

## Analiza obudowy wykopu z jednym poziomem kotwienia

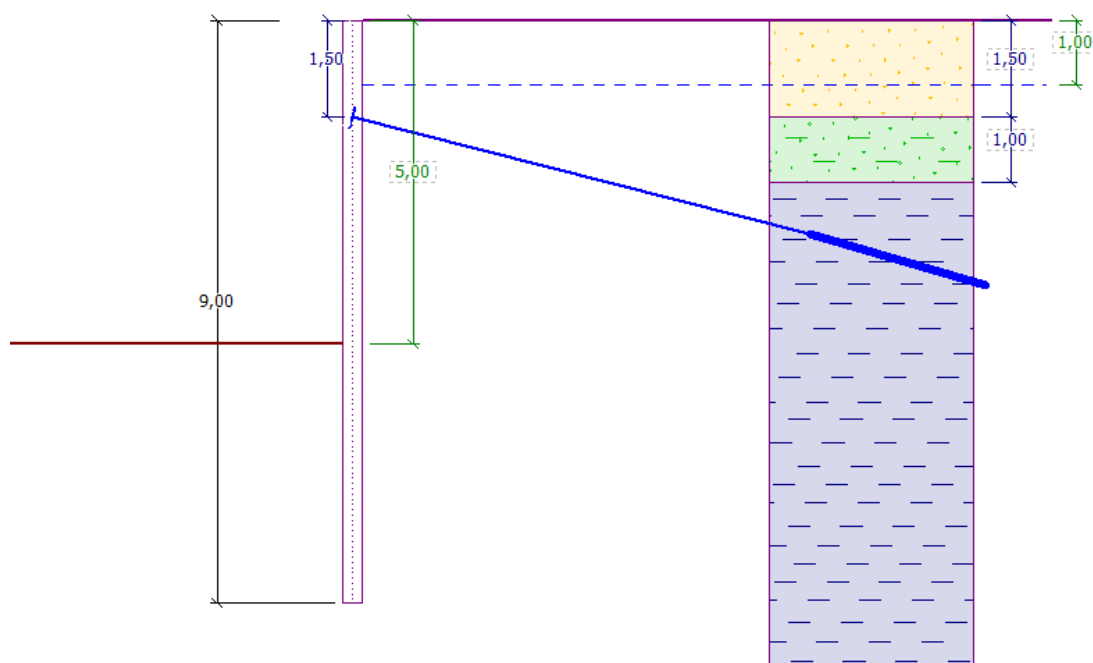
Program powiązany: Ściana analiza

Plik powiązany: Demo\_manual\_06.gp2

Niniejszy przewodnik inżyniera przedstawia sposób analizy obudowy wykopu. Przeprowadzone zostanie wymiarowanie obudowy oraz sprawdzenie stateczności wewnętrznej układu kotew i stateczności zewnętrznej (ogólnej) konstrukcji.

### Zadanie

Przeprowadzić obliczenia obudowy wykopu zaprojektowanej w Przewodniku Inżyniera nr 5.



*Schemat projektowanej ścianki szczelnej z jednym poziomem kotwienia – przyporządkowanie*

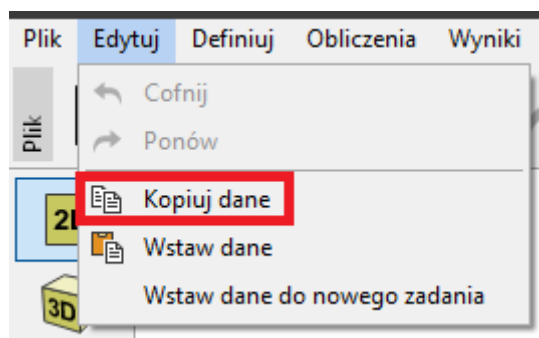
### Rozwiązanie:

Aby wykonać zadanie skorzystaj z programu Ściana analiza znajdującego się w pakiecie GEO5. Przewodnik przedstawia kolejne kroki wykonania niniejszego przykładu:

- Faza 1: określenie geometrii konstrukcji i wykonanie wykopu do głębokości 2,5 m poniżej korony ściany,
- Faza 2: kotwienie obudowy wykopu,
- Faza 3: wykonanie wykopu do głębokości 5,0 m poniżej korony ściany,
- Sprawdzenie stateczności wewnętrznej układu kotew, stateczności zewnętrznej (ogólnej) konstrukcji oraz wymiarowanie ścianki szczelnej.

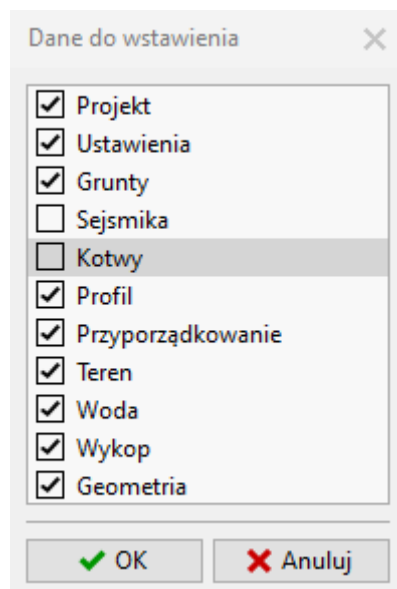
## Faza 1

W celu uproszczenia i skrócenia pracy możemy skopiować dane z poprzedniego przykładu, w którym projektowaliśmy obudowę wykopu w programie Ściana projekt. Otwórz poprzednie zadanie w programie Ściana projekt, wybierz przycisk "Edytuj" znajdujący się w lewym górnym rogu ekranu, a następnie kliknij "Kopiuj dane".



Okno dialogowe "Edytuj – Kopiuj dane"

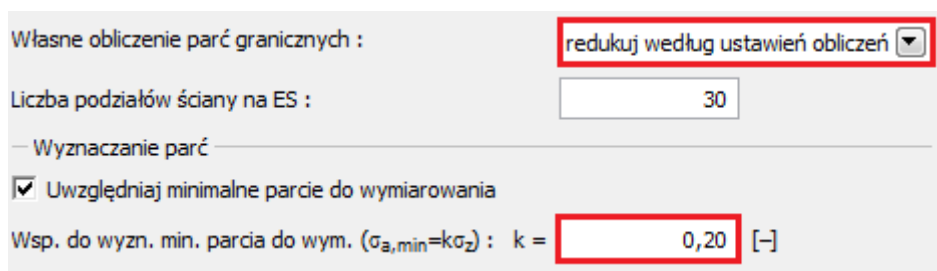
Teraz przejdź do programu Ściana analiza i postępując analogicznie wybierz przycisk "Edytuj" znajdujący się w lewym górnym rogu ekranu, a następnie kliknij "Wstaw dane". Nie wstawimy wszystkich skopiowanych danych, ponieważ zdefiniujemy kotwy ręcznie w drugiej fazie budowy. Ponieważ większość niezbędnych danych wstawiliśmy z poprzedniego zadania, nie będziemy musieli wprowadzać w zasadzie nic nowego.



