

Zapora ziemna – analiza przepływu nieustalonego

Program: MES - przepływ wody

Plik powiązany: Demo_manual_33.gmk

Wprowadzenie

Niniejszy Przewodnik przedstawia zastosowanie programu GEO5 MES, modułu Przepływ wody do obliczania nieustalonego (zmiennego w czasie) przepływu wody przez jednorodną zaporę ziemną. Geometria oraz parametry materiałowe są identyczne jak w zadaniu w *Przewodniku Inżyniera nr 32 Analiza przepływu ustalonego*. W tym przypadku będziemy jednak definiować i analizować zmienność granicy nasycenia w czasie. Przedmiotowa analiza pozwoli na określenie położenia i kształtu granicy nasycenia, rozkładu ciśnienia porowego, prędkości przepływu wody oraz całkowitego przepływu wody na krawędziach modelu w ściśle określonych chwilach czasu.

Opis zadania

Do obliczeń przyjmij zaporę opisaną w *Przewodniku Inżyniera nr 32 Analiza przepływu ustalonego*. Określić położenie i kształt granicy nasycenia w następujących chwilach czasu: 1 godzina, 1 dzień, 7 dni, 3 miesiące oraz 1 rok po nagłym podniesieniu poziomu wody w zbiorniku z 2 do 9 m. Określić czas, po którym osiągnięty zostanie stan przepływu ustalonego wody.

Obliczenia – wprowadzanie danych wejściowych

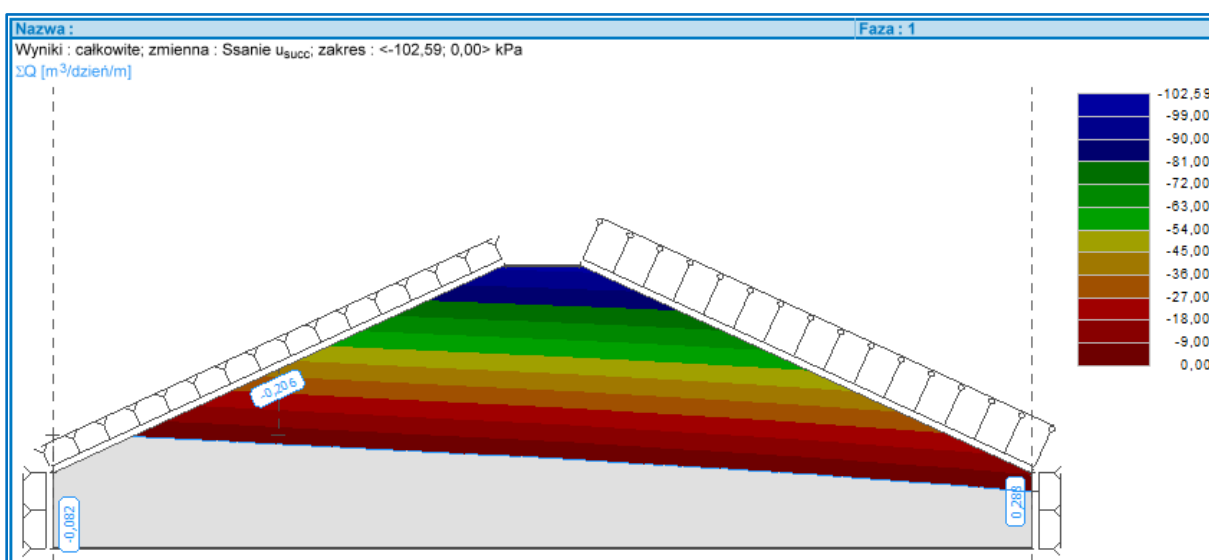
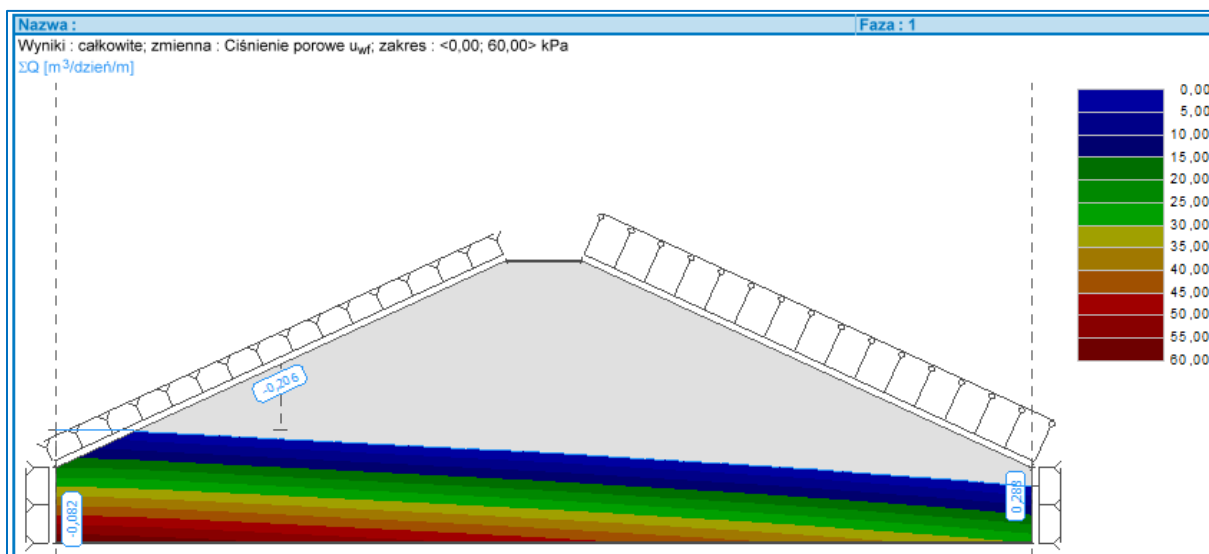
Podczas definiowania geometrii oraz parametrów materiałowych skorzystamy z pliku przykładowego Demo_manual_32.gmk i wybierzemy opcję *Przepływ nieustalony* w ramce Topologia->Ustawienia. Zaznaczmy ponadto opcję *Umożliwaj definiowanie wody w 1. fazie z zastosowaniem obliczeń przepływu ustalonego*.

