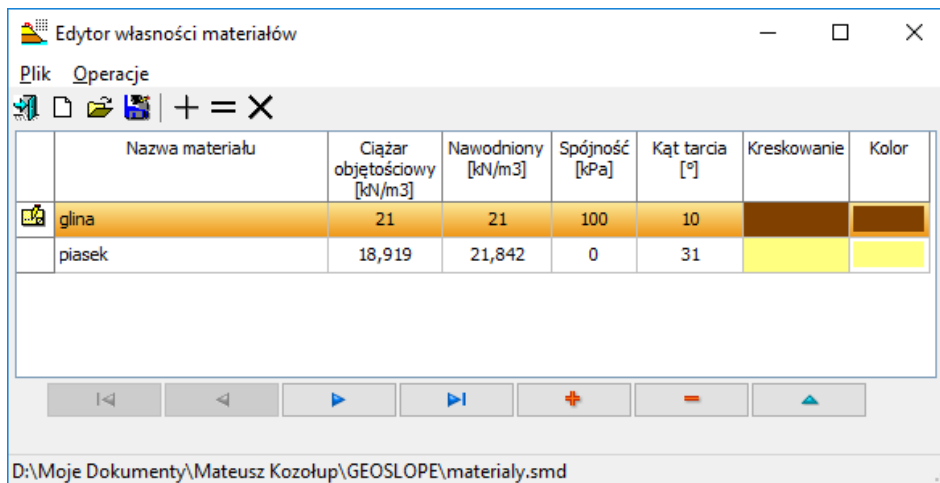
### 3 Definiowanie materiałów dla wydzieleni

Program GeoSlope korzysta z bibliotek materiałów, które zapisywane są w oddzielnych plikach z rozszerzeniem smd. Plik taki lub kilka plików do wyboru należy zdefiniować samodzielnie korzystając z jednej z opcji programu GeoSlope.

#### 3.1 Praca z biblioteką materiałów

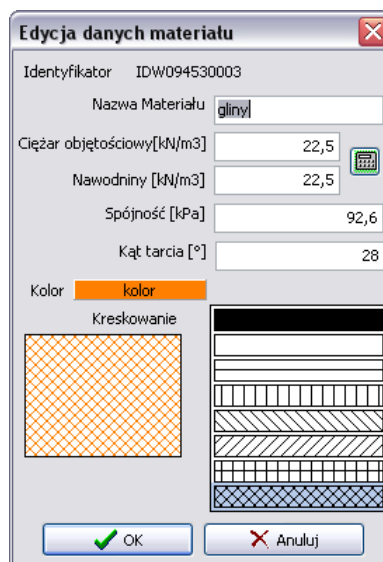
Do pracy z biblioteką materiałów służy specjalny podprogram uruchamiany z poziomu programu GeoSlope – menu *Model*, opcja *Materiały*.

Okno *Edytora własności materiałów* zawiera tabelę z danymi o materiałach oraz typowe menu *Plik* pozwalające na otwieranie, zapisywanie i tworzenie nowych plików materiałów.



Program GeoSlope zapamiętuje w pliku *ini* nazwę ostatniego pliku materiałów i otwiera go automatycznie po uruchomieniu. Nazwa pliku widoczna jest wtedy w pasku statusu programu głównego oraz edytora materiałów. Zmiana pliku materiałów może odbyć się poprzez otwarcie innego pliku z poziomu edytora materiałów lub utworzenie i zapisanie nowego pliku. W przypadku braku pliku *ini* lub braku informacji o ostatnim pliku materiałów program poprosi o wskazanie pliku na dysku przy pierwszej operacji związanej z edycją materiałów wydzielen. Jeżeli nie zapisano pliku materiałów, program pracuje na niezapisanej wersji przechowywanej w pamięci. W razie zamknięcia programu GeoSlope przed zapisaniem pliku materiałów pojawi się monit o zapisanie, aczkolwiek możliwa jest rezygnacja z tej czynności.

Edytor materiałów pozwala na wykonanie trzech operacji: Usunięcia materiału, Dodania materiału lub edycję danych istniejącego materiału. Wprowadzanie danych odbywa się zawsze za pomocą odpowiedniego okna dialogowego



Należy bezwzględnie prawidłowo wprowadzić wszystkie dane liczbowe oraz nazwę materiału. Dobrze jest też zdefiniować jego kolor i kreskowanie, jakie wyświetlane będą na rysunku skarpy. W pole *Ciężar objętościowy* należy wpisać wartość ciężaru objętościowego materiału dla takiego stanu wilgotności jaki rzeczywiście zastano, natomiast pole *Nawodniony* powinno zawierać wartość ciężaru objętościowego materiału całkowicie nasyconego wodą.

W razie braku danych o ciężarze objętościowym, ewentualnie o ciężarze objętościowym materiału nawodnionego można skorzystać z *kalkulatora ciężaru objętościowego* – klawisz z ikoną kalkulatora.

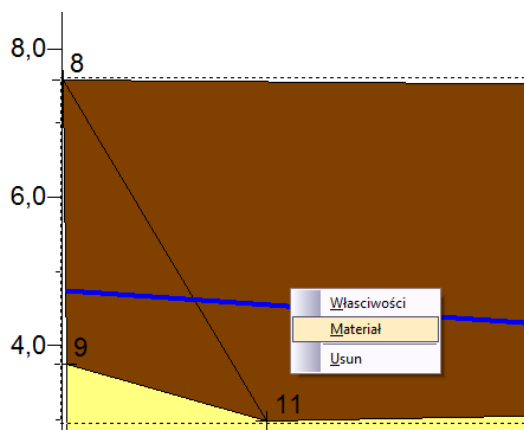


Po wypełnieniu dowolnych posiadanych danych klikamy klawisz *Przelicz*. Pozostałe dane zostaną obliczone. Jeżeli wprowadzono zbyt mało danych niektóre pola mogą pozostać puste. Kliknięcie klawisza *OK* powoduje przepisanie obliczonych danych do okna edycji materiału.

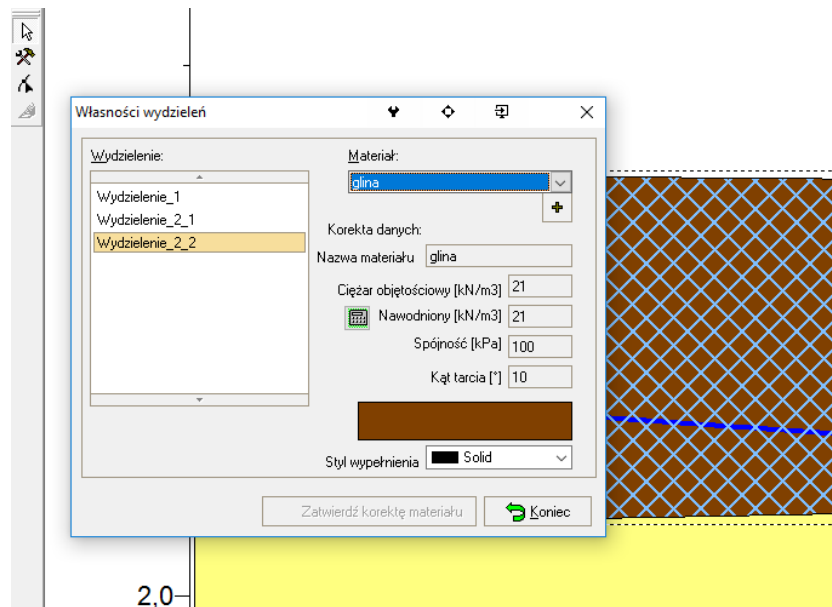
Jeżeli nadal nie wiadomo, jaki jest ciężar objętościowy materiału nawodnionego, albo nie przewiduje się analizy związanej z lustrem wody w skarpie można w to miejsce wprowadzić ciężar objętościowy dla zastanej wilgotności (jak w polu wyżej). Wpływ takiej operacji na wyniki obliczeń zależy od przyjętej geometrii lustra wody. W takim wypadku lepiej powtórzyć obliczenia dla wersji bez uwzględnienia wpływu wody i porównać otrzymane wyniki. W przypadku, gdy całe wydzielenie zawierać się będzie poniżej lustra wody obie wartości mogą być wprowadzone jak dla materiału nawodnionego. Uproszczenia takie lepiej jednak stosować przy wprowadzaniu danych dla konkretnego wydzielenia, a nie w bibliotece materiałów.

### 3.2 Definiowanie materiału dla wydzielenia

Do przypisania materiału do wydzielenia służy okno *Własności wydzielenia*. Dostęp do tego okna można uzyskać poprzez menu *Model* opcja *Własności wydzielenia* albo, jeśli aktywna jest warstwa rysunku *Granice materiałów* przez menu kontekstowe wydzielenia, opcja *Materiał*



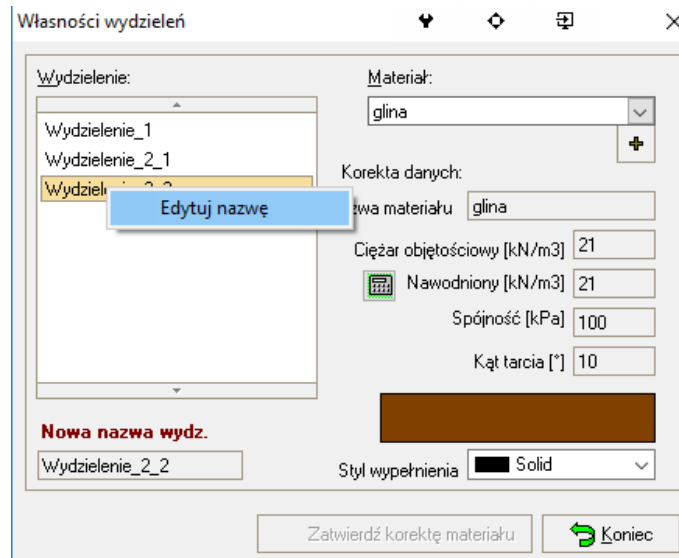
Pojawi się wtedy ono dialogowe z listą wydzielenia. Przed otwarciem okna może pojawić się monit o wskazanie pliku biblioteki materiałów. Okno to pełni dwie funkcje. Można w nim przypisać materiał do wydzielenia lub skorygować dane już przypisanego materiału, jednakże tylko dla wybranego konkretnego wydzielenia. By ułatwić orientację wybrane wydzielenie jest wyróżniane na rysunku skarpy



Pole *Materiał* pozwala na przypisanie materiału z biblioteki danemu wydzieleniu. Jeżeli w tym miejscu chcemy utworzyć nowy materiał należy kliknąć klawisz ze znakiem + i przejść do okna edycji danych materiałów jak w *Edytorze materiałów* (patrz wyżej). Tak dopisany materiał jest gotowy do wykorzystania, ale nie zostanie automatycznie zapisany w pliku biblioteki. Można to zrobić z poziomu *Edytora materiałów* albo w momencie zamykania programu GeoSlope.

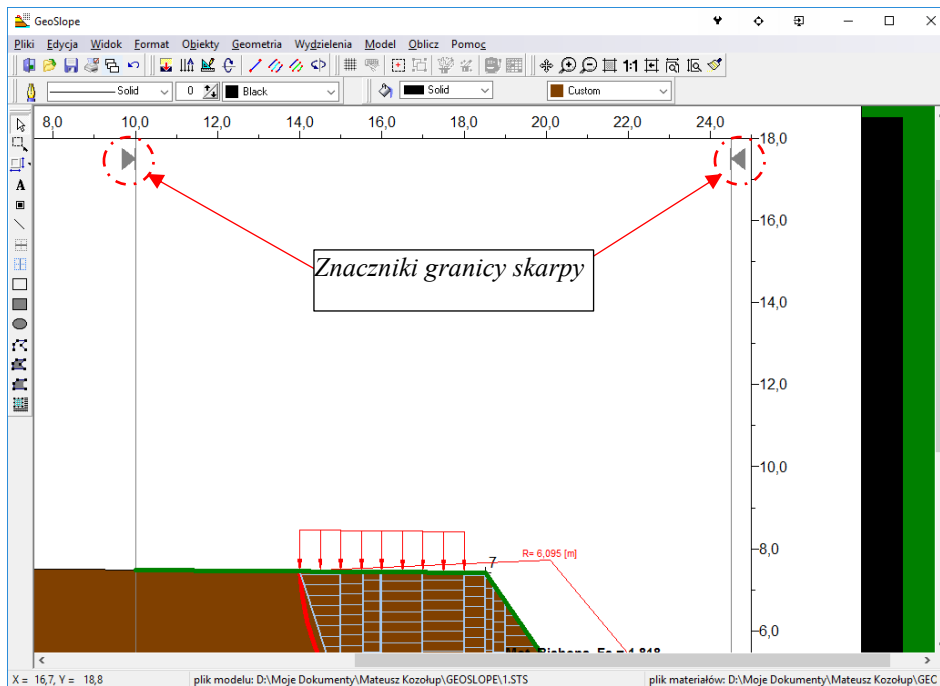
Dane odnośnie własności materiałów wydzielenia zostaną zapisane w modelu skarpy i nie zmieniają się nawet gdy zostaną wprowadzone zmiany w bibliotece materiałów. Istnieje także możliwość skorygowania wartości tylko dla konkretnego wydzielenia. Służą do tego odpowiednie pola edycyjne poniżej. Można także skorzystać w tym miejscu z *kalkulatora ciężarów objętościowych* – klawisz z ikoną kalkulatora. Wprowadzone korekty trzeba **zatwierdzić** klawiszem *Zatwierdź korektę materiału*, który w takim wypadku staje się aktywny i mruga na czerwono. Wyjście z okna bez zatwierdzenia korekty lub zmiana wybranego wydzielenia oznacza rezygnację ze skorygowanych wartości. Możliwe jest też niewybieranie materiału z biblioteki, tylko wpisanie wszystkich danych ręcznie (należy zatwierdzić).

Z tego miejsca można także zmieniać nazwy wydzieleni. W tym celu należy zaznaczyć odpowiednie wydzielenie i potem kliknąć prawym klawiszem. Pojawi się menu kontekstowe z którego należy wybrać opcję *Edytuj nazwę*. Po jej wybraniu na dole okna pojawi się pole edycyjne, w które należy wpisać nową nazwę, a następnie zatwierdzić klawiszem obok.

