

Obliczenia z zastosowaniem metody elementów skończonych

Topologia

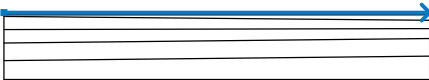
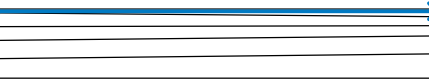
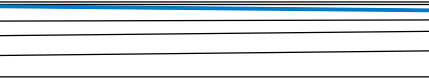
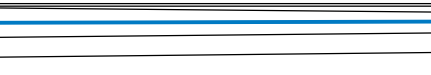
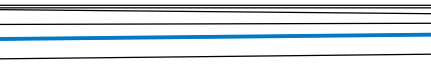

Projekt

Zadanie : Budowa zbiornika retencyjnego ZB 12 i przebudowa ul Zgodnej  
Część : Załącznik nr 2.1 - osiadanie dna  
Opis : Projekt posadowienia- załącznik 2.1  
Zamawiający : Gmina Dobra  
Autor : Stanisław Majer, Grzegorz Szmechel  
Data : 2025-08-28  
Numer zamówienia : 249/2024 - P-1234/2024.

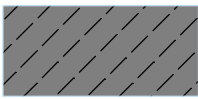



Globalne ustawienia obliczeń

Geometria zadania : Płaski stan odkształcenia  
Metoda obliczeń : Naprężenie  
Tunele : nie  
Umożliwiał definiowanie wody za pomocą analizy przepływu ustalonego : nie  
Umożliwiał analizę dynamiczną sejsmiki : nie  
Konstrukcje betonowe : EN 1992-1-1 (EC2)  
Obliczenie naprężenia geostatycznego (1. faza) : Naprężenie geostatyczne  
Zaawansowane parametry generowania siatki : nie  
Zaawansowane parametry gruntów : nie  
Zaawansowane modele gruntów : nie  
Wyniki szczegółowe : nie

Warstwa

Nr	Lokalizacja warstwy	Współrzędne punktów warstwy [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	34,28	45,00	34,28		
2		0,00	34,04	45,00	34,04		
3		0,00	33,88	45,00	33,48		
4		0,00	32,48	45,00	32,58		
5		0,00	31,08	45,00	31,54		
6		0,00	29,22	45,00	29,69		

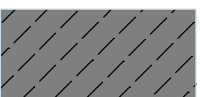



Parametry gruntów - dane podstawowe

Nr	Nazwa	Szrafura	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	E [MPa]	$\nu$ [-]
1	GH/Hm		16,00	0,20	0,27
2	T		11,00	0,20	0,27
3	Nm/Gy		11,00	0,90	0,22
4	Pd		18,00	30,00	0,32

## Parametry gruntów - dane na podstawie modelu

Nr	Model materiałowy	$c_{ef}$ [kPa]	$\phi_{ef}$ [°]	$\psi$ [°]
1	Drucker-Prager	10,00	10,00	0,00
2	Drucker-Prager	10,00	10,00	0,00
3	Drucker-Prager	10,00	15,00	0,00
4	Drucker-Prager	1,00	32,00	0,00

## Parametry gruntów - wypór

Nr	Nazwa	Szrafura	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	GH/Hm		18,00		
2	T		18,00		
3	Nm/Gy		18,00		
4	Pd		18,00		

## Parametry gruntu

## GH/Hm

Model materiałowy : Drucker-Prager  
 Ciężar objętościowy :  $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$   
 Współczynnik Poisson'a :  $\nu = 0,27$   
 Moduł sprężystości :  $E = 0,20 \text{ MPa}$   
 Zmiana modułu sprężystości :  $K_d = 0,05 \text{ MPa/m}$

Moduł odciążenie / dociążenie :  $E_{ur} = 0,40 \text{ MPa}$   
 Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} = 10,00^\circ$   
 Spójność gruntu :  $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$   
 Kąt dylatacji :  $\psi = 0,00^\circ$   
 Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