Okno dialogowe "Dane do wstawienia"

W ramce "Ustawienia" naciśnij przycisk "Wybierz ustawienia", a następnie sprawdź czy z listy dostępnych ustawień obliczeń wybrane jest ustawienie numer 5 – "Standardowe – EN 1997 – DA3". Ustawienia własnego obliczania parć granicznych wybierz jako "Redukuj według ustawień obliczeń".

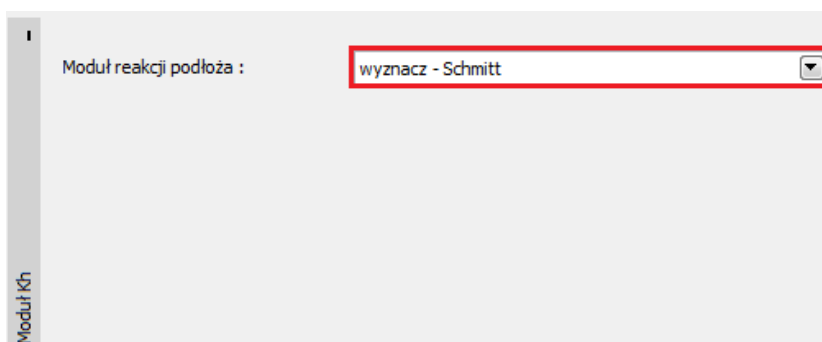
Pozostaw domyślną wartość współczynnika minimalnego parcia do wymiarowania równą  $k = 0,2$  i zmień liczbę podziałów ściany na Elementy Skończone (ES) na 30.



Ramka "Ustawienia" (Wyznaczanie parć)

*Uwaga: Wybranie opcji "Własne obliczenie parć granicznych – nie redukować" pozwala na przeprowadzenie obliczeń parć granicznych (czynnego i biernego) bez redukcji parametrów za pomocą współczynników częściowych. Takie podejście pozwala na lepsze oszacowanie rzeczywistej pracy konstrukcji, ale jest niezgodne z normą EN 1997-1. (Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).*

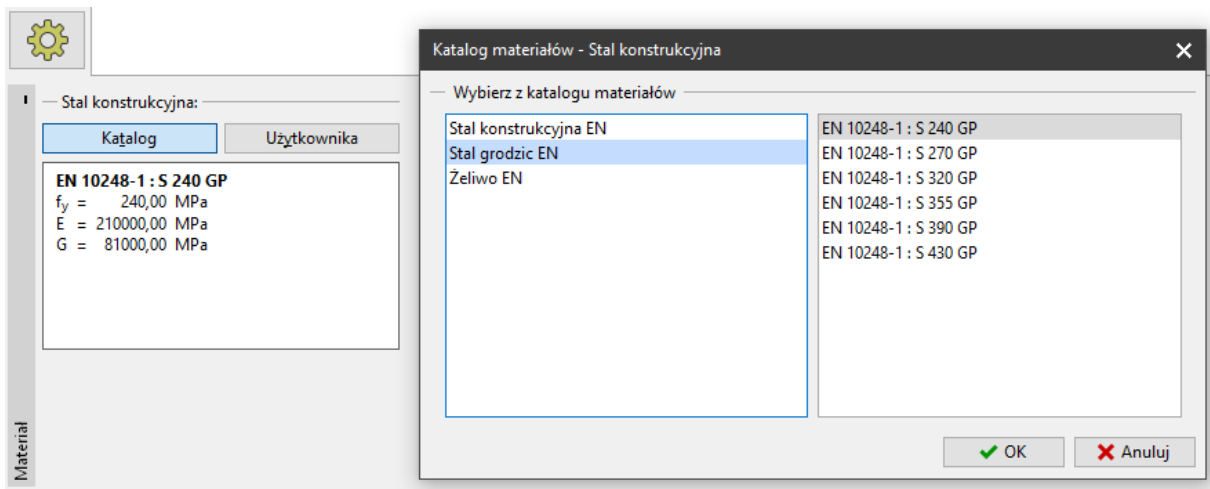
Następnie przejdź do ramki "Moduł  $k_h$ " i wybierz opcję "wyznacz - Schmitt". Wybrana metoda wyznaczania modułu reakcji podłoża wykorzystuje związek pomiędzy modułem edometrycznym a sztywnością konstrukcji. (Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).



Ramka "Moduł  $k_h$ "

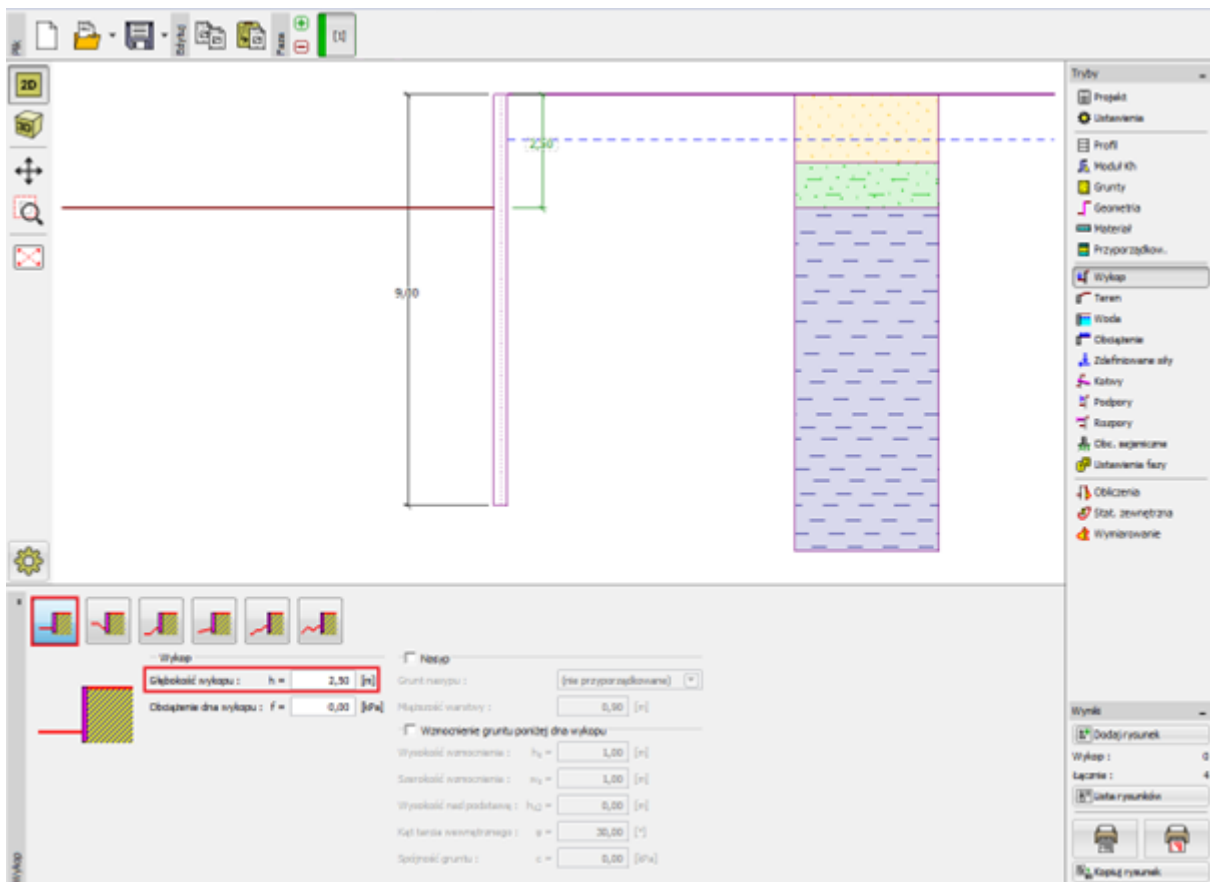
*Uwaga: Moduł reakcji podłoża jest istotnym parametrem wejściowym podczas obliczania konstrukcji metodą parć zależnych (nieliniowy model sprężysto-plastyczny). Moduł  $k_h$  ma wpływ na deformację konstrukcji, która jest niezbędna do osiągnięcia parcia czynnego lub biernego. Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).*