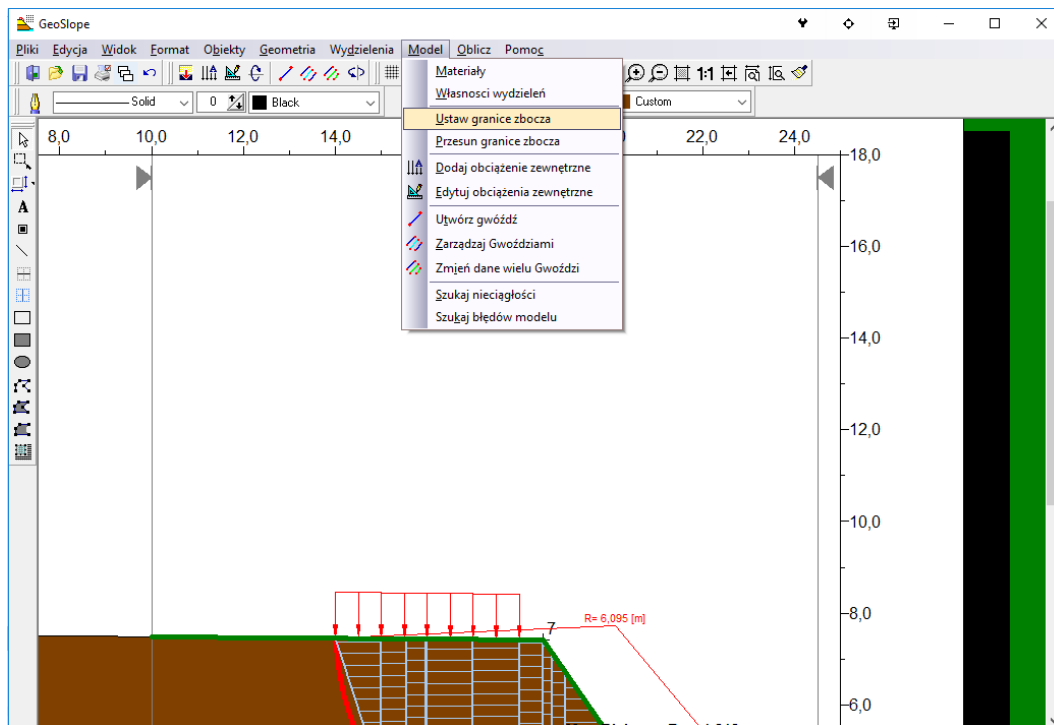


## 4 Oznaczanie granic zbocza

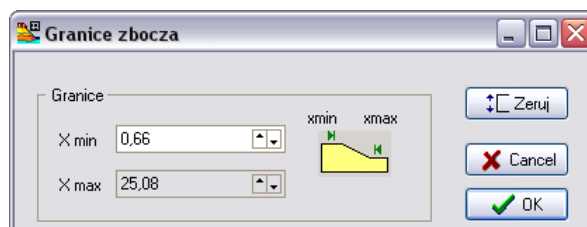
Aby wykonać jakiegokolwiek obliczenia należy zdefiniować interesujący nasz obszar – granice skarpy. Definiuje się je za pomocą ustawienia na rysunku specjalnych znaczników:



W czasie obliczeń mogą być uwzględniane jedynie płaszczyzny poślizgu całkowicie zawierające się pomiędzy znacznikami. Jeżeli dla danego modelu nie zdefiniowano jeszcze znaczników granic zbocza, to z menu *Model* należy wybrać opcję *Ustaw granicę zbocza*.



Następnie w oknie dialogowym należy wprowadzić odpowiednie wartości.



Wciśnięcie klawisza *Zeruj* powoduje wprowadzenie wartości odpowiadających położeniu osi na rysunku.

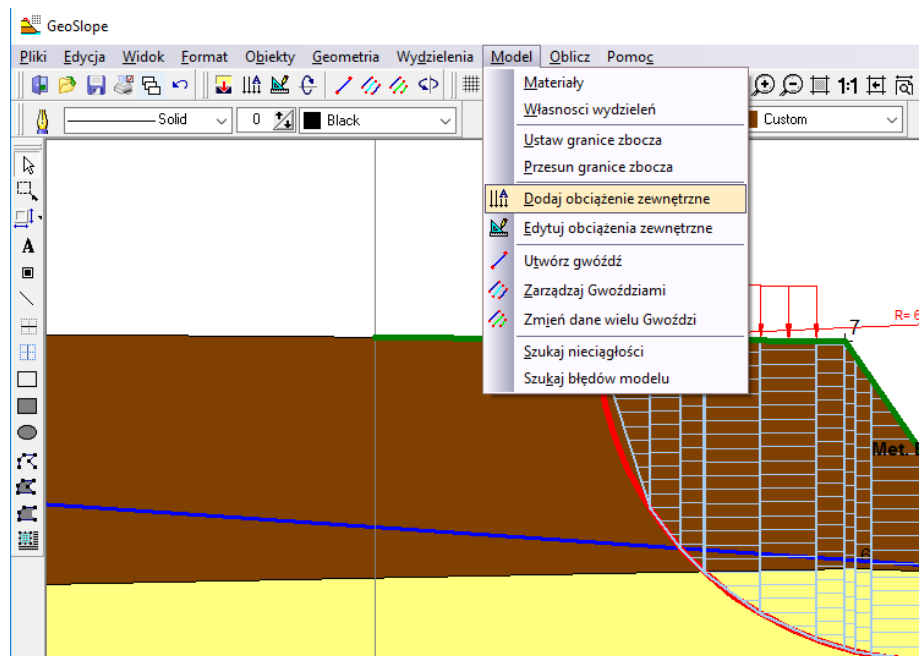
Raz zdefiniowane znaczniki granic skarpy można przesuwać za pomocą myszy po wybraniu w menu *Model* opcji *Przesuń granice zbocza*. Należy pamiętać, że granice zbocza nie mogą być ustawione poza obszarem, w którym zdefiniowano wydzielenia. Linie pionowe poprowadzone przez oba znaczniki powinny przecinać przynajmniej jedno wydzielenie geotechniczne. W razie wątpliwości zaznaczyć w menu *Widok* z opcję *Linia granicy zbocza*.

## 5 Zadawanie obciążeń zewnętrznych

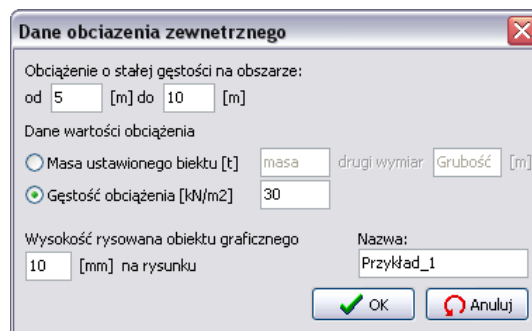
Na skarpe oddziałują również wszelkiego rodzaju obciążenia zewnętrzne pochodzące od budynków, maszyn itp. Program GeoSlope przewiduje uwzględnienie takich obciążeń. Przyjęto założenia, że:

- znane są granice występowania obciążenia i określone jako współrzędne  $x_1$  i  $x_2$
- w danych granicach występują równomiernie rozłożone siły zawsze pionowe, określone poprzez stałą gęstość obciążenia [ $\text{kN/m}^2$ ]
- można zdefiniować dowolną liczbę takich obciążeń

Aby zdefiniować nowe obciążenie zewnętrzne należy w menu *Model* wybrać opcję *Dodaj obciążenie zewnętrzne*.



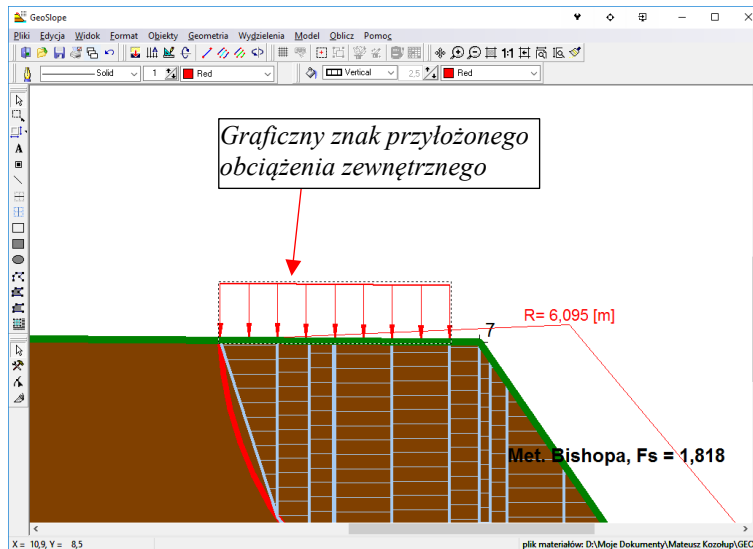
Otrzymamy wtedy okno dialogowe pozwalające na wprowadzenie potrzebnych danych



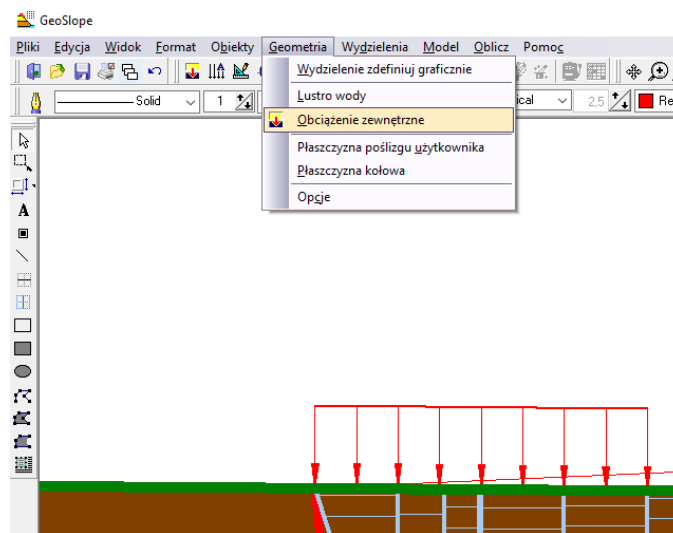
Jeżeli wygodniej jest podać masę i wymiary ustawionego obiektu zamiast gęstości obciążenia można to zrobić po zaznaczeniu opcji *Masa ustawionego obiektu*. Aby obliczyć gęstość obciążenia program oprócz masy musi znać wymiary podstawy obiektu. Przy założeniu, że ma ona kształt prostokąta, oprócz zakresu występowania obciążenia na przekroju skarpy, należy podać jeszcze drugi wymiar prostokąta podstawy ustawionego obiektu. W takim wypadku gęstość obciążenia zostanie obliczona automatycznie. Należy pamiętać, że program przechowuje jako daną gęstość obciążenia, a nie masę. Jeżeli potem nastąpi zmiana danych geometrii obciążenia, to gęstość pozostanie nie zmieniona, a więc sumarycznie siła nacisku od obiektu odpowiednio zwiększy się lub zmniejszy.

Okno dialogowe danych obciążenia umożliwia jeszcze podanie dwóch mniej istotnych parametrów. *Wysokość rysowania obiektu graficznego* to wysokość na rysunku przekroju skarpy jaką będzie miał obiekt graficzny symbolizujący występowanie w tym miejscu obciążenia. Jeśli przewidujemy definiowanie wielu takich obciążeń dobrze jest nadać im nazwy. Ułatwi to później orientację przy ewentualnych korektach danych.

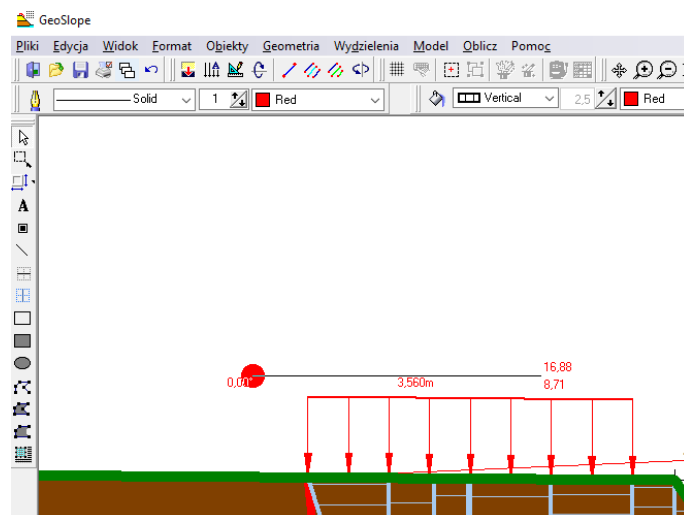
Tak zdefiniowane obciążenie będzie widoczne na rysunku



Istnieje także możliwość graficznego zdefiniowania obciążenia. W tym celu wybieramy w menu *Geometria* opcję *Obciążenie zewnętrzne*



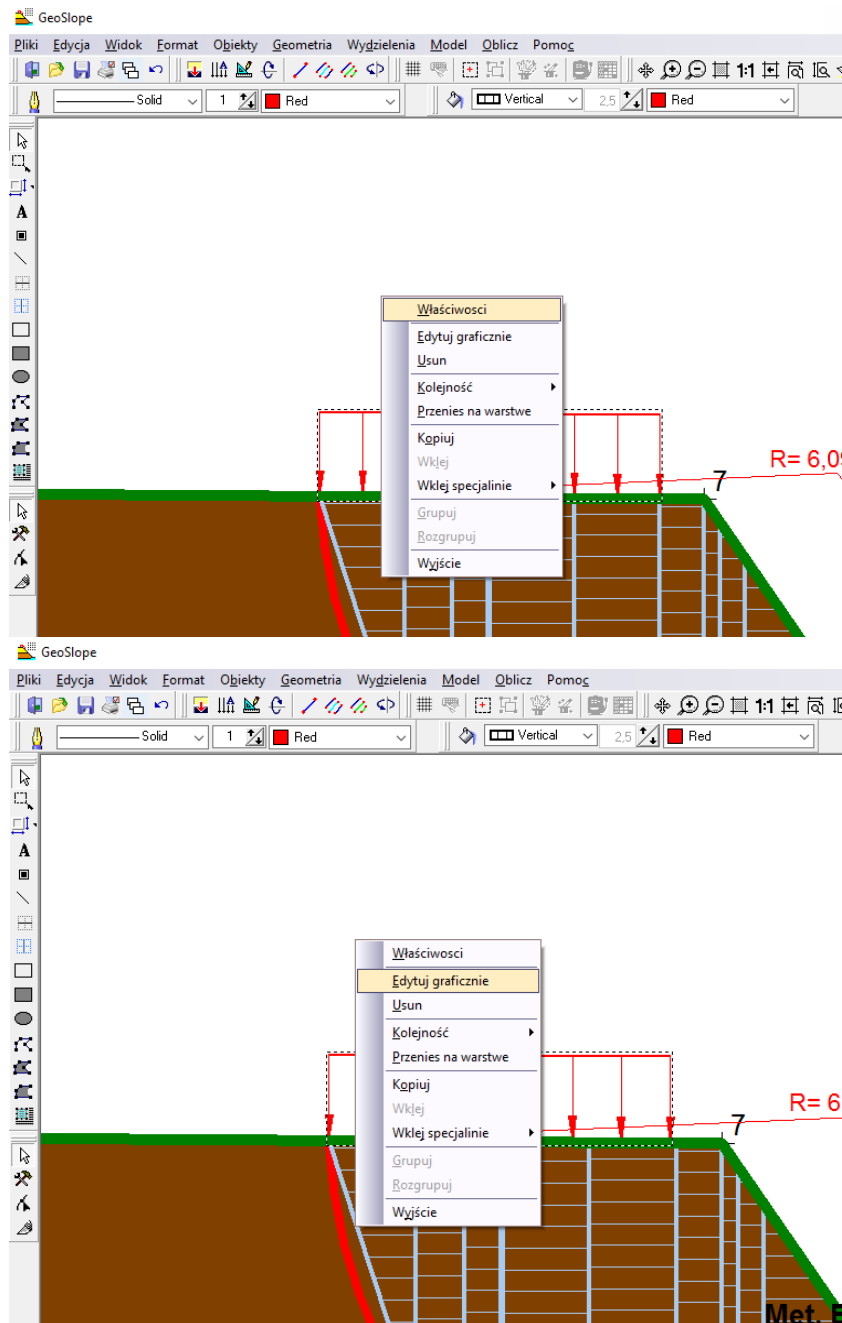
Następnie klikamy w żądanym miejscu na rysunku i rysujemy poziomą linię pomocniczą:



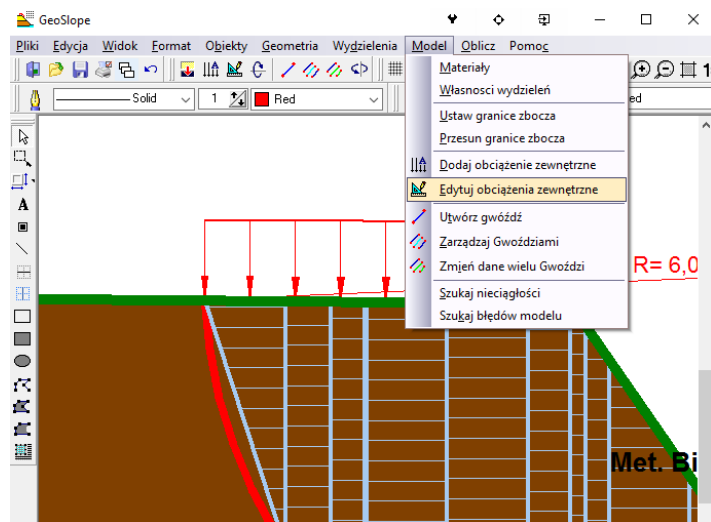
Tak zdefiniowane obciążenie będzie miało domyślną gęstość równą 1. Należy ją potem zmienić w trybie edycji.

## 5.1 Edycja – zmiany danych obciążeń

Obciążenie zewnętrzne jest obiektem na rysunku. Można więc do zmiany jego właściwości skorzystać z menu kontekstowego obiektu graficznego. Możliwe są dwie operacje: Wybranie opcji *Właściwości* i wejście do okna dialogowego danych obciążenia, lub wybranie opcji *Edytuj graficznie* i graficzna korekta granic występowania obciążenia poprzez edycję linii pomocniczej. Operacji tych można dokonać jedynie, gdy warstwa rysunku *Nacisk zewnętrzny* jest aktywna.

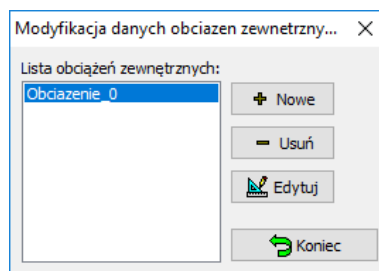


Drugą metodą jest wybranie z menu *Model* opcji *Edytuj obciążenia zewnętrzne*



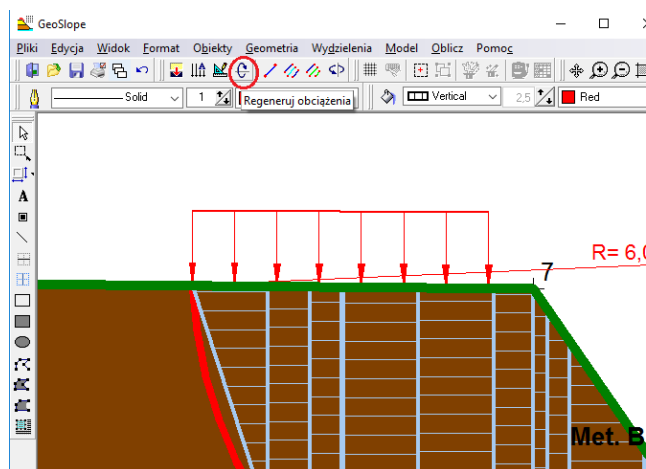
Pojawi się wtedy okno dialogowe z listą obciążeń umożliwiające wybranie właściwego obciążenia i przejście do edycji jego danych. Okno umożliwia także kasowanie i dodawanie nowych obciążeń.

Aby ułatwić orientację zaznaczone obciążenie zmienia kolor strzałek na rysunku na niebieski.



## 5.2 Regeneracja grafiki obciążeń

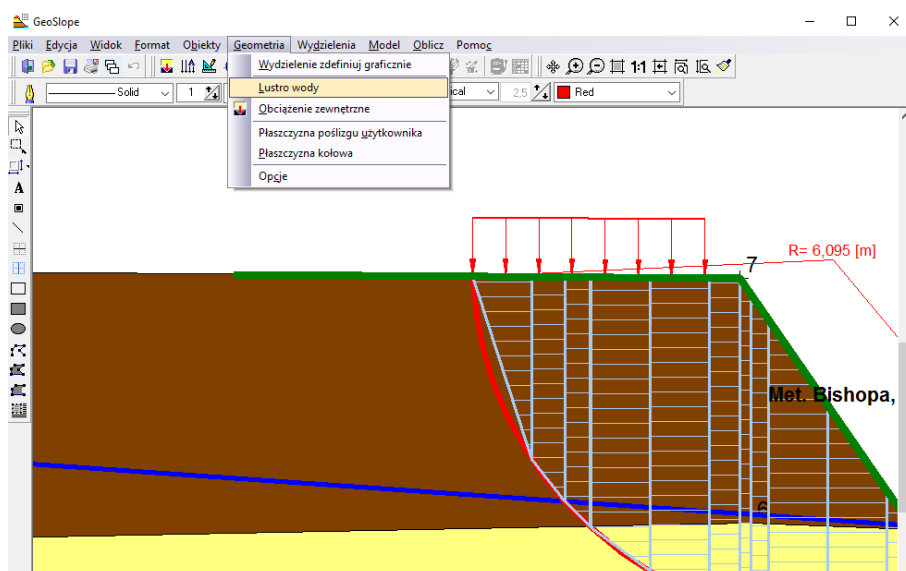
Jeżeli zdefiniowano już obciążenia zewnętrzne i potem zmieniono kształt skarpy. Należy zregenerować rysunki obciążeń. Pominięcie tej czynności nie wpływa na wyniki obliczeń. W tym celu na pasku narzędzi wybieramy przycisk *Regeneruj obciążenia* (Napis w dymku)



## 6 Modelowanie wpływu wody na stateczność skarpy

Wpływ wody modelowany jest za pomocą definicji kształtu lustra wody. Wykonuje się to z poziomu menu *Geometria*, opcja *Lustro wody*. Należy wykreślić graficznie linię łamaną, która zamodeluje kształt lustra wody w skarpie.





Wodę należy tak zdefiniować, by niebieska linia obrazująca lustro wody nie urywała się w obrębie ustawionych granic zbocza.

Wpływ wody podczas wyznaczania stateczności skarpy uwzględniany jest w następujący sposób:

- Do obliczeń ciężaru paska dla wydzielen znajdujących się pod wodą (w całości lub odpowiednio w części) uwzględniany jest ciężar objętościowy materiału nawodnionego.
- Na pasek oddziałują dwie dodatkowe siły związane z działaniem wody – siła wyporu (pionowa) oraz siła pochodząca od ciśnienia spływowego (pozioma) wynikająca z nachylenia lustra wody

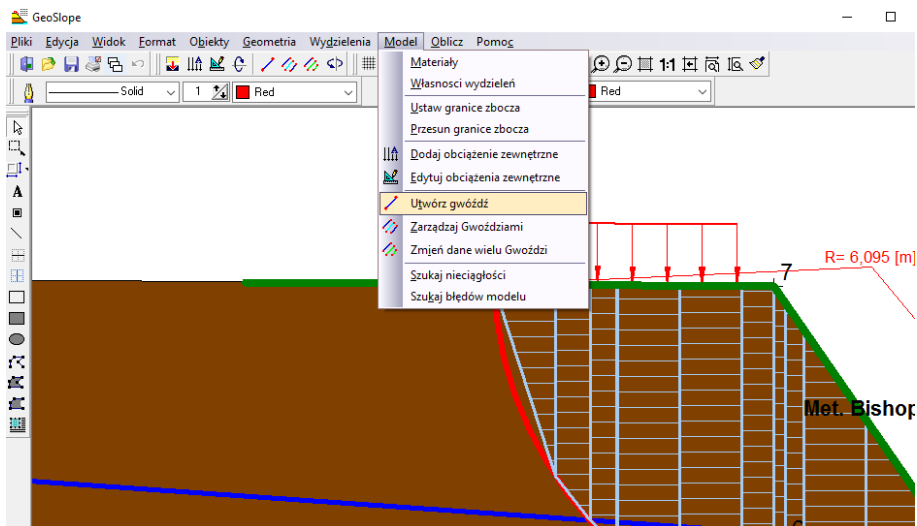
Należy pamiętać, że jeśli lustro wody znajduje się częściowo poza obrysem skarpy, to w tej części musi być narysowane poziomo.

Program nie przewiduje definiowania więcej niż jednego lustra wody, oraz wydzielen całkowicie nieprzepuszczalnych. Przyjmuje się, że to co znajduje się poniżej lustra wody jest całkowicie nawodnione i podlega działaniu wszystkich sił związanych z wodą.

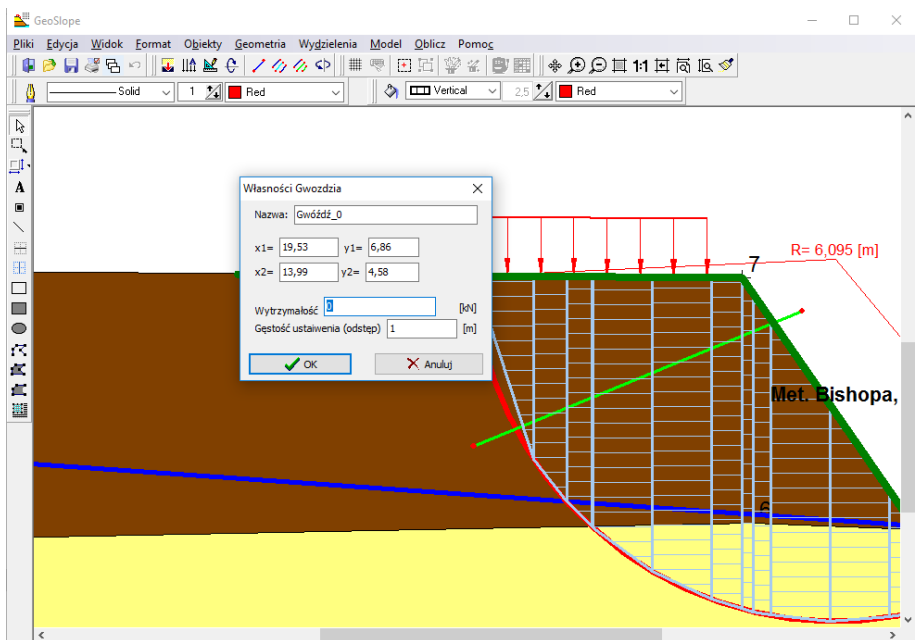
## 7 Umocnienia skarpy – modelowanie gwoździowania

Program *GeoSlope* w wersji 1.26 Umożliwia także zamodelowanie użycia gwoździ do poprawy stateczności skarpy. Ponieważ model skarpy jest płaskim przekrojem, gwoździe definiujemy poprzez narysowanie ich jako pojedynczych linii. Dla każdego gwoźdźka definiuje się siłę potrzebną do zniszczenia gwoźdźka i odstęp rozmieszczenia gwoźdźki w wymiarze niewidocznym na rysunku. Dane te są używane przez program przy wyznaczaniu spójności materiału występującego u podstawy paska. Jeśli gwoździe przecina podstawę paska, to spójność materiału powiększana jest o wartość wynikającą z podanej siły, jaką wytrzyma gwoździe, odstęp rozmieszczenia oraz długości podstawy paska.

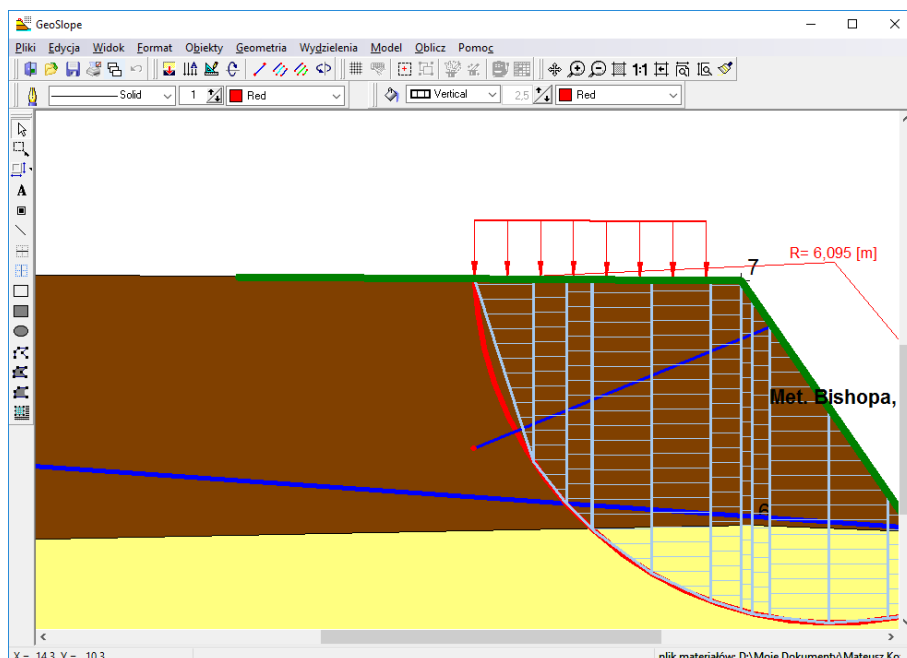
Polecenia dotyczące gwoździ znajdują się w menu *Model*.