Faza obliczeń nr 1 – początkowy poziom wody 2 m powyżej dna zbiornika

W przeciwieństwie do analizy przepływu ustalonego interesuje nas zmienność pewnych wartości w czasie w stosunku do zdefiniowanego stanu początkowego. Stan początkowy musi zostać określony przed przeprowadzeniem obliczeń przepływu nieustalonego. Wybierając opcję *Umożliwaj definiowanie wody w 1. fazie z zastosowaniem obliczeń przepływu ustalonego* otrzymujemy możliwość uzyskania początkowego rozkładu ciśnienia porowego w gruncie zarówno poniżej (ciśnienie porowe), jak i powyżej (ssanie) granicy nasycenia poprzez przeprowadzenie obliczeń przepływu ustalonego w fazie obliczeniowej nr 1.

Warunki brzegowe w fazie obliczeniowej nr 1 – analiza przepływu ustalonego

Warunki brzegowe, podobnie jak i wyniki obliczeń w fazie obliczeniowej nr 1, są identyczne jak w fazie nr 1 przykładu Demo_manual_32.gmk. Początkowy rozkład ciśnienia porowego oraz ssania przedstawiono na poniższych dwóch rysunkach.



Rozkład ciśnienia porowego oraz ssania (ciśnienia porowego powyżej granicy nasycenia) w fazie obliczeniowej nr 1 – początkowy stan ustalony

Faza obliczeń nr 2 – poziom wody podniesiony do 9 m powyżej dna zbiornika

Wysokość zwierciadła wody w zbiorniku w fazie obliczeniowej nr 2 podniesiona zostanie w sposób gwałtowny do poziomu 9 m powyżej dna zbiornika. Zadane warunki brzegowe nie ulegają zmianie. Należy jedynie zmienić zdefiniowaną wartość ciśnienia porowego dla odwodnej powierzchni zapory podwyższając poziom zwierciadła wody gruntowej z 2 m do 9 m powyżej powierzchni terenu.