Przejdź do ramki "Materiał" i wybierz z katalogu materiałów stal konstrukcyjną ścianki z grodzic. W tym przypadku wybierz klasę stali **EN 10248-1: S 240 GP**.



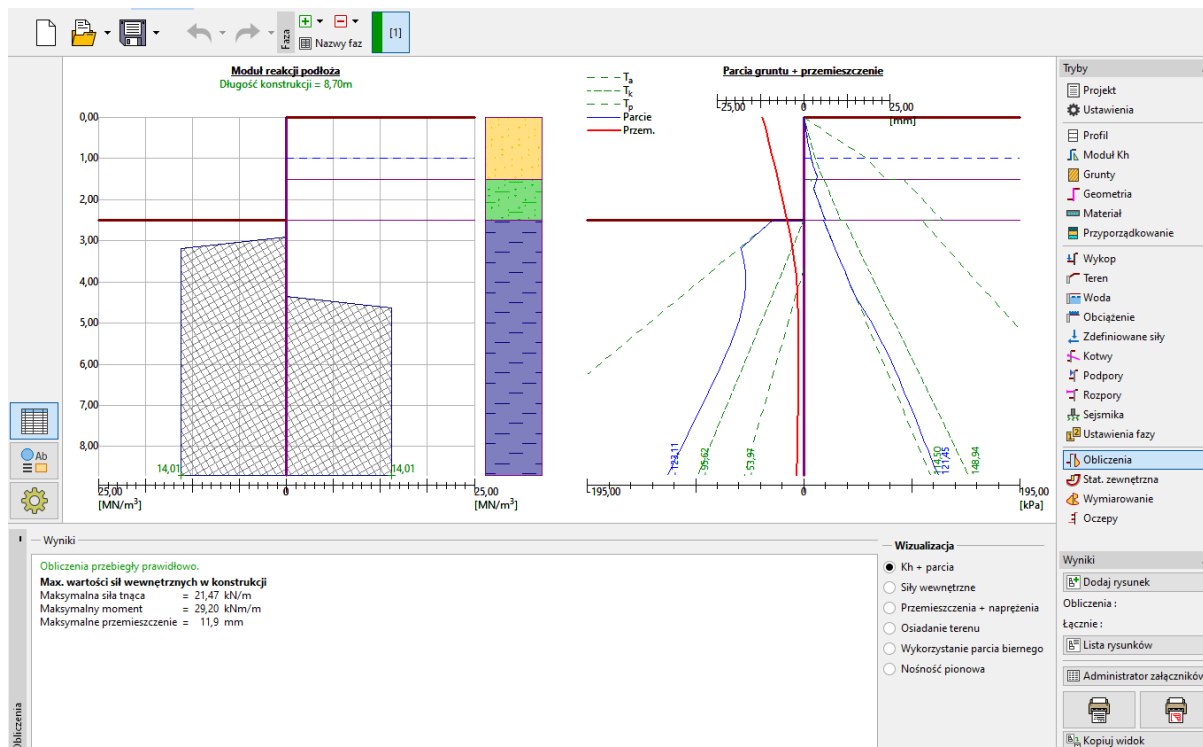
Okno dialogowe "Katalog materiałów"

Przejdź do ramki "Wykop" i wybierz kształt dna wykopu oraz wprowadź jego głębokość w pierwszej fazie budowy jako 2,5 m poniżej korony ściany.



Ramka "Wykop" – Faza budowy nr 1

Następnie przejdź do ramki "Obliczenia". Lewa część ramki zawiera wykres modułów reakcji podłoża; w prawej części pokazane są: kształt zdeformowanej konstrukcji, rzeczywiste i graniczne wartości parć gruntu oraz wykres przemieszczeń. (Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).



Ramka "Obliczenia" – Faza budowy nr 1

## Faza 2

Dodaj nową (drugą) fazę budowy zgodnie z poniższym opisem. W tej fazie zdefiniujemy kotwienie obudowy wykopu. Nie wprowadzamy zmian w ramach "Ustawienia", "Profil", "Moduł Kh", "Grunty" oraz "Geometria", gdyż dane są takie same dla wszystkich faz budowy.

Otwórz ramkę "Kotwy" i wybierz przycisk "Dodaj". Dodaj poziom kotwienia na głębokości 1,5m poniżej powierzchni terenu. Nie określimy rodzaju kotew, ponieważ wymiarowanie kotew nie jest celem naszego zadania. Zdefiniuj następujące parametry kotew:

- długość całkowita kotew:  $l_c = 10$  m (długość buławy  $l_k = 3$  m, długość wolna  $l = 7$  m)
- kąt nachylenia kotew do poziomu:  $\alpha = 15^\circ$
- rozstaw kotew:  $b = 2,5$  m

Następnie wprowadź dane niezbędne do określenia sztywności kotew (średnica  $d = 32$  mm oraz moduł sprężystości podłużnej  $E = 210$  GPa) oraz siłę wstępnego sprężenia o wartości  $F = 240$  kN.