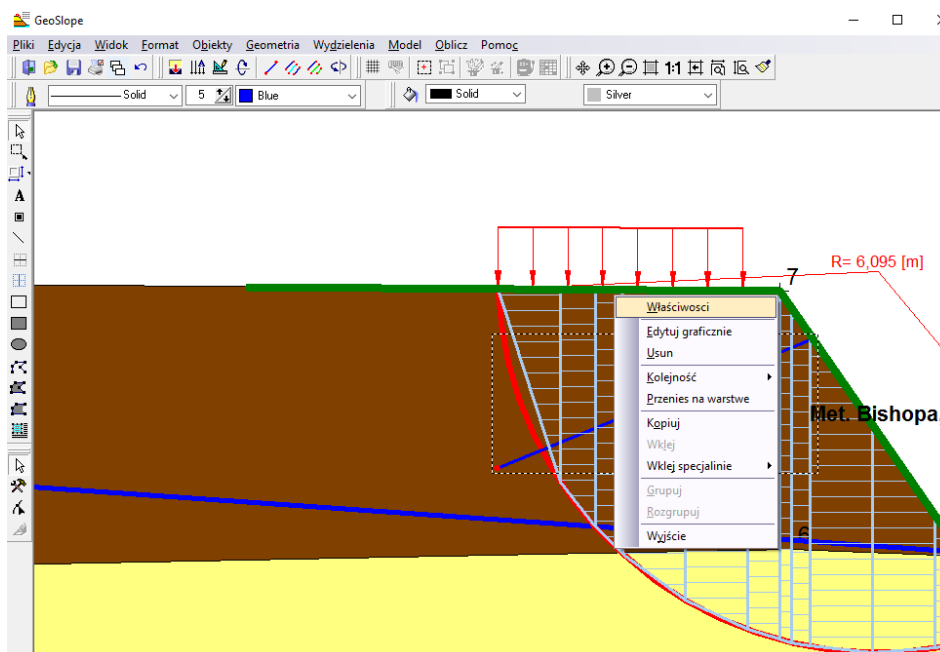
Nowe gwoździe tworzy się graficznie po wybraniu opcji *Utwórz gwoździ* jako linię prostą. Obiekt graficzny reprezentujący gwoździ to niebieska linia z czerwonymi punktami na końcach. Linia zmienia kolor w trybie edycji gwoździa. Po narysowaniu linii gwoździa automatycznie pojawia się menu edycji jego parametrów. Należy w tym miejscu zdefiniować wartości parametrów wytrzymałościowych. Dla ułatwienia automatycznie proponowane są wartości jak dla poprzedniego gwoździa.



Utworzenie gwoździa potwierdzamy klawiszem *OK*. Jeżeli zdefiniowany gwoździ przecina obrys skarpy, zostanie automatycznie przycięty do obrysu skarpy.

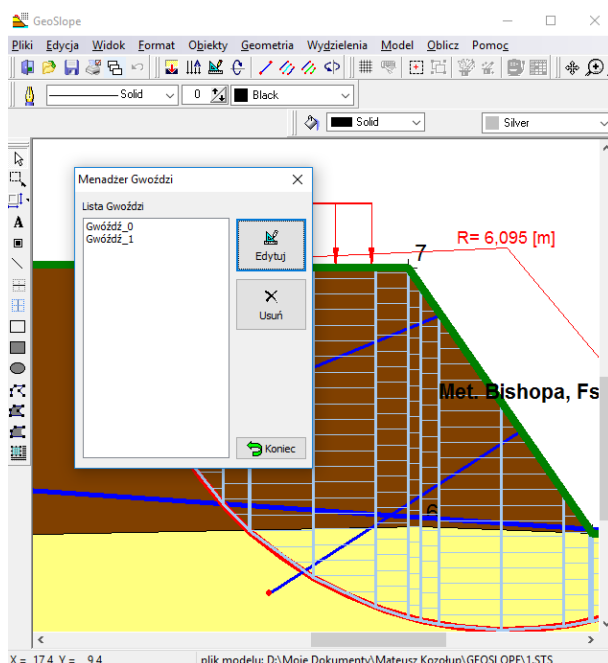


Gwoździe umieszczone są na warstwie rysunku *Umocnienia*. Przeniesienie gwoźdźca na inną warstwę skutkuje nieuwzględnianiem go podczas obliczeń stateczności skarpy. Gwoździe jako obiekt graficzny można przesuwać i edytować graficznie. Można także wejść do menu jego *właściwości* z poziomu menu kontekstowego otwieranego kliknięciem prawym klawiszem myszy.

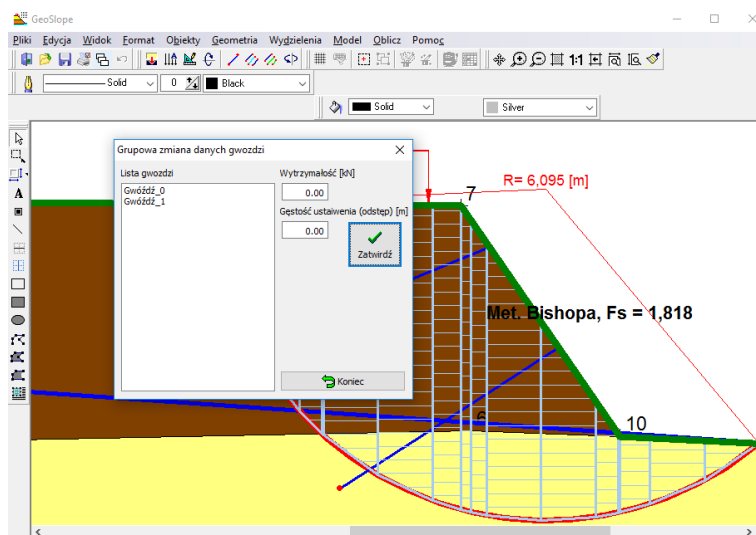


Dla ułatwienia zarządzania większą liczbą gwoździ program posiada dwa dodatkowe narzędzia:

*Menadżer gwoździ* uruchamiany opcją menu *Model* → *Zarządzaj gwoździami*. Wyświetla on posegregowaną alfabetycznie listę gwoździ i umożliwia skasowanie lub edycję danego gwoźdźca. Dla ułatwienia identyfikacji zaznaczony na liście gwoździe zmienia kolor na rysunku skarpy na jasnoniebieski.



Opcja z menu *Model* → *Zmień dane wielu gwoździ* uruchamia narzędzie *Grupowa zmiana danych gwoździ* i umożliwia jednoczesną zmianę danych wytrzymałościowych wielu gwoździ. W tym celu należy zaznaczyć na liście odpowiednie gwoździe. Zostaną one wyróżnione kolorem jasnozielonym na rysunku. Następnie należy wprowadzić nowe dane wytrzymałościowe w polach edycyjnych po prawej stronie okna dialogowego i kliknąć klawisz *Zatwierdź*. Nowe dane zostaną wprowadzone do wszystkich zaznaczonych gwoździ.



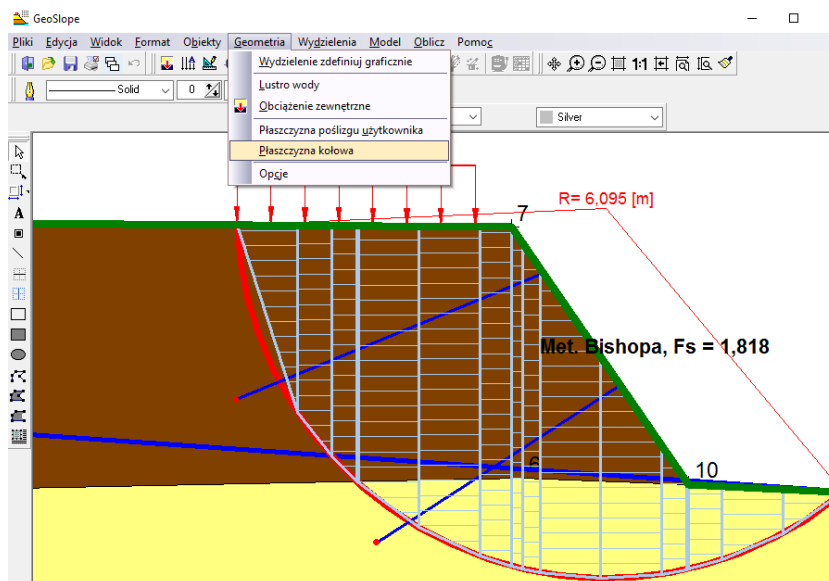
Pracę z gwoździami usprawnia zestaw trzech klawiszy na pasu narzędzi. Zastosowano na nich te same ikony, jak w menu *Model*.

## 8 Definiowanie walcowej płaszczyzny poślizgu

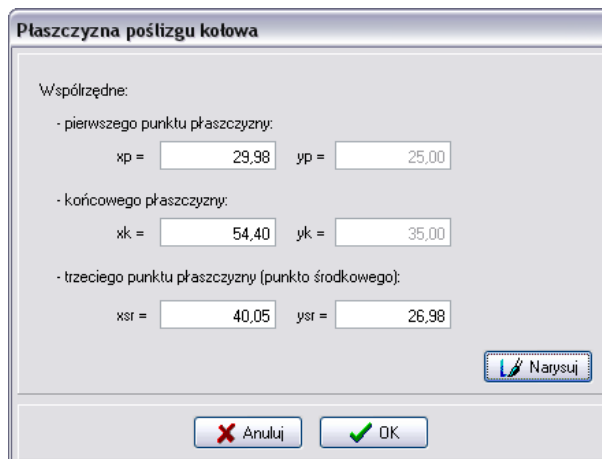
Program umożliwia przeprowadzenie badania stateczności dla wybranej płaszczyzny poślizgu. Możliwe jest też automatyczne wyszukiwanie najmniej statecznych płaszczyzn poślizgu w zadanym obszarze (patrz *Automatyczne wyszukiwanie płaszczyzn poślizgu o najniższym współczynniku stateczności* w dalszej części instrukcji). By dokonać pojedynczego badania stateczności należy najpierw zdefiniować płaszczyznę poślizgu. Większość stosowanych metod obliczeniowych opiera się na założeniu, że bryła osuwiskowa ma kształt wycinka walca. Dlatego definiowana dla nich

płaszczyzna poślizgu musi być walcowa, a na rysunku przekroju skarpy będzie oznaczona czerwoną linią łukową.

By zdefiniować taką płaszczyznę należy z menu *Geometria* wybrać polecenie *Płaszczyzna kołowa*.



Płaszczyznę kołową definiujemy poprzez podanie współrzędnych trzech punktów – punkt początkowy (od lewej), punkt końcowy oraz punkt środkowy. Na tej podstawie program sam znajdzie współrzędne osi obrotu oraz promień. Ponieważ punkt początkowy i końcowy muszą znajdować się na powierzchni skarpy (obrysie), to wystarczy podać jedynie współrzędną  $X$ , a wysokość zostanie ustalona automatycznie.



Wprowadzanie wymaganych wartości można zautomatyzować. W tym celu należy umieścić kursor w odpowiednim polu edycyjnym i kliknąć myszą punkt na rysunku. Odpowiednie współrzędne zostaną automatycznie wprowadzone do pól edycyjnych.

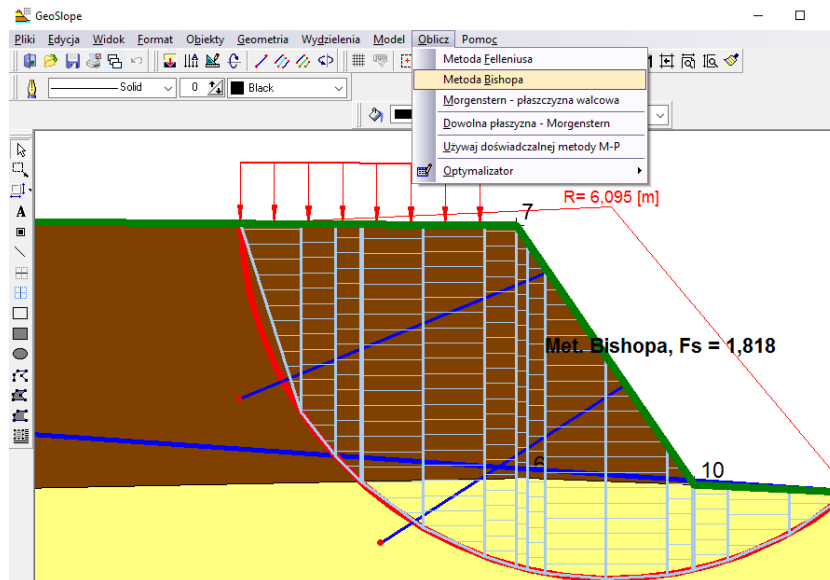
Zdefiniowana linia poślizgu powinna być jednoznaczna, to znaczy dowolna prosta pionowa może przecinać płaszczyznę poślizgu najwyżej w jednym punkcie. Można wprowadzić uzyskać wynik dla płaszczyzny poślizgu nie spełniającej tego warunku, ale o niejasnej interpretacji.

## 9 Metody Felleniusa i Bishopa dla danej walcowej płaszczyzny poślizgu.

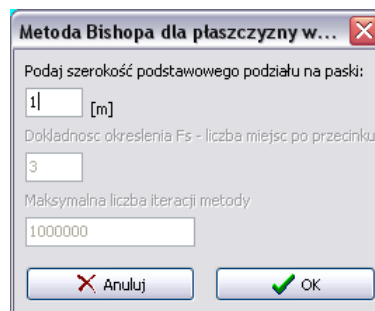
Jeżeli zdefiniowano walcową płaszczyznę poślizgu, możliwe jest wykonanie obliczeń

stateczności skarpy dla takiej płaszczyzny poślizgu metodami Felleniusa i Bishopa. Metoda Morgensterna-Price'a opisana jest w kolejnym rozdziale. Należy pamiętać, by cała płaszczyzna poślizgu mieściła się w obrębie znaczników granic skarpy.