**T**

Model materiałowy : Drucker-Prager  
 Ciężar objętościowy :  $\gamma = 11,00 \text{ kN/m}^3$   
 Współczynnik Poisson'a :  $\nu = 0,27$   
 Moduł sprężystości :  $E = 0,20 \text{ MPa}$   
 Zmiana modułu sprężystości :  $K_d = 0,05 \text{ MPa/m}$   
 Moduł odciążenie / dociążenie :  $E_{ur} = 1,30 \text{ MPa}$   
 Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} = 10,00^\circ$   
 Spójność gruntu :  $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$   
 Kąt dylatacji :  $\psi = 0,00^\circ$   
 Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$


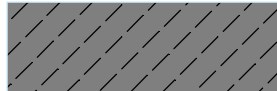
**Nm/Gy**


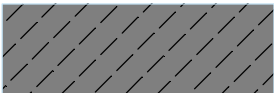
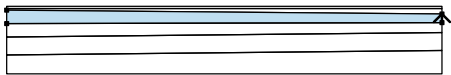

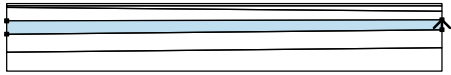

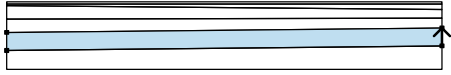

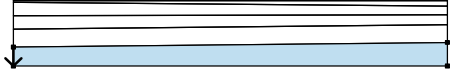

Model materiałowy : Drucker-Prager  
 Ciężar objętościowy :  $\gamma = 11,00 \text{ kN/m}^3$   
 Współczynnik Poisson'a :  $\nu = 0,22$   
 Moduł sprężystości :  $E = 0,90 \text{ MPa}$   
 Zmiana modułu sprężystości :  $K_d = 0,05 \text{ MPa/m}$   
 Moduł odciążenie / dociążenie :  $E_{ur} = 3,00 \text{ MPa}$   
 Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} = 15,00^\circ$   
 Spójność gruntu :  $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$   
 Kąt dylatacji :  $\psi = 0,00^\circ$   
 Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

**Pd**

Model materiałowy : Drucker-Prager  
 Ciężar objętościowy :  $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$   
 Współczynnik Poisson'a :  $\nu = 0,32$   
 Moduł sprężystości :  $E = 30,00 \text{ MPa}$   
 Zmiana modułu sprężystości :  $K_d = 2,00 \text{ MPa/m}$   
 Moduł odciążenie / dociążenie :  $E_{ur} = 60,00 \text{ MPa}$   
 Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} = 32,00^\circ$   
 Spójność gruntu :  $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$   
 Kąt dylatacji :  $\psi = 0,00^\circ$   
 Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

**Przyporządkowanie i powierzchnie**

Nr	Lokalizacja powierzchni	Współrzędne punktów powierzchni [m]				Przyporządkowany grunt
		x	z	x	z	
1		45,00	34,04	45,00	34,28	GH/Hm
		0,00	34,28	0,00	34,04	
						

Nr	Lokalizacja powierzchni	Współrzędne punktów powierzchni [m]				Przyporządkowany grunt
		x	z	x	z	
2		45,00	33,48	45,00	34,04	GH/Hm 
		0,00	34,04	0,00	33,88	
3		45,00	32,58	45,00	33,48	T 
		0,00	33,88	0,00	32,48	
4		45,00	31,54	45,00	32,58	T 
		0,00	32,48	0,00	31,08	
5		45,00	29,69	45,00	31,54	Nm/Gy 
		0,00	31,08	0,00	29,22	
6		0,00	29,22	0,00	27,22	Pd 
		45,00	27,22	45,00	29,69	

## Generacja siatki

### Parametry generacji siatki

Długość boku elementu : 0,50 [m]  
 Wygładzanie siatki : tak  
 Generuj elementy wielowęzłowe : tak

### Wynik generacji siatki

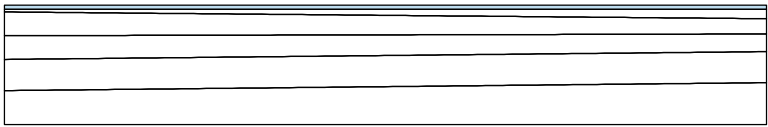
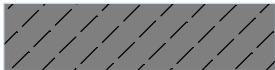