Rodzaj kotew : nie zdefiniowany

Nazwa : Anchor 1

— Parametry kotwy —

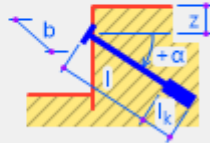
Głębokość :  $z =$  1,50 [m]

Długość wolna :  $l =$  7,00 [m]

Długość buławy :  $l_k =$  3,00 [m]

Nachylenie :  $\alpha =$  15,00 [°]

Rozstaw :  $b =$  2,50 [m]



— Sztywność —

Sposób definiowania : definiuj średnicę

Średnica :  $d_s =$  32,0 [mm]

Moduł sprężystości :  $E =$  210000,00 [MPa]

Siła sprężenia wstępnego :  $F =$  240,00 [kN]

OK + ↑

OK + ↓

✓ OK

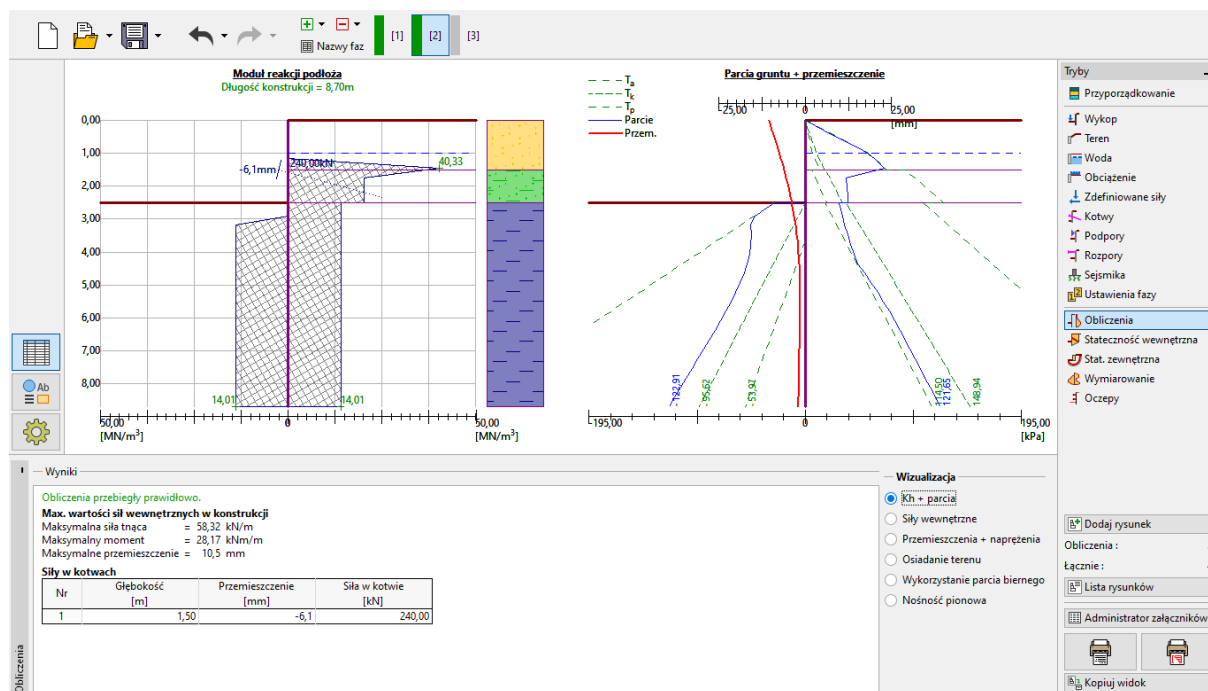
✗ Anuluj

Okno dialogowe "Nowa kotew"

*Uwaga: W przypadku ścian kotwionych zaleca się wprowadzanie kotew i głębienia wykopu w odrębnych fazach budowy. Powodem takiego postępowania jest iteracyjne obliczanie modułu reakcji podłoża – modelowanie kotew i głębienia wykopu w jednej fazie budowy może prowadzić do niestabilności obliczeniowej i braku rozwiązania.*

*Uwaga: Sztywność kotwy mobilizuje się w kolejnych fazach budowy. Odształcenie konstrukcji obudowy powoduje zmianę sił normalnych w kotwach. (Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).*

Pozostałe dane wejściowe nie uległy zmianie. Przeprowadź obliczenia obudowy wykopu.

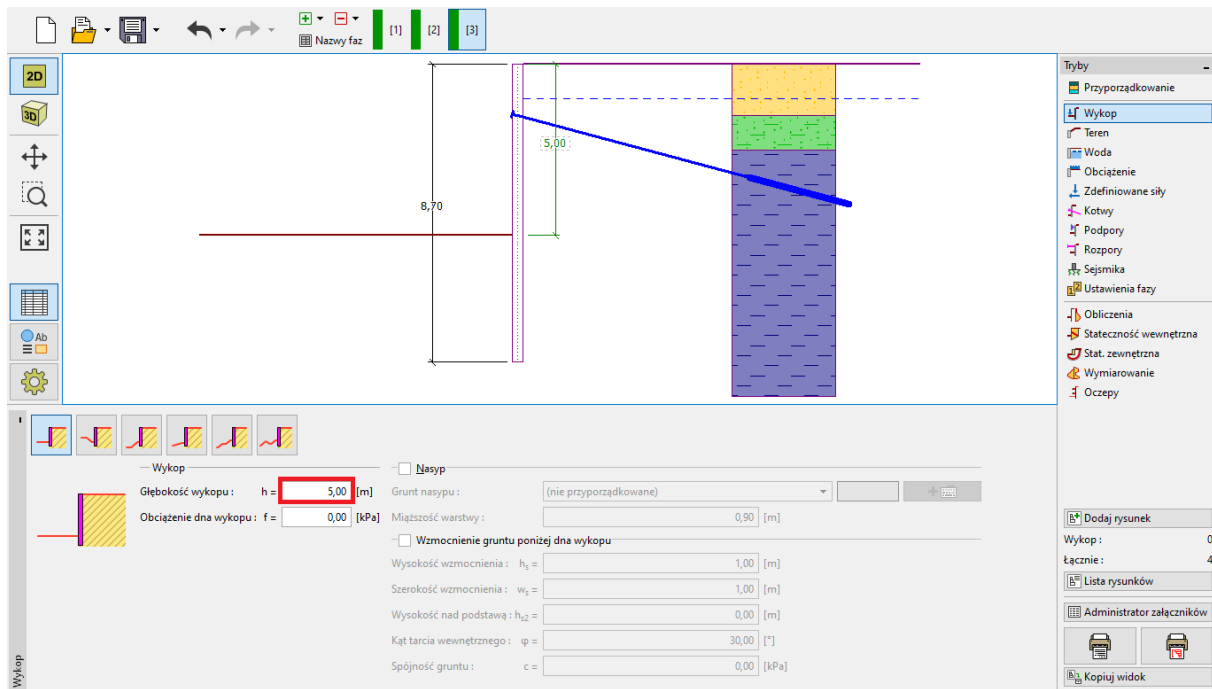


Ramka "Obliczenia" – Faza budowy nr 2

Wprowadzona kotew spowodowała redukcję przemieszczeń obudowy od gruntu, powodując tym samym wciśnięcie ściany z grodzic w grunt względem pierwszej fazy budowy. Parcie gruntu w pobliżu kotwy osiągnęło wartość parcia biernego lub nastąpiła redystrybucja parcia powodująca zwiększenie parcia działającego na konstrukcję.