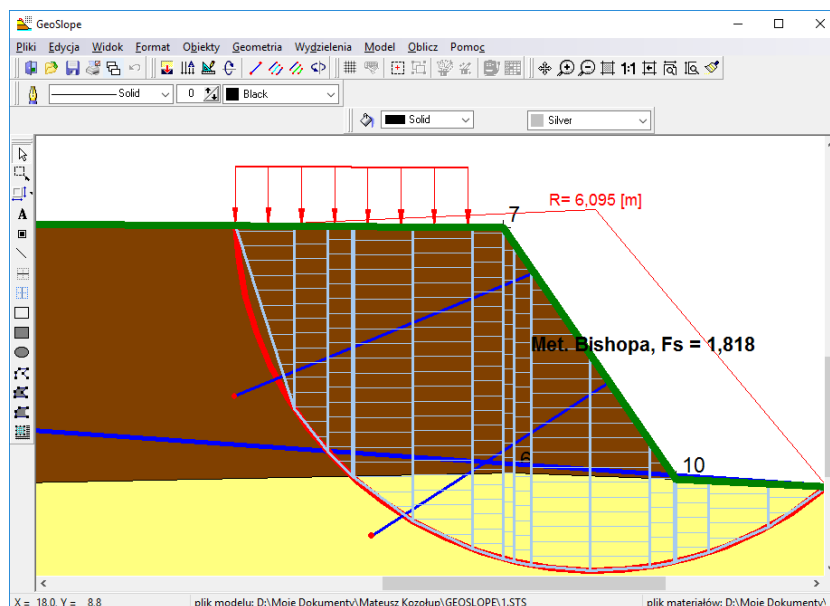
Aby wykonać takie obliczenia, należy z menu *Oblicz* wybrać odpowiednią metodę



Następnie program zapyta o szerokość podstawowego podziału bryły osuwiskowej na paski. Po wstępnym podziale na paski równej szerokości (jak podano) program podzieli jeszcze niektóre paski na części zgodnie z geometrią skarpy.



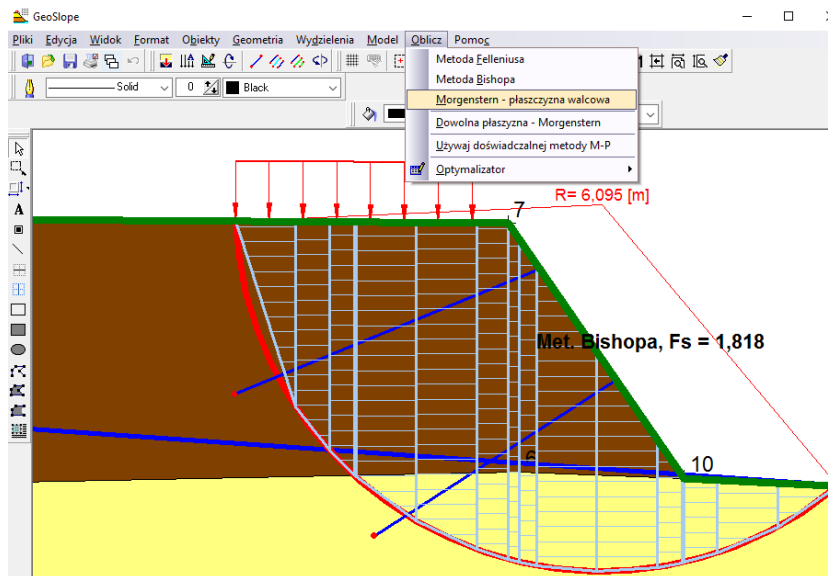
Wyniki zostaną zaprezentowane na rysunku w sposób graficzny:



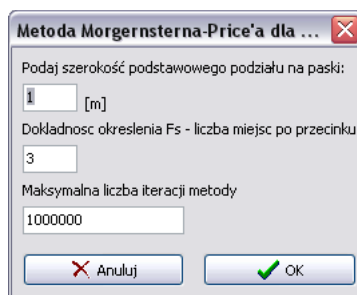
## 10 Metoda Morgensterna-Price'a dla danej walcowej płaszczyzny poślizgu.

Jeżeli zdefiniowano walcową płaszczyznę poślizgu, możliwe jest wykonanie obliczeń stateczności skarpy dla takiej płaszczyzny poślizgu metodą Morgensterna-Price'a. Należy pamiętać, by cała płaszczyzna poślizgu mieściła się w obrębie znaczników granic skarpy.

Aby wykonać takie obliczenia, należy z menu *Oblicz* wybrać opcję *Morgenstern-płaszczyzna walcowa*.



Następnie program zapyta o parametry metody:



Potencjalna bryła osuwiskowa zostanie podzielona wstępnie na paski o podanej szerokości (domyślnie 1m). Tak uzyskane paski mogą zostać jeszcze automatycznie podzielone na części w zależności od geometrii skarpy. Zagęszczanie podziału na paski wydłuża czas obliczeń, ale też zwiększa ich dokładność. Przy zbyt małej ilości pasków uzyskany wynik może być zawyżony. Następnie określamy dokładność oszacowania współczynnika stateczności  $F_s$  poprzez podanie liczby cyfr po przecinku. Metoda Morgensterna-Price'a jest metodą iteracyjną, dlatego, by zapobiec zawieszaniu programu, gdy nie da się osiągnąć założonej dokładności, albo ze względu na błędnie wykreśloną płaszczyznę poślizgu w ogóle uzyskać wyniku, należy ustawić maksymalną liczbę iteracji, po której nastąpi przerwanie procedury obliczeń. Można pozostawić wartość domyślną. Jeżeli zamiast wyniku obliczeń otrzymamy komunikat *Nie udało się uzyskać wyniku*, to oznacza to, utworzono model obłądnej geometrii lub ustawiona liczba iteracji była zbyt mała w stosunku do założonej dokładności określenia współczynnika stateczności  $F_s$ .

Wyniki obliczeń prezentowane są w formie tabeli:

Wyniki metody Morgensterna-Price'a dla odrębnej płaszczyzny poślizgu

**Fs=1,831**

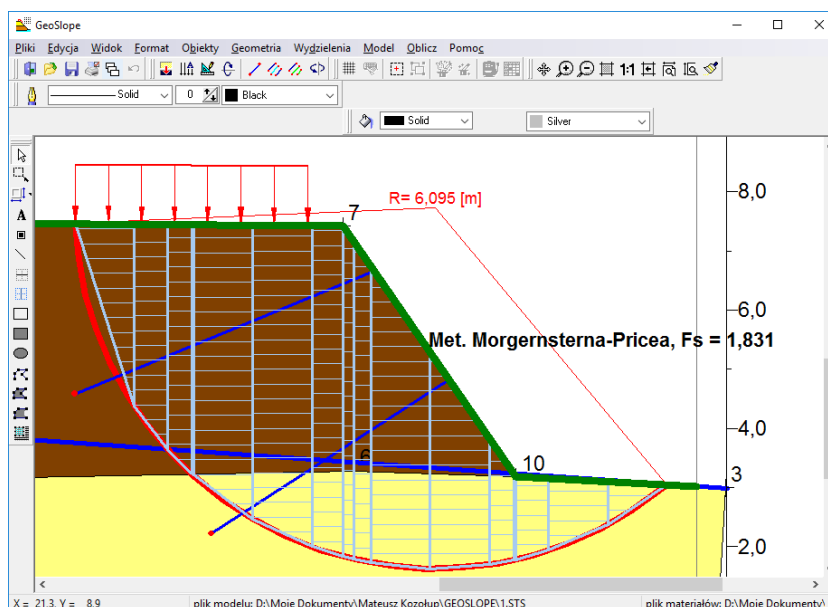
Lp.	x1	x2	y11	y12	y21	y22	szerokość [m]	wysokość [m]	ciężar [kN]	siła wyporu [kN]	siła spływowa [kN]	kąt tarcia [°]	spójność [kPa]	H [kN]	V [kN]
1	14,000	15,000	7,459	7,459	7,450	4,372	1,000	1,539	132,325	0,000	0,000	10,000	100,000	-17,033	52,584
2	15,000	15,557	7,450	4,372	7,446	3,650	0,557	3,437	95,972	0,000	0,000	10,000	100,000	-18,170	23,530
3	15,557	15,977	7,446	3,650	7,442	3,227	0,420	4,005	77,304	0,811	0,057	10,000	100,000	-8,837	8,908
4	15,977	16,000	7,442	3,227	7,442	3,206	0,023	4,225	4,289	0,090	0,006	31,000	0,000	-7,774	7,069
5	16,000	17,000	7,442	3,206	7,433	2,472	1,000	4,599	196,905	7,311	0,509	31,000	0,000	42,319	-31,083
6	17,000	18,000	7,433	2,472	7,424	2,000	1,000	5,193	202,912	12,542	0,874	31,000	0,000	66,798	-31,507
7	18,000	18,520	7,424	2,000	7,420	1,836	0,520	5,504	60,698	7,872	0,549	31,000	0,000	66,592	-20,977
8	18,520	18,710	7,420	1,836	7,145	1,789	0,190	5,470	22,060	3,027	0,211	31,000	0,000	65,070	-16,225
9	18,710	19,000	7,145	1,789	6,725	1,729	0,290	5,176	31,894	4,725	0,329	31,000	0,000	61,926	-12,812
10	19,000	20,000	6,725	1,729	5,278	1,631	1,000	4,322	92,080	16,625	1,158	31,000	0,000	44,323	-4,322
11	20,000	21,000	5,278	1,631	3,831	1,699	1,000	2,890	61,986	16,088	1,121	31,000	0,000	24,441	1,655
12	21,000	21,407	3,831	1,699	3,242	1,775	0,407	1,800	15,875	6,063	0,423	31,000	0,000	18,512	3,443
13	21,407	21,450	3,242	1,775	3,180	1,784	0,043	1,432	1,349	0,606	0,000	31,000	0,000	17,739	3,994
14	21,450	22,000	3,180	1,784	3,152	1,938	0,550	1,305	15,676	7,038	0,000	31,000	0,000	12,338	3,440
15	22,000	23,000	3,152	1,938	3,101	2,370	1,000	0,973	21,242	9,537	0,000	31,000	0,000	3,621	1,567
16	23,000	24,000	3,101	2,370	3,050	3,050	1,000	0,365	7,981	3,583	0,000	31,000	0,000	-0,028	-0,019

Przejrzystość okna

Kopiuje Drukuj Zamknij

Możliwe jest jej drukowanie lub kopiowanie do schowka jako tekstu rozdzielonego tabulatorami. Należy zwrócić szczególną uwagę na siły oddziaływania między paskami  $H$  i  $V$ . Powinny one, jak widać na rysunku „zerować się” dla ostatniego paska. W przypadku, gdy siła oddziaływania poziomego  $H$  zmienia swój zwrot, należy koniecznie powtórzyć badania dla innej płaszczyzny poślizgu, ewentualnie inną metodą. Zjawisko to może mieć miejsce, gdy słabsze warstwy geotechniczne znajdują się pod warstwami mocniejszymi.

Uzyskany wynik prezentowany jest także graficznie na rysunku:

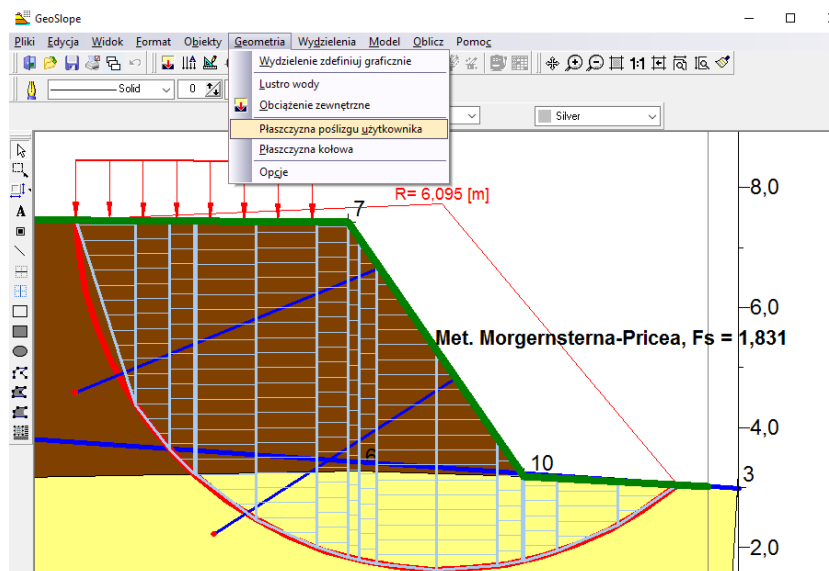


## 11 Metoda Morgensterna-Price'a dla dowolnej płaszczyzny poślizgu

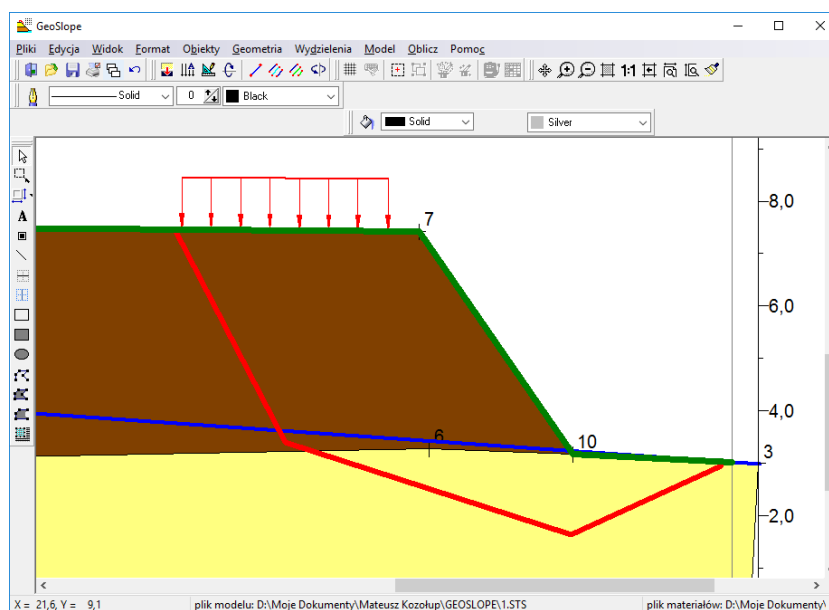
W przeciwieństwie do większości metod badania stateczności skarpy metoda Morgensterna - Price'a umożliwia wykonanie obliczeń współczynnika stateczności dla płaszczyzny poślizgu o dowolnym kształcie, a nie tylko walcowym. Jest to przydatne do badania skarp zawierających bardzo słabe cienkie warstwy geotechniczne lub gdy spodziewamy się poślizgu wzdłuż granic między warstwami.

Dla takiego zadania płaszczyznę poślizgu należy zdefiniować graficznie jako linię na rysunku. Definiujemy ją jako linię łamaną korzystając z menu *Geometria*, opcja *Płaszczyzna poślizgu użytkownika*.