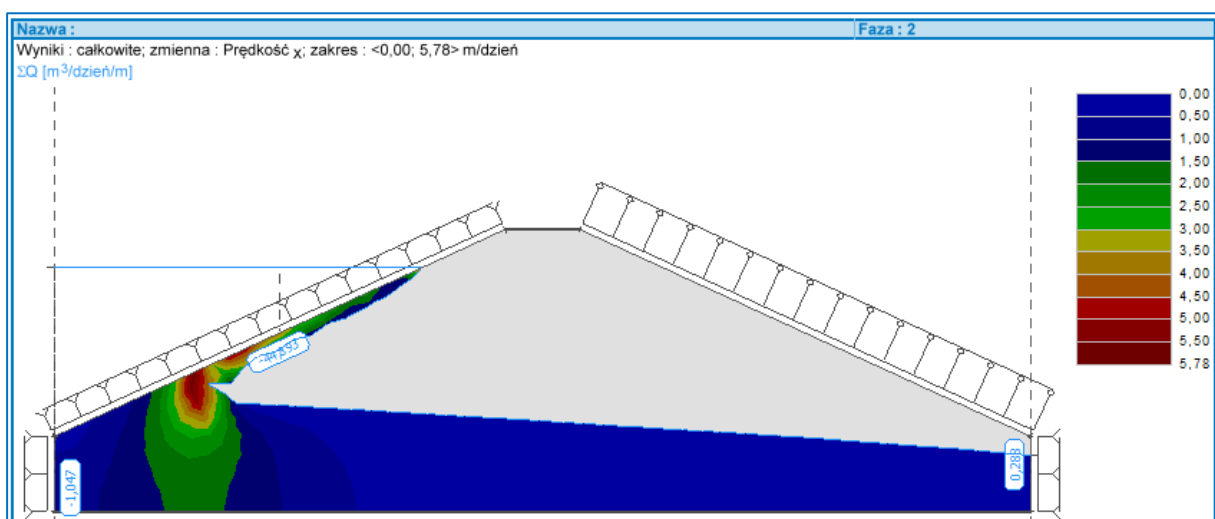
Ustawienia kroku czasowego

Przed uruchomieniem obliczeń przepływu nieustalonego należy określić *czas trwania fazy* oraz sposób wprowadzania warunków brzegowych do analizy. W analizowanym przypadku należy ustawić *czas trwania fazy* o wartości $t = 1 \text{ godzina} = 0.04167 \text{ dnia}$ (patrz Obliczenia-Ustawienia). Warunki brzegowe przepływu mają zostać *wprowadzone na początku fazy*.

Uwaga: Program GEO5 MES – Przepływ wody pozwala na wprowadzanie warunków brzegowych bezpośrednio na początku danej fazy lub przyrostowo w sposób liniowy w czasie podczas obliczania fazy. W tym przypadku wybierzemy pierwszą opcję odpowiadającą gwałtownemu przyrostowi poziomu wody w zbiorniku.