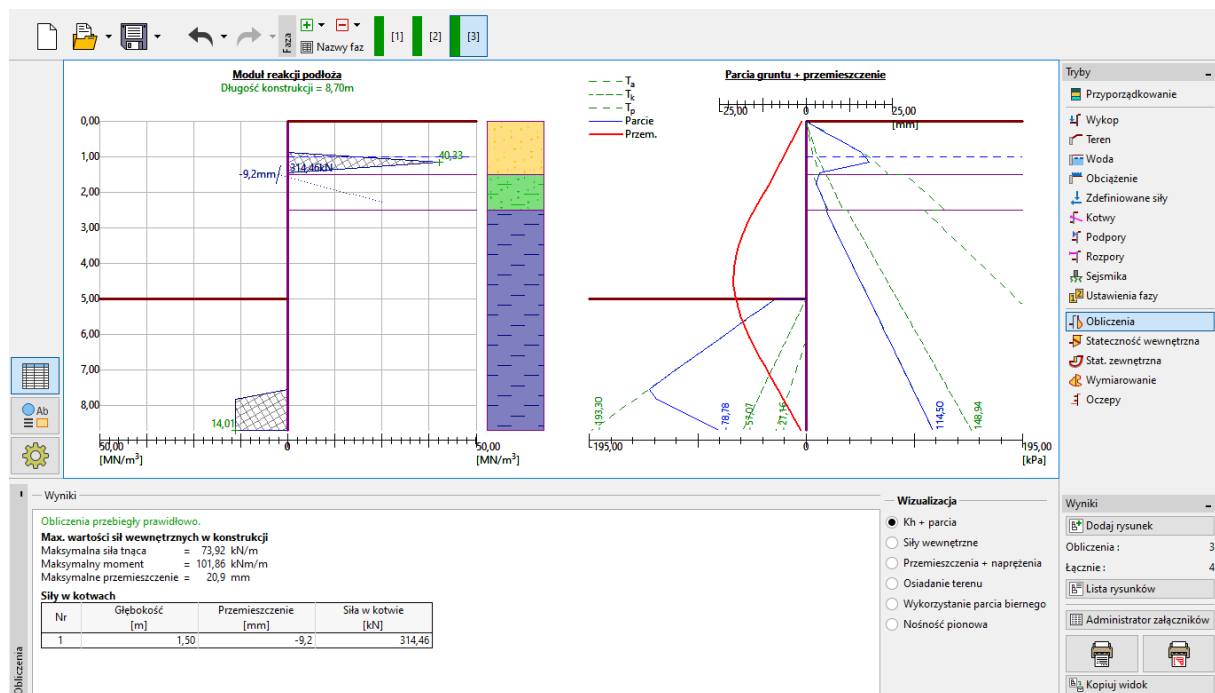
### Faza 3

W tej fazie budowy zdefiniujemy docelową głębokość wykopu. Przejdź do ramki "Wykop" i zmień głębokość wykopu na docelową, równą 5,0 m poniżej poziomu terenu.