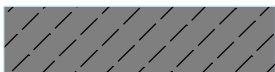
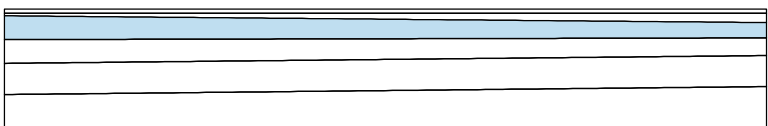

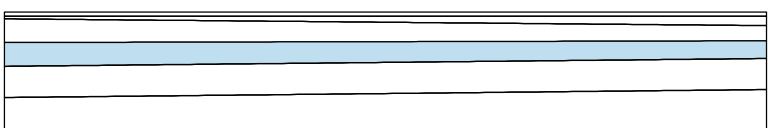

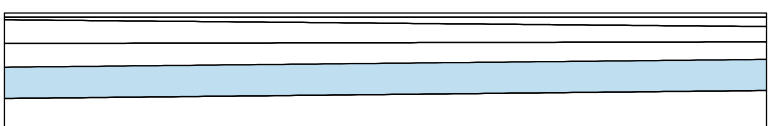

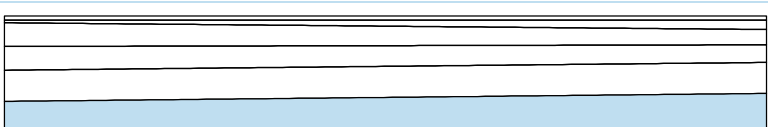

**Siatka elementów skończonych została wygenerowana prawidłowo.**

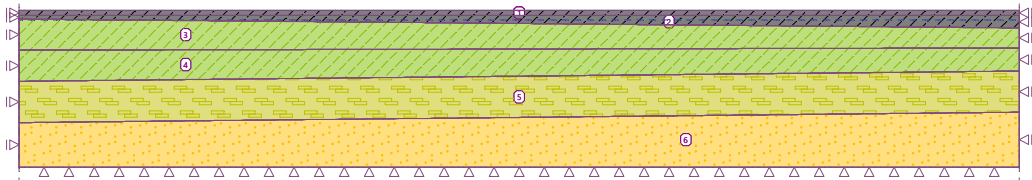
Liczba węzłów 8268

Liczba elementów 5331 (powierzchniowych 2687, belkowych 661, kontaktowych 1983)

## Dane wejściowe (Faza budowy 1)

## Przyporządkowanie i aktywacja

Nr	Obszar	Aktywny / nieaktywny	Przyporządkowany grunt
1		Aktywny	GH/Hm 
2		Aktywny	GH/Hm 
3		Aktywny	T 
4		Aktywny	T 
5		Aktywny	Nm/Gy 
6		Aktywny	Pd 

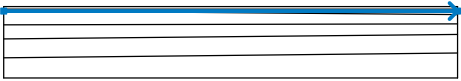
Nazwa : Przyporządkowanie	Faza : 1
	

## Podparcia liniowe

Nr	Lokalizacja	Podparcie	
		W kierunku X	W kierunku Z
A1	Linia siatki nr 17	utwierdzone	swobodne
A2	Linia siatki nr 15	utwierdzone	swobodne
A3	Linia siatki nr 12	utwierdzone	swobodne
A4	Linia siatki nr 9	utwierdzone	swobodne
A5	Linia siatki nr 6	utwierdzone	swobodne
A6	Linia siatki nr 3	utwierdzone	swobodne
A7	Linia siatki nr 19	utwierdzone	swobodne
A8	Linia siatki nr 14	utwierdzone	swobodne
A9	Linia siatki nr 11	utwierdzone	swobodne
A10	Linia siatki nr 8	utwierdzone	swobodne
A11	Linia siatki nr 5	utwierdzone	swobodne
A12	Linia siatki nr 1	utwierdzone	swobodne
A13	Linia siatki nr 18	utwierdzone	utwierdzone
A1 do A13 - automatycznie generowane warunki brzegowe.			