Wyniki – faza obliczeń nr 2

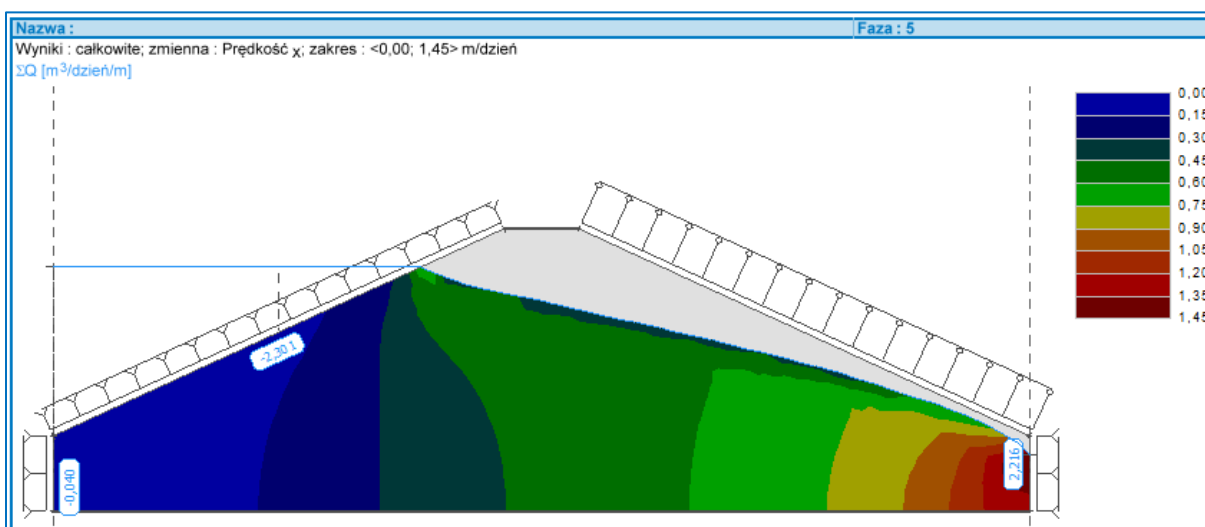
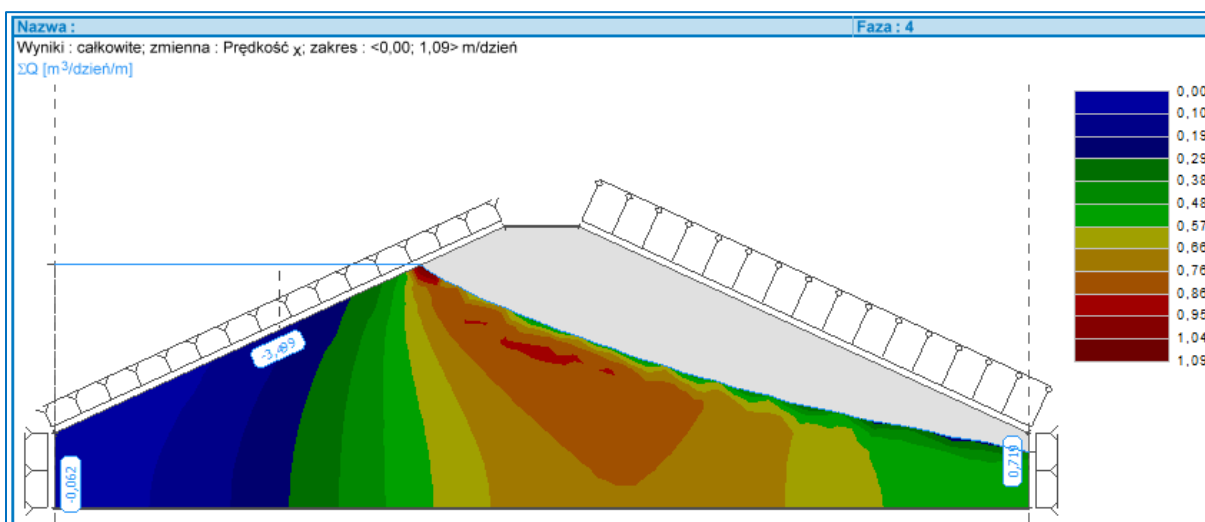
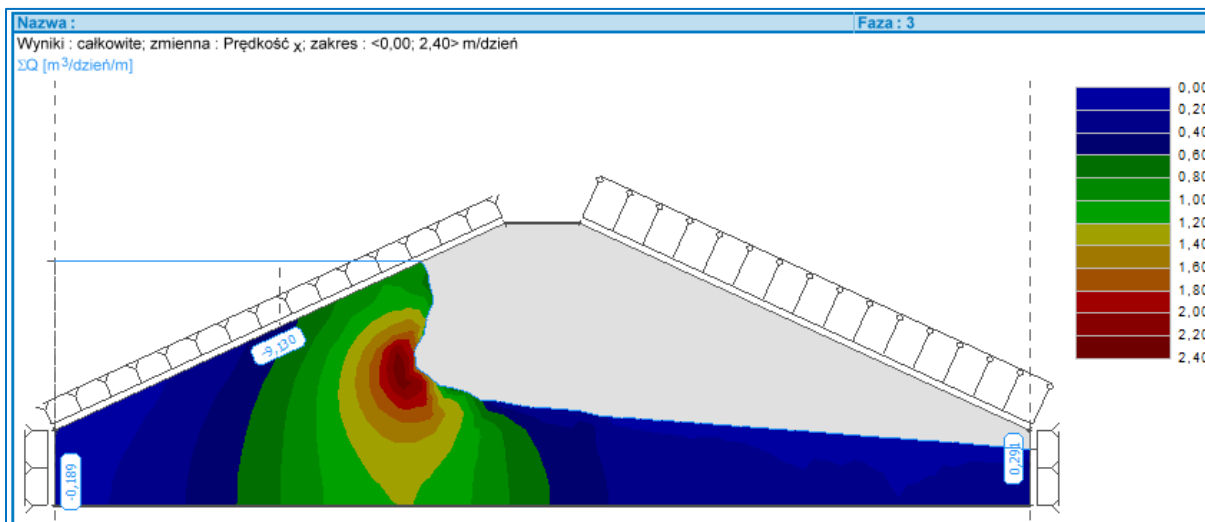
Analizując przedstawiony poniżej rysunek, obserwujemy, że w tak krótkim czasie nie został osiągnięty stan przepływu ustalonego. Zamiast tego, zwierciadło wody utożsamiane z granicą nasycenia przesunęło się 1m w kierunku wnętrza zapory. Różnica pomiędzy napływem wody ($1.05 + 44.89 \text{ m}^3/\text{den}/\text{m}$) a jej wypływem z zapory ($0.29 \text{ m}^3/\text{den}/\text{m}$) wskazuje na wysoki współczynnik filtracji gruntu.