Linie łamaną wykreślamy tak samo jak linię łamaną użytkownika, pamiętając, by przecinała ona obrys skarpy dokładnie dwukrotnie:



Następnie wybieramy z menu *Oblicz* opcję *Dowolna płaszczyna – Morgenstern*. I podajemy parametry metody, analogicznie jak wyżej:

**Współczynnik stępczość dla dowolnej płaszczyny**

Podaj parametry potrzebne do obliczenia współczynnika stępczości

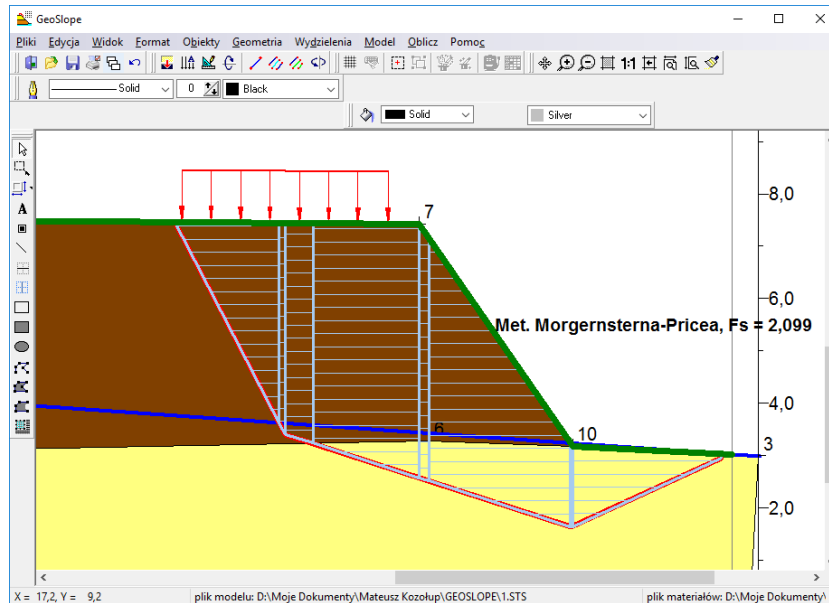
Dokładność określenia współczynnika stępczości  $F_s$  - liczba miejsc dziesiętnych po przecinku

Maksymalna ilość kolejnych przybliżeń współczynnika  $F_s$

Jeżeli nie uda się osiągnąć wymaganej dokładności przy podanej liczbie przybliżeń, to procedura liczenia zostanie przerwana

Podział na paski zostanie wykonany automatycznie zgodnie z geometrią płaszczyny poślizgu, a wyniki zostaną przedstawione analogicznie jak w przypadku płaszczyny walcowej. Przy tworzeniu łamanej płaszczyny poślizgu należy unikać tworzenia załamania linii pod znacznym kątem. W metodzie przyjęto założenie, że siły oddziaływań między paskami są styczne do płaszczyny

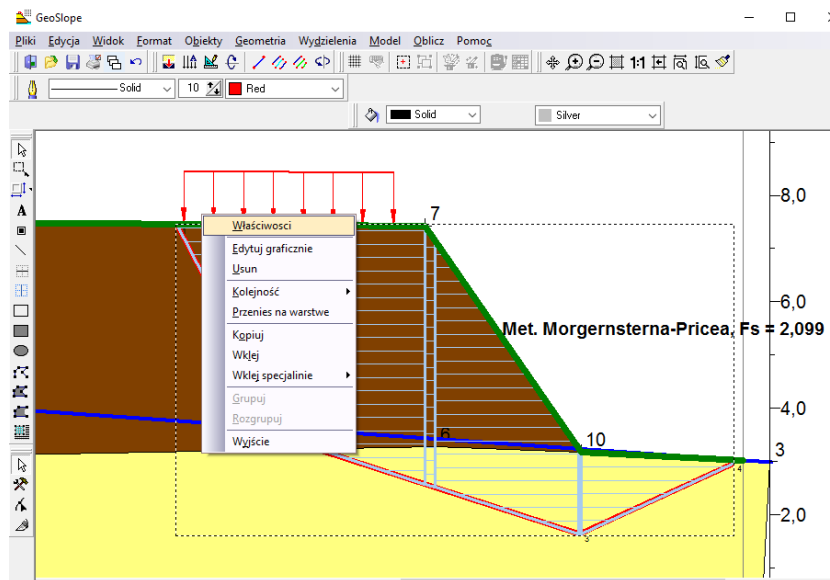
poślizgu. W miejscach załamania nie istnieje pochodna funkcji płaszczyzny poślizgu i dlatego przyjmuje się ją jako granicę jak w pasku położonym tuż powyżej punktu załamania. Płaszczyzna poślizgu o znacznych złamaniach będzie charakteryzować się raczej większym współczynnikiem stateczności niż płaszczyzna kołowa:



Możliwe jest też zdefiniowanie dowolnej płaszczyzny poślizgu jako krzywej. W tym celu należy uaktywnić warstwę Płaszczyzny poślizgu wybierając z menu *Obiekty* → *Warstwy rysunku*.

Numer	Nazwa	Właśc.	Widoczne	Aktywne	Bieżąca
1	Podkład rastrowy		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Granice materiałów		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Woda		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Płaszczyzny poślizgu		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Nacisk zewnętrzny		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Umocnienia		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Pomocnicza		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Wyniki obliczeń		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Użytkownika		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Osie rysunku		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Tabela rysunku		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Następnie zaznaczyć odpowiednią linię łamaną na rysunku i prawym klawiszem myszy wybrać *Właściwości*



Na zakładce *Punkty* zaznaczamy „kwadracik” *Krzywa*

Linia łamana danych R

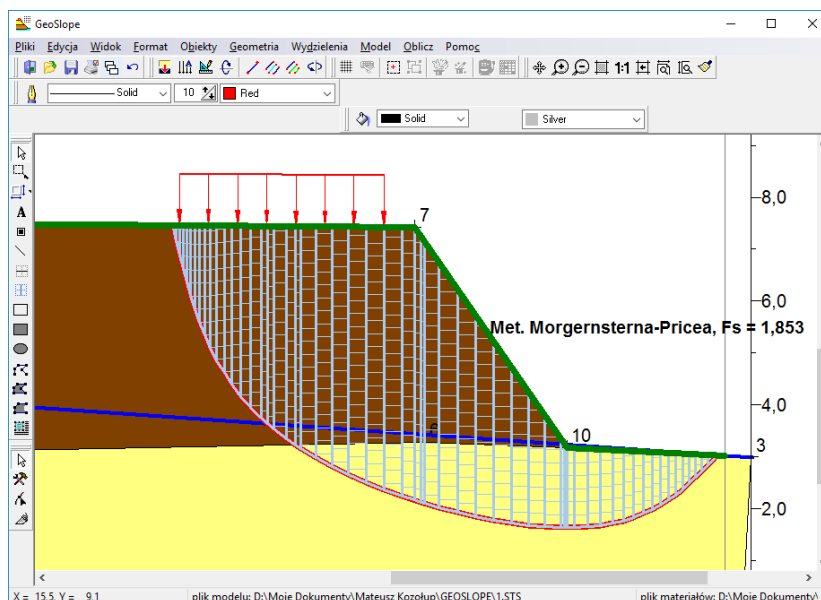
Linia	Punkty	
lp	x	y
1	13,88	7,42
2	15,97	3,41
3	21,42	1,64
4	24,29	2,95

Zamknięta  
 Krzywa  
 Spline  Interpolacja  
 Bezier

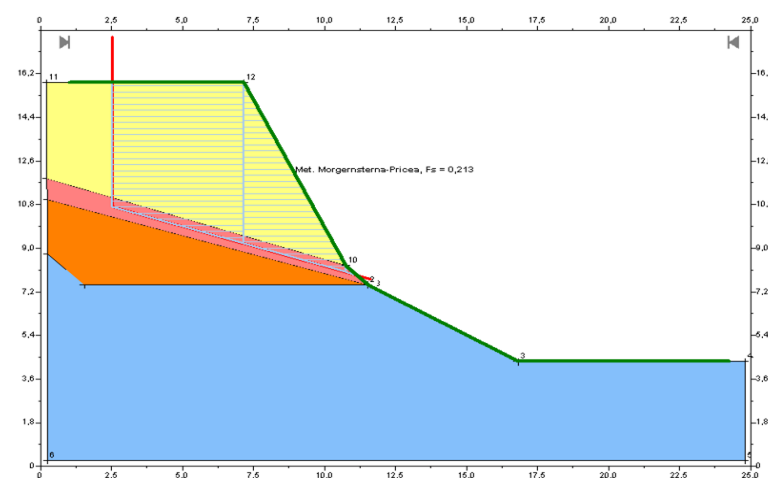
Punkt  
 Usun Wstaw Dodaj

Arkusz  
 Zachowaj Wyczyść  
 Wczytaj Kolejność

Można użyć *Interpolacji* lub nie. Teraz można przeprowadzić obliczenia dla tak zdefiniowanej krzywej graficznej.



Użycie dowolnej płaszczyzny poślizgu umożliwi zbadanie stateczności dla cienkich warstw geotechnicznych o niskich parametrach wytrzymałościowych. Można też takich warstw użyć do zamodelowania zjawisk zachodzących na granicy warstw. Kolor różowy na rysunku:

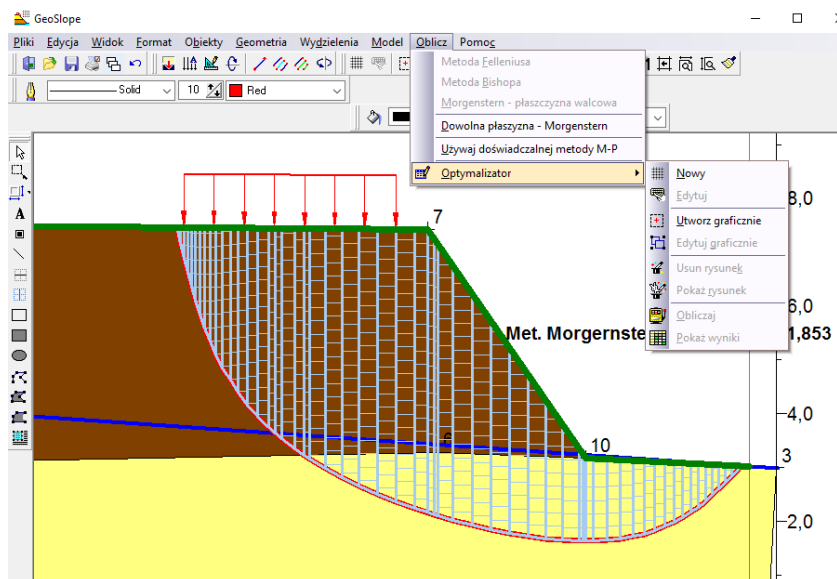


## 12 Automagiczne wyszukiwanie płaszczyzn poślizgu o najniższym współczynniku stateczności

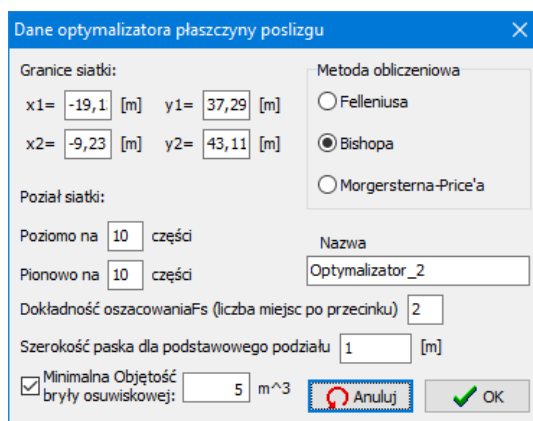
Program GeoSlope umożliwia wyszukiwanie płaszczyzn poślizgu o najniższym współczynniku stateczności w obszarze zdefiniowanym przez użytkownika. Operacja ta dotyczy, jednakże tylko płaszczyzn walcowych nawet dla metody Morgenstern-Price'a. Obszar taki definiujemy jako prostokąt podzielony siatką na punkty. Punkty te to potencjalne osie obrotu dla płaszczyzny walcowej. Dla każdego takiego punktu program sam znajdzie promień płaszczyzny poślizgu o najmniejszym w tym punkcie współczynniku stateczności  $F_s$ . Dalej spośród wszystkich zadanych punktów program wskaże punkt o najmniejszym tak uzyskanym współczynniku stateczności. Promienie badanych płaszczyzn poślizgu będą generowane automatycznie, tak by cała bryła osuwiskowa mieściła się pomiędzy zadanymi w modelu granicami zbocza. Niestety współrzędne środka obrotu i wartość promienia nie zawsze jednoznacznie wyznaczają płaszczyznę poślizgu. Bywa, że wykreślony w ten sposób na modelu zbocza okrąg wielokrotnie przecina obrys skarpy. Otrzymujemy w takim wypadku zbiór płaszczyzn poślizgu dla tych samych danych. Wtedy program bierze pod uwagę jedynie płaszczyznę poślizgu położoną najwyżej. W takich wypadkach może być

konieczne powtórzenie analiz dla różnych położenia granicy zbrocza.

Narzędzie stworzone do tego celu nazwano *Optymalizatorem*. Ma on swoje własne podmenu, które znajdują się w menu *Oblicz*. Posiada on także własny pasek narzędzi oraz menu kontekstowe obiektu graficznego. Dla ułatwienia orientacji zastosowano wszędzie te same ikony.



Nowy optymalizator najlepiej utworzyć wybierając z jego menu opcję *Utwórz graficznie*. Następnie należy na rysunku przekroju skarpy narysować prostokąt definiujący granice siatki. Badane płaszczyzny poślizgu mogą mieć osie obrotu umieszczone znacznie powyżej profilu skarpy. Warto to przewidzieć już na etapie rysowania profilu i pozostawić na rysunku odpowiednią ilość wolnego miejsca ponad skarpią. Po narysowaniu prostokąta pojawi się automatycznie okno własności optymalizatora z wprowadzonymi z rysunku granicami oraz domyślnymi wartościami innych parametrów.



Można też pominąć etap rysowania prostokąta i wybrać z menu opcję *Nowy*. Wtedy pojawi się od razu okno danych optymalizatora, a granice siatki trzeba będzie wpisać ręcznie. Najbardziej wygodne wydaje się jednak wstępne wykreślenie graficzne, a potem ręczna korekta wartości granic.