## Woda

Rodzaj wody : ZWG

Nr	Lokalizacja ZWG	Współrzędne punktów ZWG [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	33,84	45,00	33,84		

## Ustawienia obliczeń

### Naprężenie

Metoda : Newton - Raphson  
 Zmiana macierzy sztywn. : po każdej iteracji  
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku oblicz. : 100  
 Początkowy krok obliczeniowy : 0,25  
 Tolerancja błędu przemieszczenia : 0,0100  
 Tolerancja błędu niezrównoważonych sił : 0,0100  
 Tolerancja błędu energii : 0,0100  
 Uwzględniaj granice materiałowe : nie

### Plastyczność

Tolerancja błędu powrotu do pow. plast. : 0,00100  
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku plast. : 20

### Newton - Raphson

Stopień relaksacji kroku obliczeniowego : 2,00  
 Maksymalna liczba relaksacji kroku obliczeniowego : 2  
 Min. liczba relaksacji dla jednego kroku oblicz. : 1

### Line search

Metoda obliczeń : nie iteruj  
 Line search limit - minimum : 0,100  
 Line search limit - maksimum : 1,000

## Wyniki (Faza budowy 1)

**Obliczenia naprężeń zostały zakończone prawidłowo.**

Ustawienia obliczeń : domyślne

Osiągnięte obciążenie = 100,00 %

**Ekstrema****Naprężenie (ekstrema)**

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Naprężenie całkowite $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	4,31	34,28	-0,02	13,00	27,22	126,03
Naprężenie efektywne $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	4,31	34,28	-0,02	13,00	27,22	59,83
Naprężenie całkowite $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	3,69	34,28	-0,57	13,00	27,22	94,36
Naprężenie efektywne $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	3,69	34,28	-0,57	13,00	27,22	28,16
Naprężenie ścinające $\tau_{xz}$ [kPa]	43,07	30,48	-0,09	5,00	27,22	0,69

**Odkształcenie (ekstrema)**

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekwiwalentne odkształcenie dewiatorowe $E_d$ [%]	10,70	34,28	0,00	8,67	31,49	7,03
Ekwiwalentne dewiatorowe odkształcenie plastyczne $E_{d, pl}$ [%]	0,00	34,04	0,00	9,21	29,63	0,24

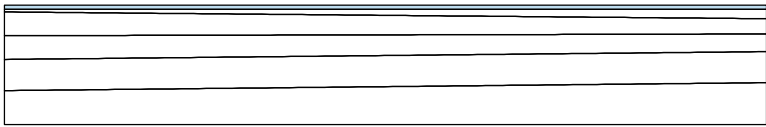
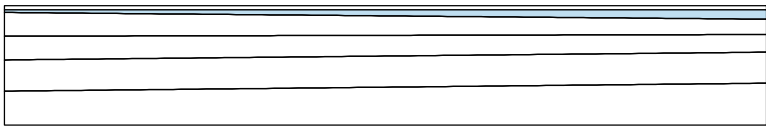
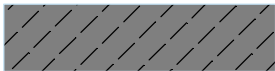
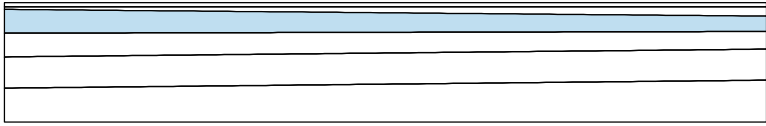

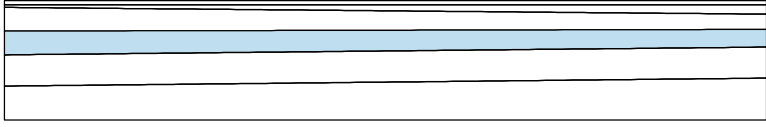

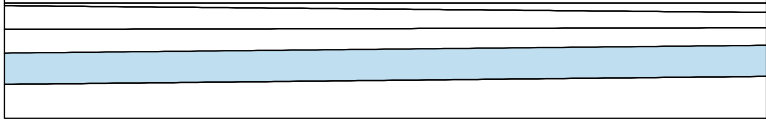

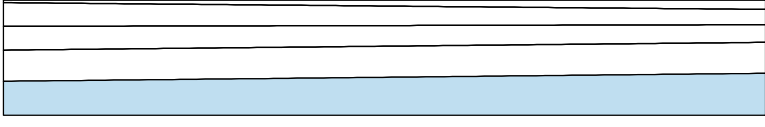

**Stopień mobilizacji (ekstrema)**

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Zmobilizowana wytrzymałość [%]	0,50	34,28	0,00	9,21	29,63	100,00