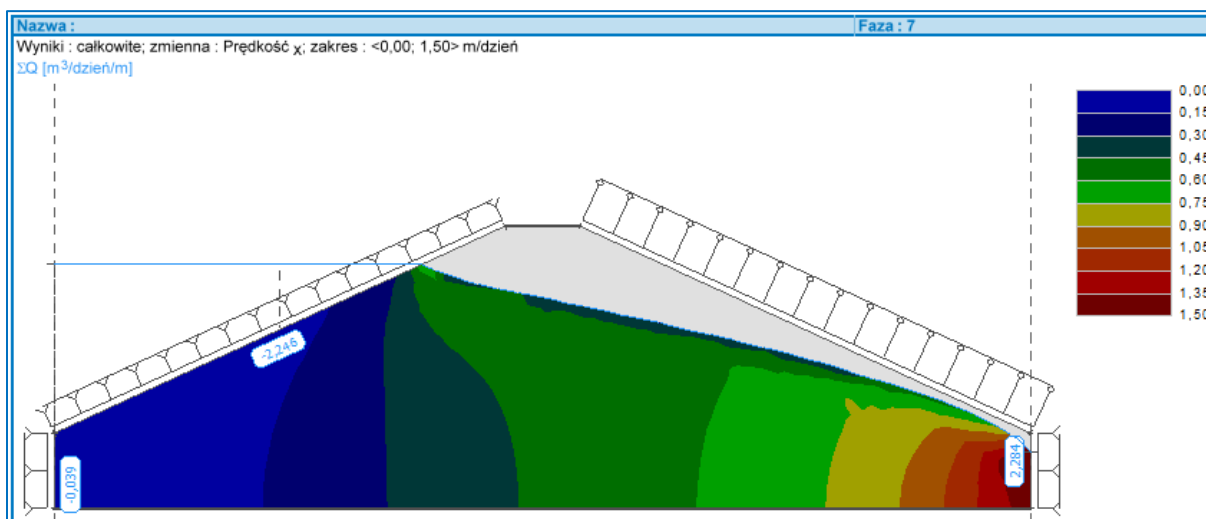
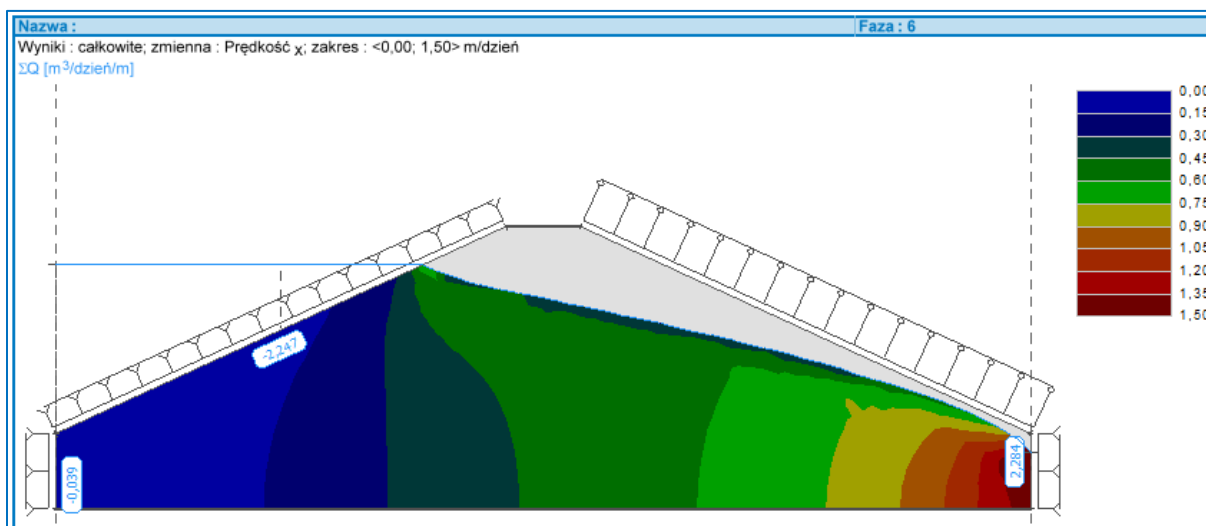