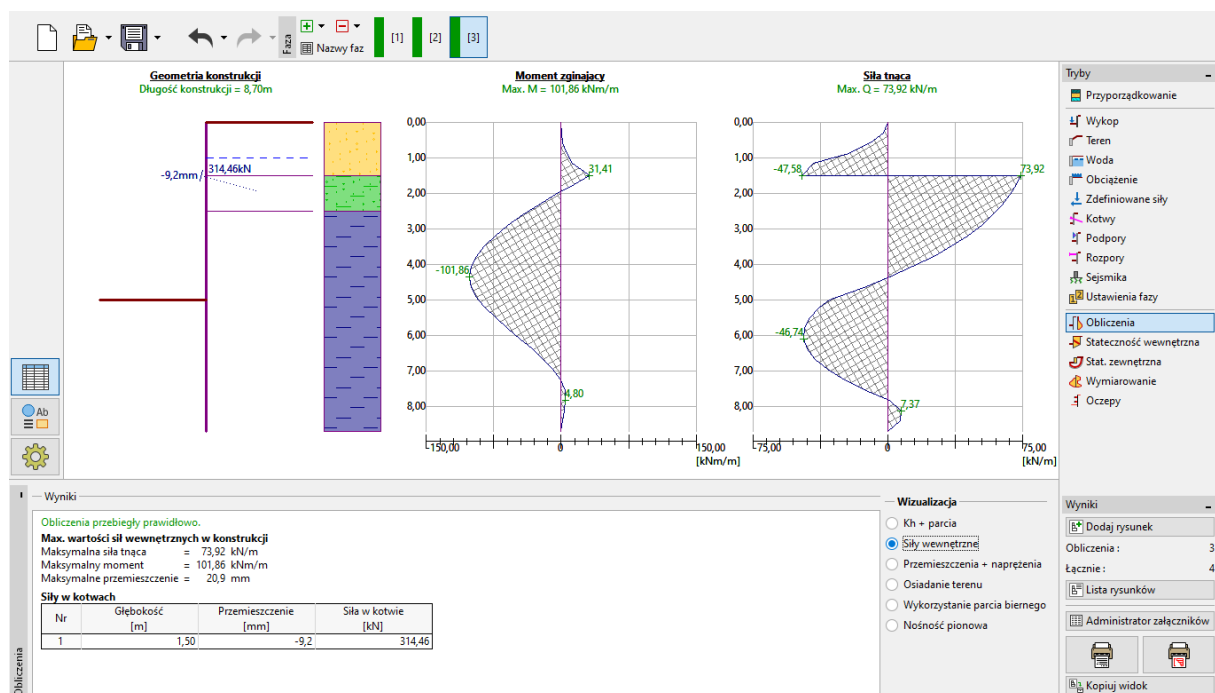


*Ramka "Wykop" – Faza budowy nr 3*

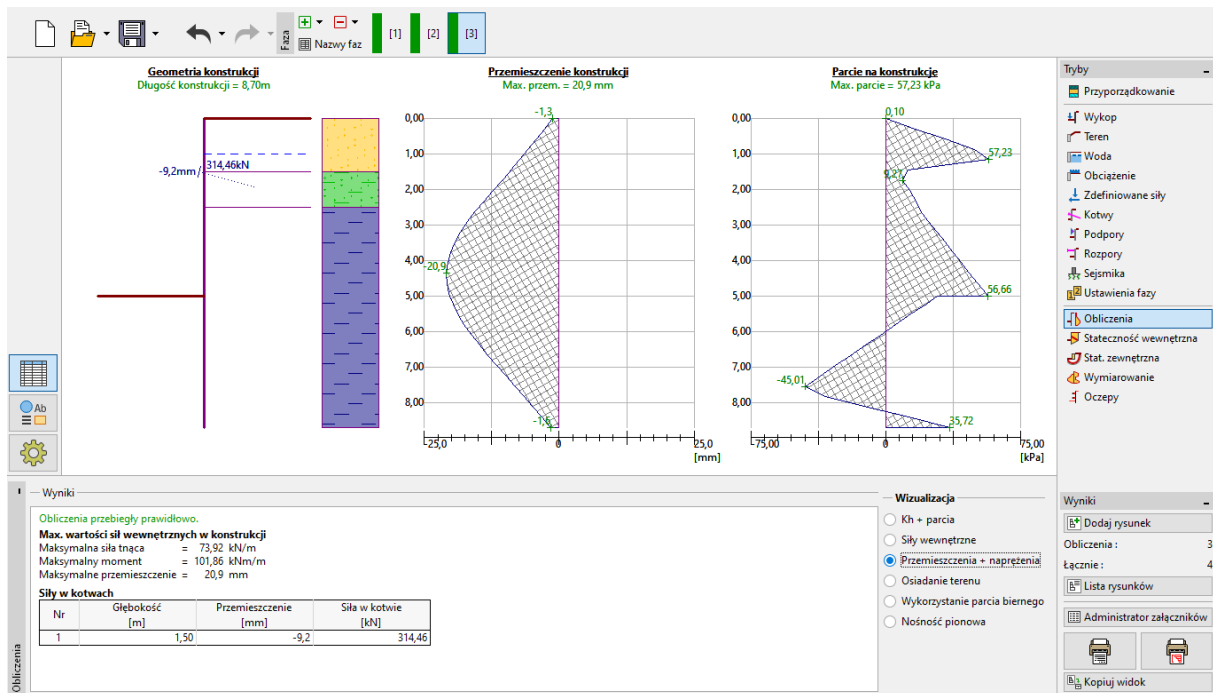
Następnie przeprowadź obliczenia, aby wyświetlić wykresy sił wewnętrznych i przemieszczeń konstrukcji w tej fazie.



Ramka "Obliczenia" – Faza budowy nr 3



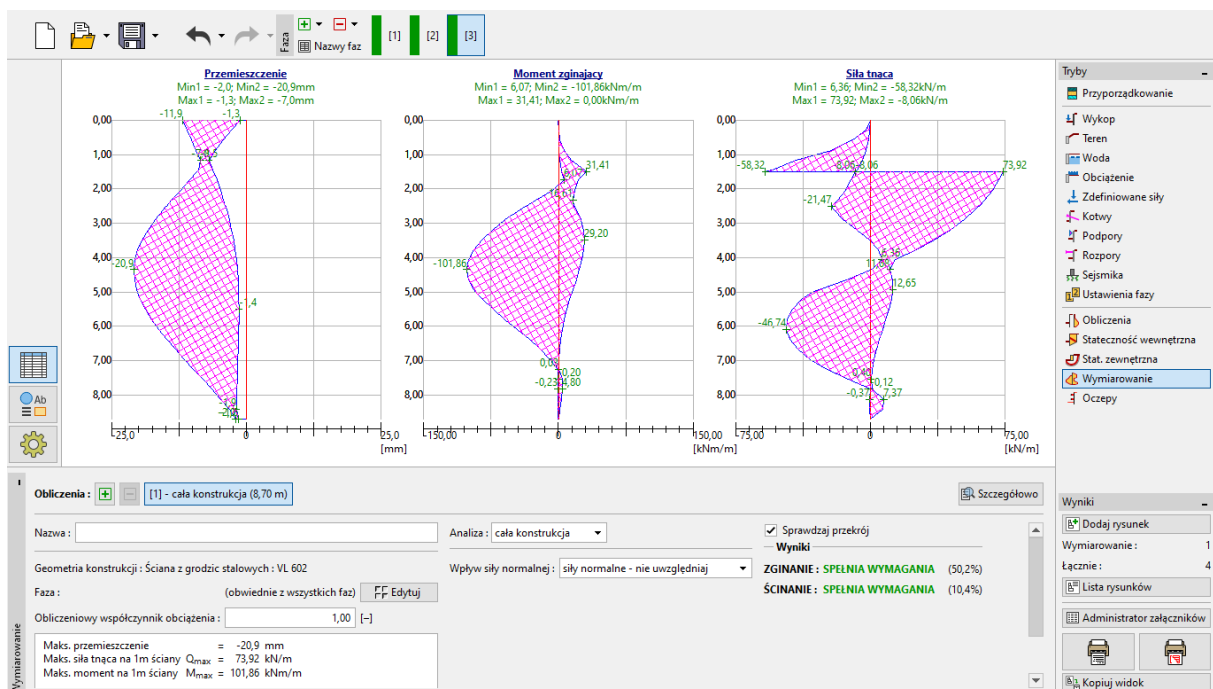
Ramka "Obliczenia" – Faza budowy nr 3 (Siły wewnętrzne)



Ramka "Obliczenia" – Faza budowy nr 3 (Przemieszczenia i naprężenia)

## Wymiarowanie konstrukcji ściany z grodzic stalowych

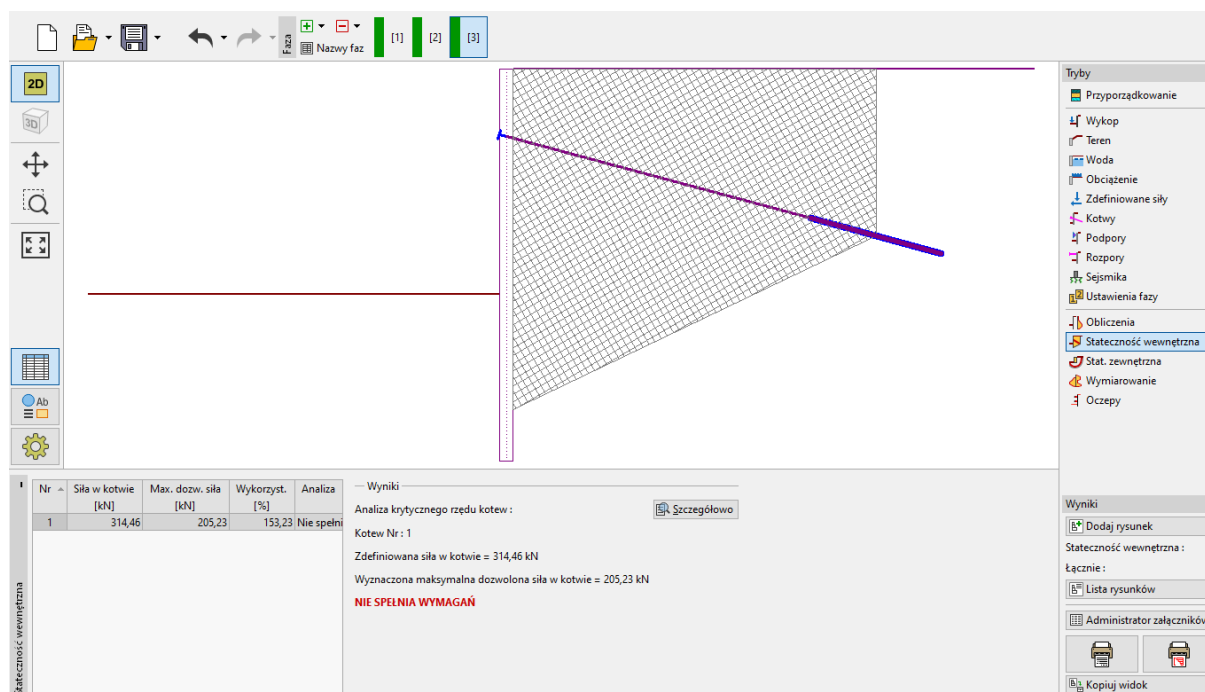
Następnie przejdź do ramki "Wymiarowanie". Maksymalny moment zginający występujący w konstrukcji wynosi 101,86 kNm/m. Wykorzystanie nośności ściany wykonanej z profili VL 602 wykonanej ze stali EN 10248-1: S 240 GP wynosi 50,2 %. Maksymalne przemieszczenie konstrukcji (20,9 mm) także spełnia wymagania projektowe.