**Ciśnienia porowe (ekstrema)**

Wielkość	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]	
Całkowite ciśnienie porowe $u_{\text{tot}}$ [kPa]	45,00	27,22	66,20

**Dane wejściowe (Faza budowy 3)****Przyporządkowanie i aktywacja**

Nr	Obszar	Aktywny / nieaktywny	Przyporządkowany grunt
1		Nieaktywny	
2		Aktywny	GH/Hm 
3		Aktywny	T 
4		Aktywny	T 
5		Aktywny	Nm/Gy 
6		Aktywny	Pd 

**Podparcia liniowe**

Nr	Podparcie liniowe		Lokalizacja	Podparcie	
	nowe	zmienione		W kierunku X	W kierunku Z
A1	Tak		Linia siatki nr 17	utwierdzone	swobodne
A2	Tak		Linia siatki nr 15	utwierdzone	swobodne
A3	Tak		Linia siatki nr 12	utwierdzone	swobodne
A4	Tak		Linia siatki nr 9	utwierdzone	swobodne
A5	Tak		Linia siatki nr 6	utwierdzone	swobodne
A6	Tak		Linia siatki nr 19	utwierdzone	swobodne
A7	Tak		Linia siatki nr 14	utwierdzone	swobodne
A8	Tak		Linia siatki nr 11	utwierdzone	swobodne
A9	Tak		Linia siatki nr 8	utwierdzone	swobodne
A10	Tak		Linia siatki nr 5	utwierdzone	swobodne
A11	Tak		Linia siatki nr 18	utwierdzone	utwierdzone
A1 do A11 - automatycznie generowane warunki brzegowe.					

**Obciążenie**



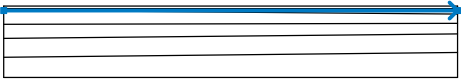
Nr	Obciążenie		Rodzaj	Lokalizacja / Punkt 1	Początek / Punkt 1	Długość / Punkt 2	Szerokość / Punkt 2	Nachylenie $\alpha$ [°]	Wielkość		
	nowe	zmiana		z [m] / x <sub>1</sub> [m]	x [m] / z <sub>1</sub> [m]	l [m] / x <sub>2</sub> [m]	b [m] / z <sub>2</sub> [m]		q, q <sub>1</sub> , f, F	q <sub>2</sub>	jednostka
1	Tak		pasmowe	na powierzchni	x = 8,00	l = 10,00		0,00	5,50		kN/m <sup>2</sup>

## Nazwy obciążeń

Nr	Nazwa
1	Konstrukcja + ruch

## Woda

Rodzaj wody : ZWG

Nr	Lokalizacja ZWG	Współrzędne punktów ZWG [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	33,84	45,00	33,84		

## Ustawienia obliczeń

## Napężenie

Metoda : Newton - Raphson  
 Zmiana macierzy sztywn. : po każdej iteracji  
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku oblicz. : 100  
 Początkowy krok obliczeniowy : 0,25  
 Tolerancja błędu przemieszczenia : 0,0100  
 Tolerancja błędu niezrównoważonych sił : 0,0100  
 Tolerancja błędu energii : 0,0100  
 Uwzględniaj granice materiałowe : nie

## Plastyczność

Tolerancja błędu powrotu do pow. plast. : 0,00100  
 Maks. liczba iteracji dla jednego kroku plast. : 20

## Newton - Raphson

Stopień relaksacji kroku obliczeniowego : 2,00  
 Maksymalna liczba relaksacji kroku obliczeniowego : 2  
 Min. liczba relaksacji dla jednego kroku oblicz. : 1

## Line search

Metoda obliczeń : nie iteruj  
 Line search limit - minimum : 0,100  
 Line search limit - maksimum : 1,000

## Wyniki (Faza budowy 3)

Obliczenia naprężeń zostały zakończone prawidłowo.