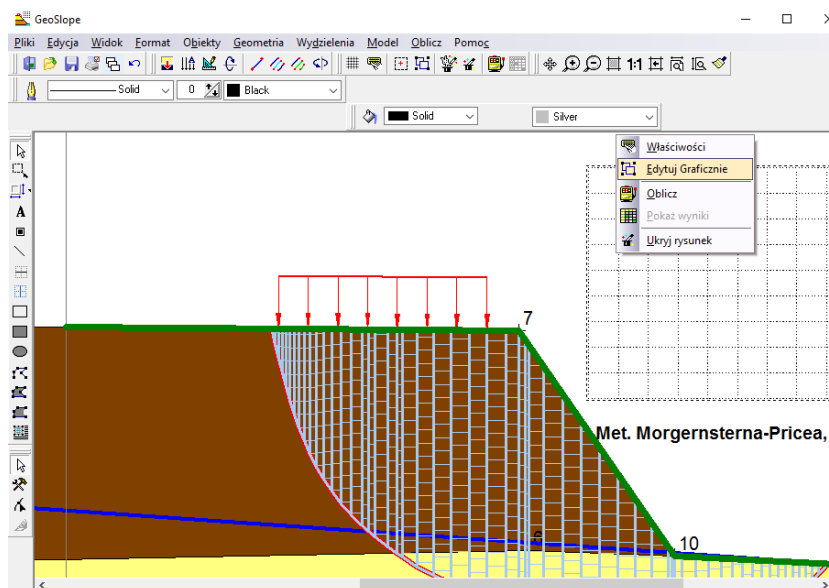
Kolejną czynnością powinna być korekta wartości domyślnych:

- Wybór metody obliczeniowej poprzez zaznaczenie odpowiedniej opcji wyboru.
- Zdefiniowanie podziału siatki, na ile części w poziomie i pionie. Należy pamiętać, że zwiększanie gęstości podziału zwiększa ilość badanych osi obrotu i tym samym wydłuża czas obliczeń. Dlatego poleca się dokonanie najpierw zgrubnego obliczenia dla dużego rzadko

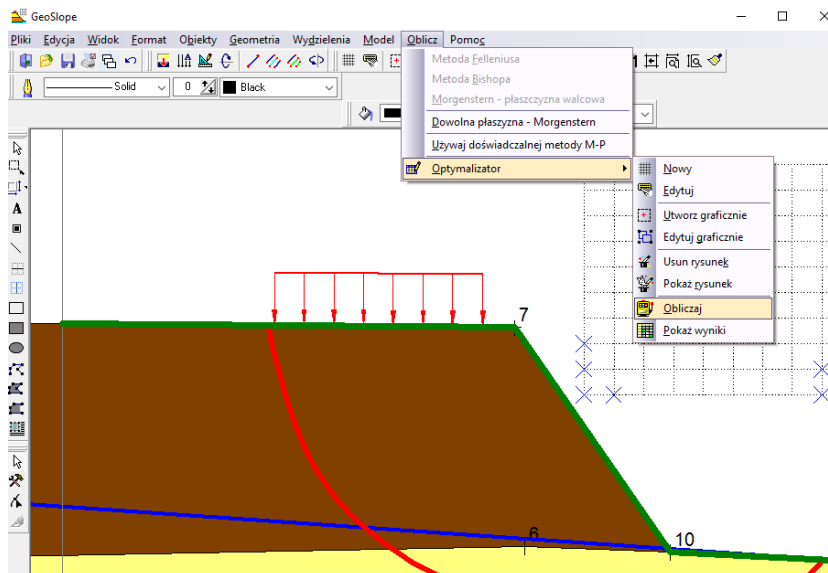
podzielonego obszaru, a potem dalszą pracę już na wykrytym obszarze najniższych wartości współczynnika  $F_s$ .

- Określenie liczby miejsc po przecinku z jaką obliczane będą współczynniki  $F_s$ .
- Wybór szerokości paska podstawowego podziału bryły osuwiskowej. Jej zmniejszanie powoduje wzrost dokładności obliczeń, ale też wydłużanie czasu obliczeń. Niezależnie od tej wartości program utworzy nie mniej niż pięć pasków.
- Nazwa, to pole pomocnicze, które nie ma wpływu na działanie optymalizatora.
- Wybór opcji *Minimalna objętość bryły osuwiskowej* pozwala na wykluczenie z wyników niewielkich zsuwów powierzchniowych gruntu po powierzchni zbocza.

Zdefiniowany optymalizator ilustrowany jest rysunkiem siatki na warstwie *Wyniki obliczeń*. Jeśli warstwa jest aktywna, to można przesuwać rysunek zmieniać granice siatki. Można także w każdej chwili powrócić do okna własności wybierając opcję *Edytuj* z menu optymalizatora. Opcja *Edytuj graficznie* pozwala na graficzną zmianę granic optymalizatora wraz ze zmianą jego rozmiarów. Można też w każdej chwili ukryć lub pokazać rysunek siatki. Obiekt graficzny optymalizatora udostępnia swoje własne menu kontekstowe.



Obliczenia optymalizatora nie są uruchamiane automatycznie. Jeżeli już zakończymy jego projektowanie należy wybrać opcję *Obliczaj* z menu optymalizatora albo z paska zadań lub menu kontekstowego. Obliczenia mogą potrwać dłuższą chwilę, a ich postęp ilustrowany jest paskiem postępu. W każdej chwili możliwe jest anulowanie obliczeń.



Po wykonanych obliczeniach automatycznie pojawi się okno z tabelą wyników.

Y\X	7,980	10,060	12,140	14,220	16,300	18,380	20,460	22,540	24,620
29,034	Fs=2,70 R=15,804	Fs=1,79 R=16,663	Fs=1,47 R=17,044	Fs=1,27 R=16,407	Fs=1,10 R=17,528	Fs=1,03 R=19,448	Fs=0,98 R=20,619	Fs=0,95 R=21,934	Fs=0,95 R=23,260
27,251	Fs=2,47 R=14,211	Fs=1,63 R=14,896	Fs=1,43 R=13,860	Fs=1,17 R=14,882	Fs=1,07 R=16,110	Fs=0,99 R=17,949	Fs=0,95 R=19,201	Fs=0,94 R=20,585	Fs=0,94 R=22,000
25,468	Fs=2,25 R=12,724	Fs=1,53 R=13,181	Fs=1,29 R=13,422	Fs=1,09 R=13,422	Fs=1,01 R=15,313	Fs=0,96 R=16,497	Fs=0,94 R=17,876	Fs=0,96 R=19,407	Fs=0,96 R=21,000
23,684	Fs=1,99 R=11,088	Fs=1,54 R=9,750	Fs=1,16 R=10,760	Fs=1,04 R=12,727	Fs=0,97 R=13,834	Fs=0,94 R=15,163	Fs=0,97 R=16,643	Fs=1,00 R=18,239	Fs=1,00 R=20,000
21,901	Fs=1,89 R=9,280	Fs=1,33 R=8,150	Fs=1,07 R=9,334	Fs=0,98 R=11,186	Fs=0,95 R=12,454	Fs=0,97 R=13,919	Fs=1,01 R=15,583	Fs=1,01 R=16,835	Fs=1,01 R=18,239
20,117	Fs=1,72 R=7,531	Fs=1,15 R=6,646	Fs=1,02 R=8,593	Fs=0,95 R=9,745	Fs=0,98 R=11,191	Fs=1,02 R=12,930	Fs=1,01 R=14,137	Fs=1,01 R=15,506	Fs=1,01 R=17,000
18,334	Fs=1,44 R=4,023	Fs=1,05 R=5,250	Fs=0,97 R=7,052	Fs=0,99 R=8,404	Fs=1,06 R=10,105	Fs=1,01 R=11,467	Fs=1,01 R=13,137	Fs=1,01 R=15,029	Fs=1,01 R=16,835
16,551	Fs=1,16 R=2,558	Fs=1,03 R=4,509	Fs=1,03 R=5,661	Fs=1,12 R=7,425	Fs=1,59 R=8,822	Fs=2,14 R=14,198	Fs=3,33 R=24,088	Fs=9,77 R=44,256	Fs=18,239 R=84,000
14,767	Fs=1,26 R=1,167	Fs=1,12 R=2,925	Fs=1,28 R=4,833	Fs=1,57 R=6,296	Fs=2,29 R=7,362	Fs=2,97 R=11,945	Fs=4,93 R=13,137	Fs=23,88 R=12,518	Fs=44,256 R=16,835
12,984		Fs=4,76 R=1,399	Fs=2,04 R=3,476	Fs=2,03 R=4,707	Fs=5,69 R=7,642	Fs=6,15 R=9,722	Fs=8,31 R=11,490	Fs=64,04 R=10,763	Fs=116,835 R=16,835
11,200			Fs=2,86 R=1,854	Fs=12,76 R=3,935	Fs=10,61 R=6,015	Fs=10,01 R=8,095	Fs=12,82 R=9,884		
9,417				Fc=26,14	Fs=16,28	Fs=13,06	Fc=18,69		

Jeśli okno to zostanie zamknięte, można je wyświetlić ponownie korzystając z opcji *Pokaż wyniki* menu optymalizatora. Jednakże każda zmiana danych optymalizatora powoduje utratę wyników, natomiast zmiany dotyczące samego modelu skarpy sprawiają, że wyniki nie są już aktualne choć wciąż dostępne. Z tego powodu zrezygnowano z zapisywania wyników w pliku. Zapisywane są jedynie parametry optymalizatora oraz rysunek warstwy *wyniki obliczeń*. Tabelę wyników można wydrukować albo skopiować jako tekst oddzielony tabulatorami do schowka, co daje możliwość wykorzystania ich w innych programach.

Y\X	17,000	18,500	20,000	21,500	23,000
20,000	Fs=1,05 R=17,856	Fs=1,00 R=18,631	Fs=0,97 R=19,502	Fs=0,95 R=20,474	Fs=0,94 R=21,467
26,750	Fs=1,02 R=16,771	Fs=0,98 R=17,620	Fs=0,95 R=18,543	Fs=0,94 R=19,504	Fs=0,95 R=20,568
25,500	Fs=0,99 R=15,713	Fs=0,96 R=16,630	Fs=0,94 R=17,582	Fs=0,95 R=18,638	Fs=0,97 R=19,784
24,250	Fs=0,97 R=14,704	Fs=0,95 R=15,679	Fs=0,95 R=16,691	Fs=0,97 R=17,827	Fs=1,00 R=18,949
23,000	Fs=0,95 R=13,763	Fs=0,95 R=14,727	Fs=0,97 R=15,859	Fs=1,00 R=17,010	Fs=1,19 R=17,973



Y\X	17,000	18,500	20,000	21,500	23,000
28,000	Fs=1,05 R=17,856	Fs=1,00 R=18,631	Fs=0,97 R=19,502	Fs=0,95 R=20,474	Fs=0,94 R=21,467
26,750	Fs=1,02 R=16,771	Fs=0,98 R=17,620	Fs=0,95 R=18,543	Fs=0,94 R=19,504	Fs=0,95 R=20,568
25,500	Fs=0,99 R=15,713	Fs=0,96 R=16,630	Fs=0,94 R=17,582	Fs=0,95 R=18,638	Fs=0,97 R=19,784
24,250	Fs=0,97 R=14,704	Fs=0,95 R=15,679	Fs=0,95 R=16,691	Fs=0,97 R=17,827	Fs=1,00 R=18,949

23,000	Fs=0,95 R=13,763	Fs=0,95 R=14,727	Fs=0,97 R=15,859	Fs=1,00 R=17,010	Fs=1,19 R=17,973
--------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

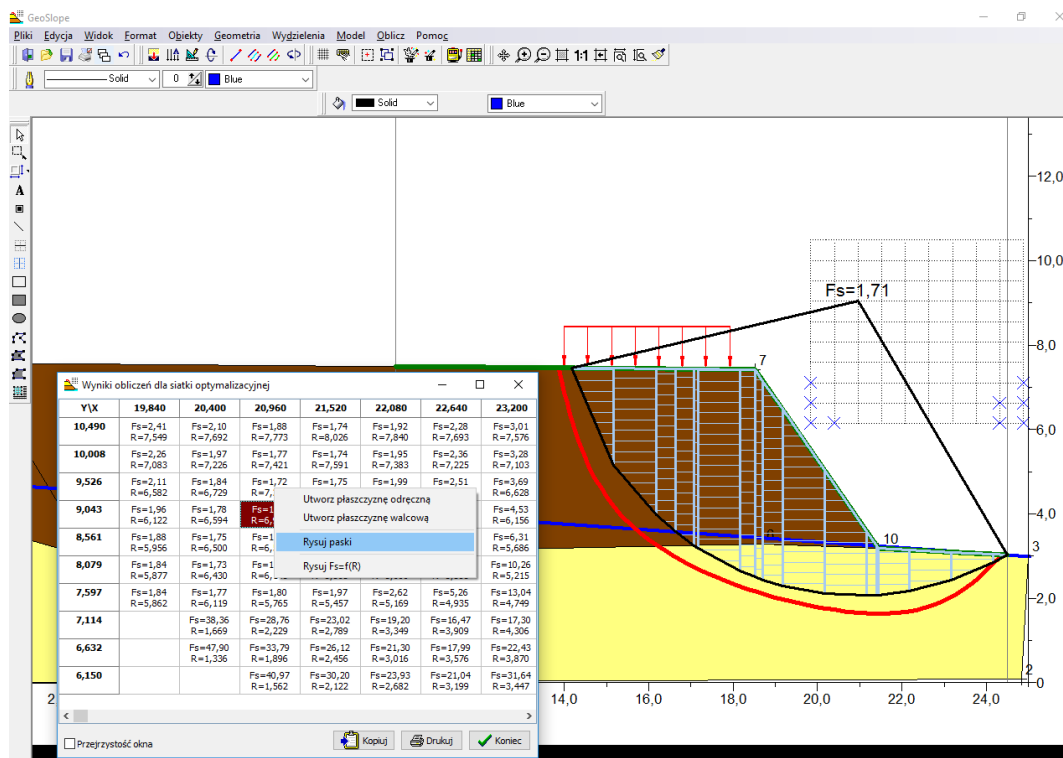
Każda komórka tabeli odpowiada jednej osi obrotu walcowej płaszczyzny poślizgu. Jej współrzędne można odczytać z nagłówka oraz pierwszej wyróżnionej kolumny tabeli. W komórce takiej podano dwie wartości. Wyliczony minimalny współczynnik stabilności oraz promień płaszczyzny poślizgu dla którego ten współczynnik obliczono. Puste komórki to miejsca, gdzie nie udało się wykreślić żadnej prawidłowej płaszczyzny poślizgu. Na rysunku miejsca te pokazane są jako niebieskie krzyżyki. Pola o niskim współczynniku stateczności oznaczono kolorami:

- żółte – poniżej 1,2
- pomarańczowe – poniżej 1
- czerwone – poniżej 0,8

Punkty te zaznaczone także są na rysunku optymalizatora takim samym kolorem. Oprócz tego pole o najmniejszym  $F_s$  jest oznaczone kolorem bordowym.