Ramka "Obliczenia" – Faza 3 (Wykorzystanie nośności ścianki szczelnej)

## Sprawdzenie stateczności wewnętrznej układu kotew

W celu sprawdzenia stateczności wewnętrznej układu ściana-kotew-grunt przejdź do ramki "Stateczność wewnętrzna". Stateczność wewnętrzna układu kotew nie spełnia wymagań (wykorzystanie wynosi **153,23 %**), co oznacza, że mogłoby dojść do wyrwania kotwy z bloku gruntu.



*Ramka "Stateczność wewnętrzna" – Faza budowy nr 3 (stateczność układu nie spełnia wymagań)*

Przyczyną braku stateczności wewnętrznej układu kotew jest zbyt mała długość kotwy. Przejdź do ramki "Kotwy" (w drugiej fazie budowy) i zwiększ długość wolną ciągną do wartości 9,5 m, co daje łączną długość kotwy 12,5m.

Edycja kotwy

×

Rodzaj kotew : 

nie zdefiniowany

Nazwa : 

Anchor 1

— Parametry kotwy —

Głębokość :  $z =$ 

1,50

 [m]

Długość wolna :  $l =$ 

9,5

 [m]

Długość buławy :  $l_k =$ 

3,00

 [m]

Nachylenie :  $\alpha =$ 

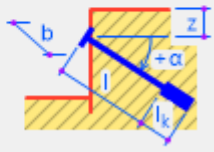
15,00

 [°]

Rozstaw :  $b =$ 

2,50

 [m]



— Sztywność —

Sposób definiowania : 

definiuj średnicę

Średnica :  $d_s =$ 

32,0

 [mm]

Moduł sprężystości :  $E =$ 

210000,00

 [MPa]

Siła sprężenia wstępnego :  $F =$ 

240,00

 [kN]