Ustawienia obliczeń : domyślne

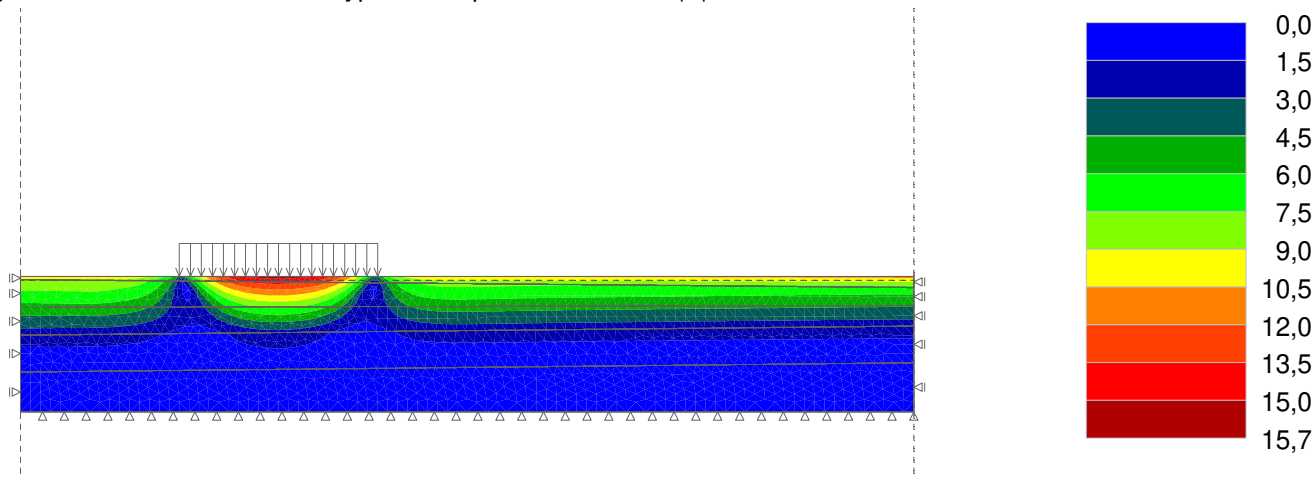
Osiągnięte obciążenie = 100,00 %

## Nazwa : Obliczenia

Faza : 3

## Opis : S- osiadania dna zbiornika [mm] faza eksploatacji

Wyniki : całkowite; zmienna : Wypadkowa przemieszczenia |d|; zakres : &lt;0,0; 15,7&gt; mm



## Ekstrema

## Przemieszczenia (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Przemieszczenia x [mm]	0,00	0,00	-3,8	17,37	34,04	3,6
Przemieszczenia z [mm]	17,37	34,04	-11,1	12,99	34,04	15,7

## Napężenie (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Napężenie całkowite $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	4,44	34,04	-0,02	13,00	27,22	126,58
Napężenie efektywne $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	4,44	34,04	-0,02	13,00	27,22	60,38
Napężenie całkowite $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,44	34,04	-0,56	13,00	27,22	94,62
Napężenie efektywne $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,44	34,04	-0,56	13,00	27,22	28,42
Napężenie ścinające $\tau_{xz}$ [kPa]	18,50	27,22	-1,32	7,00	27,22	1,84

## Odształcenie (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekwiwalentne odkształcenie dewiatorowe $E_d$ [%]	1,32	28,86	0,08	12,17	31,56	7,36
Ekwiwalentne dewiatorowe odkształcenie plastyczne $E_{d, pl}$ [%]	0,00	33,88	0,00	11,08	29,65	0,31

## Stopień mobilizacji (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Min	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Zmobilizowana wytrzymałość [%]	0,50	34,04	0,00	9,21	29,63	99,99

## Ciśnienia porowe (ekstrema)

Wielkość	Lokalizacja		Max
	x [m]	z [m]	
Całkowite ciśnienie porowe $u_{tot}$ [kPa]	45,00	27,22	66,20