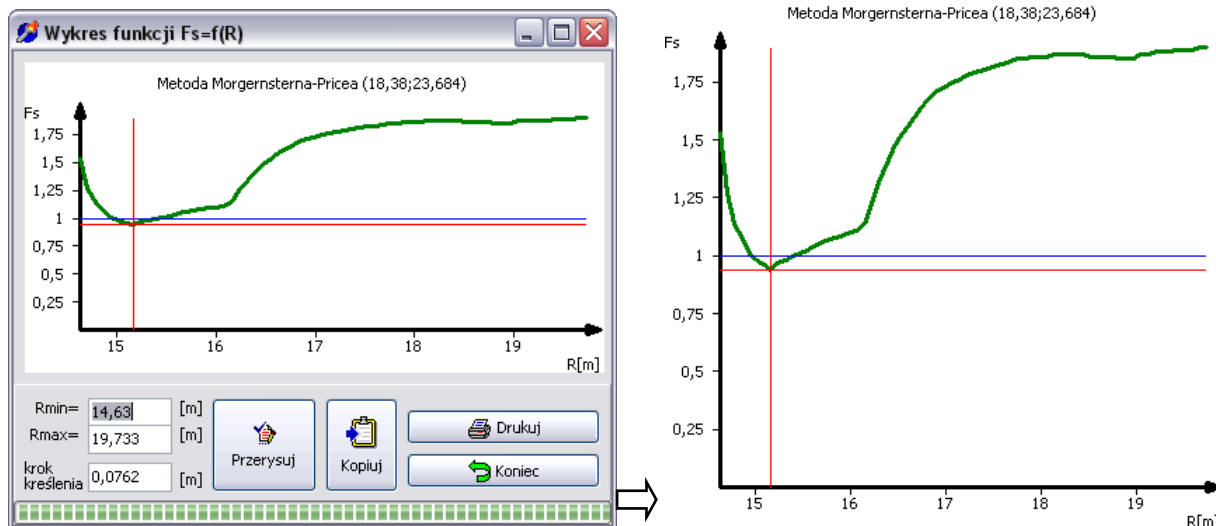
Okno wyników oferuje użytkownikowi dodatkowe możliwości:

- Kliknięcie komórki tabeli powoduje narysowanie odpowiedniej płaszczyzny poślizgu
- Ponadto po kliknięciu prawym klawiszem pojawia się menu kontekstowe, które umożliwia:
  - Narysowanie podziału bryły osuwiskowej na paski.
  - Utworzenie walcowej płaszczyzny poślizgu zgodnej z narysowaną dla pojedynczego badania dowolną metodą.
  - Utworzenie odręcznej płaszczyzny poślizgu zgodnej z narysowaną dla pojedynczego badania metodą Morgensterna-Price'a.
  - Wykreślenie wykresu funkcji  $F_s=f(R)$  dla danej osi obrotu.





Wykres  $F_s=f(R)$  można wielokrotnie przerysowywać zmieniając parametry rysowania – zakres promieni oraz skok wyliczania punktów wykresu. Zmieniając rozmiar okna można dopasować wielkość i proporcje rysunku wykresu. Możliwe jest też uproszczone drukowanie oraz skopiowanie wykresu jako mapy bitowej do schowka.



Kliknięcie dowolnego punktu w obszarze wykresu powoduje narysowanie odpowiedniej płaszczyzny poślizgu.

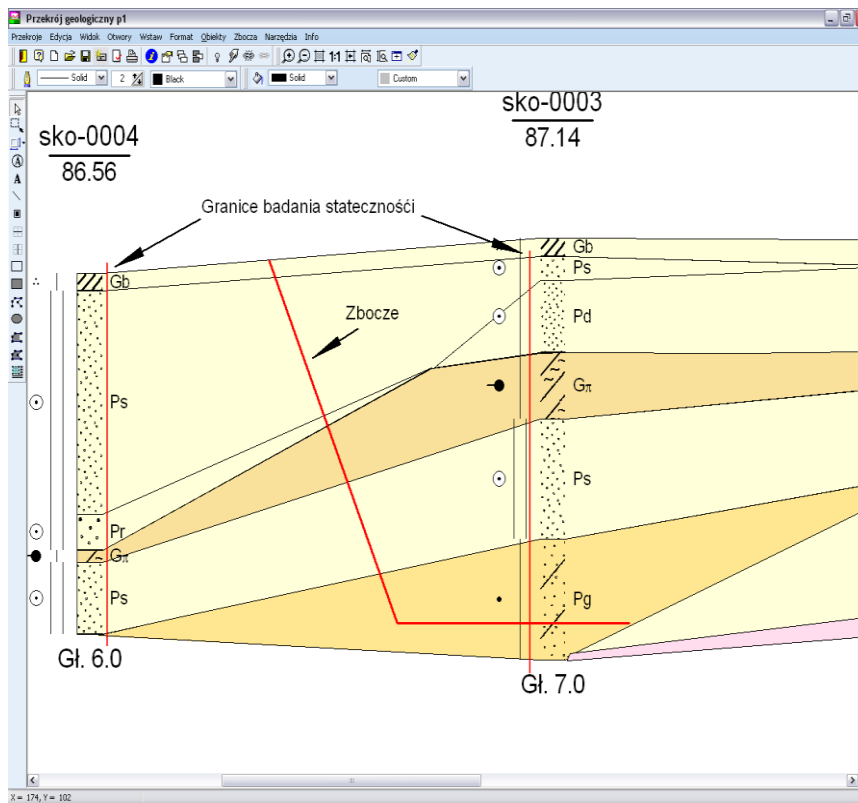
Wszystkie obiekty graficzne generowane przez optymalizator (z wyjątkiem płaszczyzny odręcznej) znajdują się na warstwie *Wyniki obliczeń* i są zapisywane do pliku razem z rysunkiem modelu skarpy.

UWAGA: Wykres  $F_s=f(R)$  jest automatycznie generowany po wybraniu komórki tabeli optymalizatora. Jeśli minimum wykresu znajduje się w innym położeniu niż przecięcie się czerwonych linii to znaczy, że dokonano zmian w projekcie (np. zmieniono parametry materiałowe wydzielenia skarpy) wymagających ponownego przeliczenia skarpy optymalizatorem.

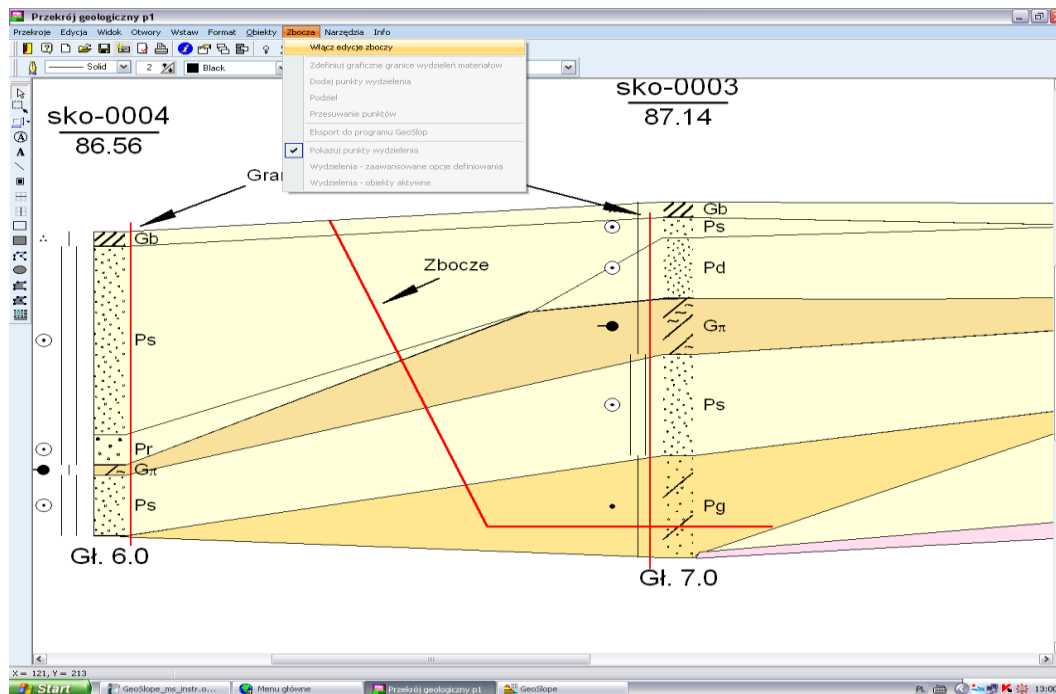
### 13 Import przekrojów z programu GeoStar

Program *GeoSlope* przewiduje możliwość korzystania przy obliczeniach z danych przygotowanych już wcześniej w pakiecie *GeoStar*. W tym celu nową wersję programu *Przekroje* wyposażono w dodatkowe narzędzia umożliwiające przygotowanie danych dla programu *GeoSlope*. Ponieważ warstwy litologiczne nie pokrywają się całkowicie z warstwami geotechnicznymi, a także przekroje wykonane w pakiecie *GeoStar* nie zawierają wkopów, skarp itp., przekrój do eksportu należy odpowiednio przygotować.

Najlepiej rozpocząć od narysowania odpowiednich linii pomocniczych – jak na rysunku:



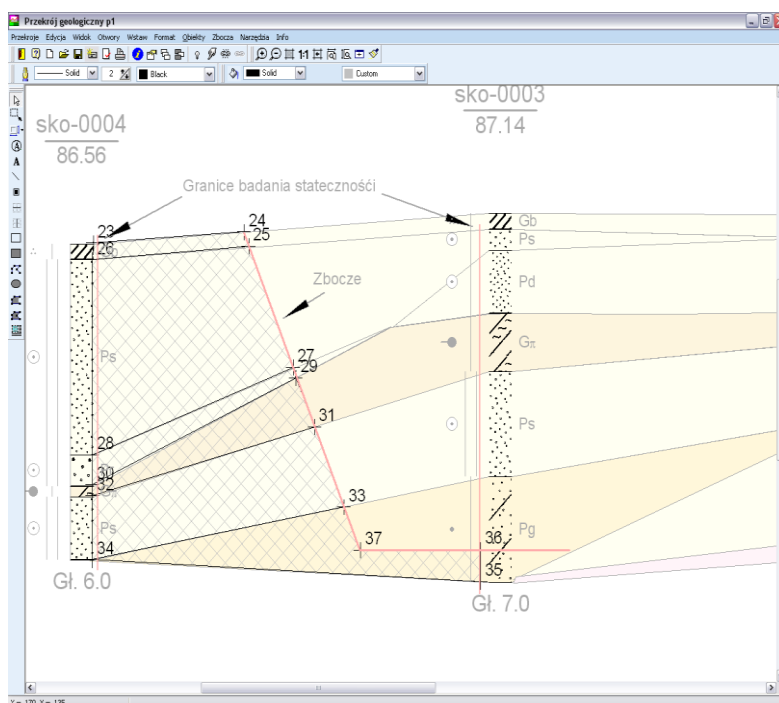
Dalsze czynności wykonywane będą z poziomu menu *Zbocza*. Wybieramy opcję *Włącz edycję zboczy*



Od tej pory reszta menu będzie aktywna. Po wybraniu opcji *Zdefiniuj graficznie granice wydzieleni materiałów* można, podobnie jak przy tworzeniu wydzieleni w programie *GeoSlope* wyrysować myszką odpowiedni kształt wydzielenia. Podczas rysowania działa przyciąganie kursora myszy do punktów przekroju. Linie pomocnicze pomagają zachować wstępnie zdefiniowany kształt skarpy.

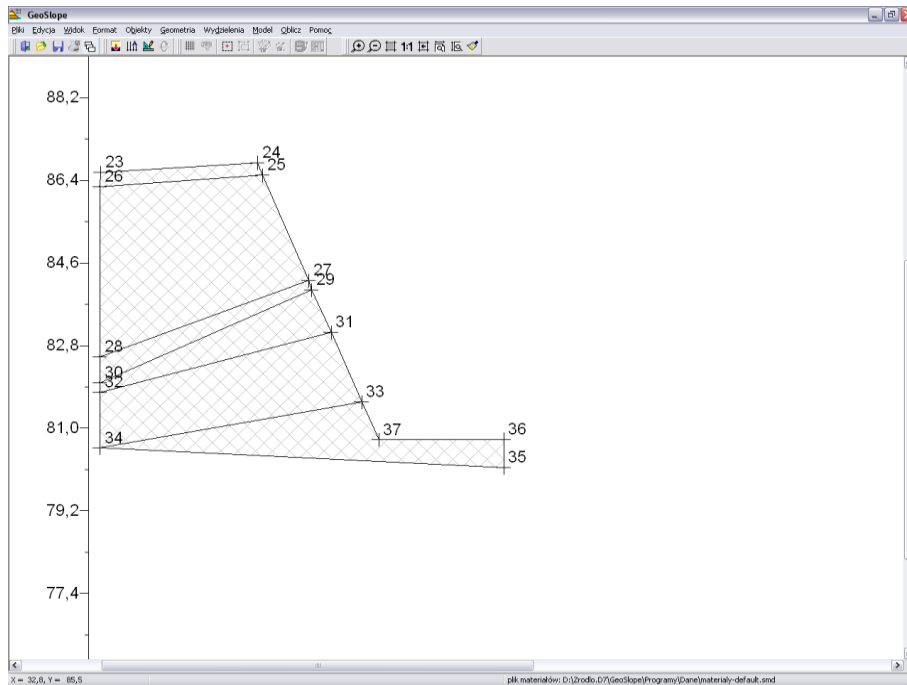
Powrót do trybu normalnego możliwy jest po wybraniu opcji *Wyłącz edycję zboczy*.

Po zdefiniowaniu wydzieleni rysunek przekroju wyglądać będzie następująco:



Podczas edycji wydzieleni rysunek przekroju jest rozjaśniony (tylko dla warstw, dla których zezwolono na rozjaśnianie *Widok* opcja *Rozjaśnianie warstw*), natomiast wyraźnie widoczne są punkty definiujące wydzielenia, ich granice. Same wydzielenia widoczne są jako obszary wypełnione ukośną siatką. Z tego poziomu możliwe jest wykonywanie wszystkich operacji edytorskich dotyczących wydzieleni, jak w programie *GeoSlope* – dodawanie nowych punktów, podział już istniejących odcinków, przesuwanie punktów. Odpowiednie opcje znajdują się w menu *Zbocza*. Zdefiniowane wydzielenia znajdują się na warstwie rysunku *Wydzielenia materiałów zbocza* i są zapisywane w pliku razem z całym przekrojem.

Jeżeli definiowanie wydzieleni zostało zakończone, należy je wyeksportować poleceniem *Eksport do programu GeoSlope*. Definicja wydzieleni zostanie zapisana w specjalnym pliku, który potem należy odczytać w programie *GeoSlope* korzystając z menu *Pliki* opcja *Import z Przekroje GeoStar*. Zaimportowana skarpa wyglądać będzie ja na rysunku:



Kolejne czynności to: Zdefiniowanie rozmiaru strony, skali, zakresu rysunku, formatu osi. Potem dla każdego wydzielenia należy przypisać własności materiału. Następnie ustawić granice zbrocza. (Patrz poprzednie rozdziały). Tak przygotowany model gotowy jest do przeprowadzenia obliczeń.