OK + ↑

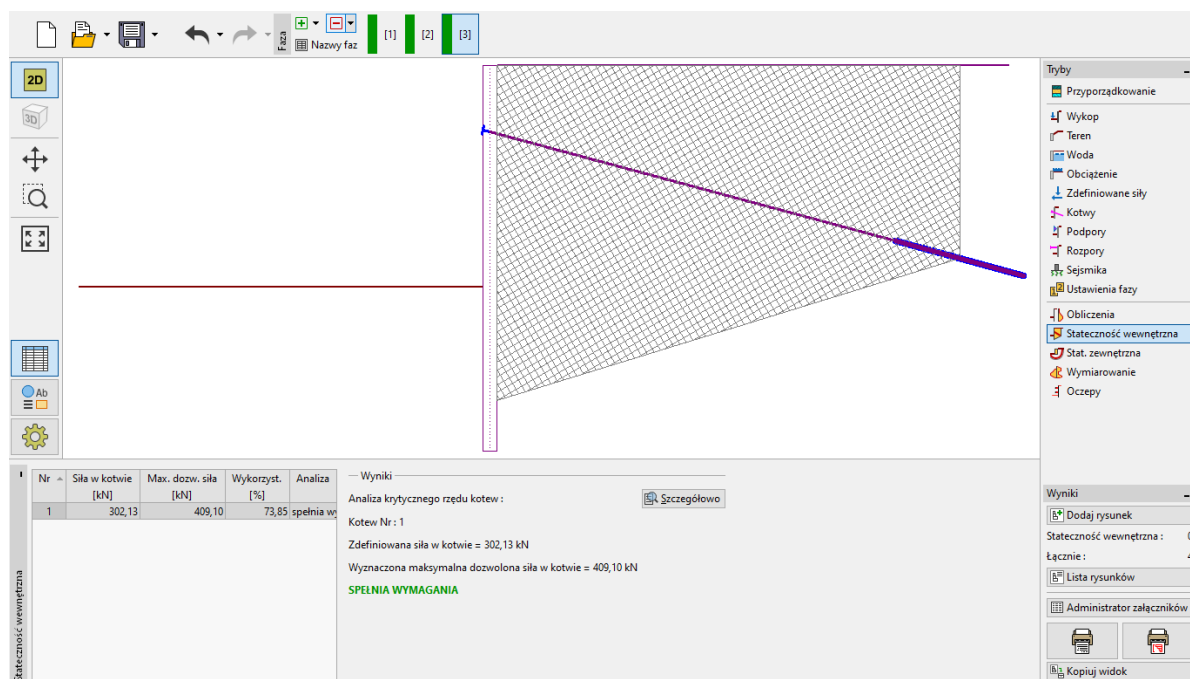
OK + ↓

✓ OK

✗ Anuluj

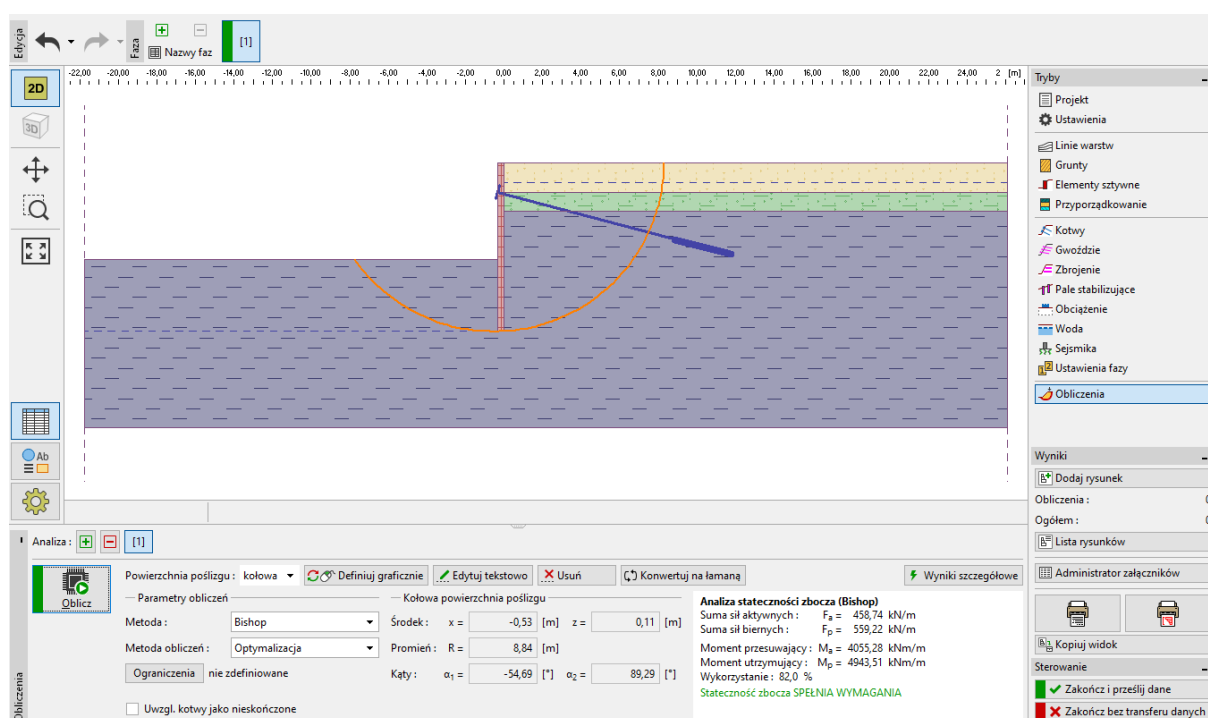
Okno dialogowe "Edycja kotwy" – faza budowy nr 2

Następnie przejdź do trzeciej fazy budowy, przeprowadź ponowne obliczenia fazy i przejdź do ramki „Stateczność wewnętrzna”. Stateczność wewnętrzna układu kotew po przeprojektowaniu jest zachowana (wykorzystanie wynosi **87,92 %**), co przedstawia poniższy rysunek.



Ramka "Stateczność wewnętrzna" – Faza budowy nr 3 (stateczność spełnia wymagania)

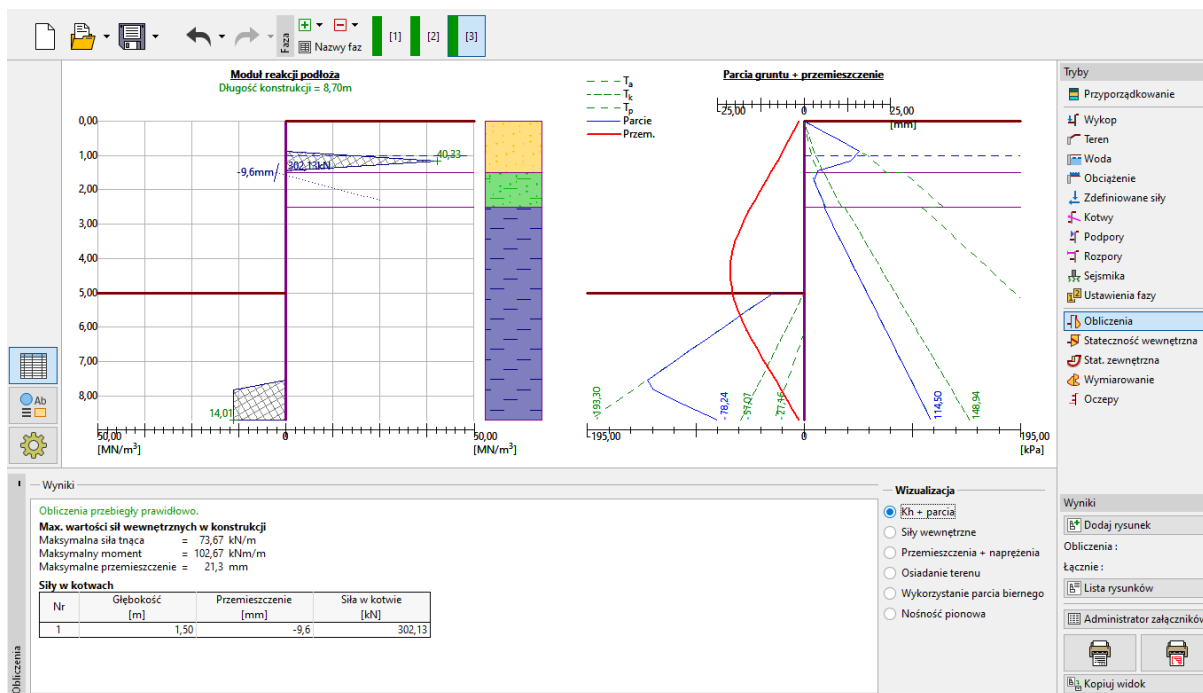
Ostatnią czynnością do wykonania jest sprawdzenie stateczności ogólnej konstrukcji. Wybierz przycisk "Stateczność zewnętrzna", co spowoduje uruchomienie programu Stateczność zbocza. Przejdź do ramki "Obliczenia" i naciśnij przycisk "Oblicz". Stateczność zewnętrzna (ogólna) konstrukcji jest zachowana. Po wykonaniu obliczeń opuść program Stateczność zbocza klikając „Zakończ i prześlij dane”, w ten sposób wyniki analizy stateczności zostaną przekazane do raportu z obliczeń w programie Ściana analiza.



Ramka "Stateczność zewnętrzna" – wyniki analizy

## Wyniki obliczeń

Podczas zmiany długości kotew na  $l_c = 12,5$  m zmianie uległy wartości sił wewnętrznych, przemieszczeń oraz parć gruntu. Ostateczne wyniki obliczeń w trzeciej fazie budowy przedstawiono poniżej:



Ramka „Obliczenia” – Faza budowy nr 3 (po zmianie długości wolnej kotew)

Zaprojektowana obudowa wykopu w postaci ściany z grodzic stalowych spełnia wszystkie wymagania:

- |                           |                |  |
|---------------------------|----------------|--|
| – Wykorzystanie grodzic:  | <b>50,6 %</b>  | <b>OK</b>                                |
| – Stateczność wewnętrzna: | <b>73,85 %</b> | <b>OK</b>                                |
| – Stateczność ogólna:     | <b>82,0 %</b>  | Metoda Bishopa (optymalizacja) <b>OK</b> |