Rozkład prędkości przepływu wody w kierunku poziomym godzinę po gwałtownym podniesieniu poziomu wody w zbiorniku

Kolejne fazy obliczeniowe

Warunki brzegowe w kolejnych fazach obliczeniowych nie ulegają zmianie. W fazach 3 – 7 uzyskamy wyniki obliczeń kolejno dla 1 dnia, 7 dni, 28 dni, 90 dni oraz 365 dni. Czas podany na końcu każdej fazy odpowiada sumie przedziałów czasowych dla wszystkich poprzedzających faz. Czas trwania fazy należy zatem wprowadzić jako 0.9583 dni dla fazy nr 3, 6 dni dla fazy nr 4, 21 dni dla fazy nr 5 oraz 62 dni dla fazy nr 6. Dla ostatniej fazy obliczeniowej nr 7 należy wprowadzić czas trwania 275 dni. Zmienność granicy nasycenia na końcu poszczególnych faz przedstawiono na poniższych rysunkach.





Kształt granicy nasycenia oraz rozkład prędkości przepływu wody w kierunku poziomym w fazach obliczeniowych 3 – 7

Przedstawione powyżej rysunki wyraźnie pokazują brak istotnych zmian w kształcie i położeniu granicy nasycenia w trzech ostatnich fazach obliczeniowych. Należy ponadto zauważyć, że jej charakterystyka praktycznie odpowiada warunkom przepływu ustalonego, co jest dodatkowo poparte porównaniem objętości wody napływającej i wypływającej z przekroju zapory. Przedstawiona poniżej tabela pokazuje, że podczas początkowych faz obliczeniowych infiltracja wody postępuje stosunkowo szybko, a równowaga między napływem a wypływem (warunki przepływu ustalonego) osiągnięta jest w przedziale czasowym między 28 a 90 dniami po podniesieniu poziomu wody w zbiorniku.

Ilość wody napływająca oraz wypływająca z przekroju zapory w zależności od czasu

Czas	Napływ [m ³ / dzień /m]	Wypływ [m ³ / dzień /m]	Różnica [m ³ /dzień/m]
1 godzina	45.94	0.288	45.652
1 dzień	9.319	0.291	9.028
7 dni	3.561	0.719	2.842
28 dni	2.341	2.216	0.125
90 dni	2.286	2.284	0.002
365 dni	2.285	2.284	0.001

Uwaga: Wyniki uzyskane w ostatnich dwóch fazach obliczeniowych można utożsamiać z warunkami przepływu ustalonego wody i jako takie są identyczne z wynikami otrzymanymi w Przewodniku Inżyniera nr 32 Analiza przepływu ustalonego, gdzie wartość napływu wody wynosi 2.284 m³/dzień/m i jest równa wypływowi wody z przekroju zapory.

Wnioski

Warunki przepływu ustalonego zostały osiągnięte po 90 dniach od momentu podniesienia poziomu wody w zbiorniku. Z praktycznego punktu widzenia warunki te zostały osiągnięte już po 28 dniach, gdyż po tym czasie położenie oraz kształt granicy nasycenia nie ulegały już dalszym istotnym zmianom.