

Výpočet metodou konečných prvků

Topologie



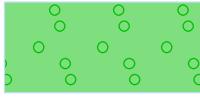
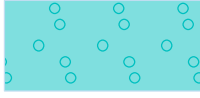


Projekt

Akce : Havárie zhotoveného rozšíření náspu
Část : Globální stabilita
Vypracoval : Dipl.-Ing. Juraj Ortuta
Datum : 27. 2. 2023

Celkové nastavení výpočtu

Geometrie úlohy : Rovinná
Typ výpočtu : Napjatost
Tunely : ano
Umožnit zadat vodu pomocí výpočtu ustáleného proudění : ne
Umožnit dynamický výpočet zemětřesení : ne
Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Výpočet primární napjatosti (1. fáze) : Geostatická napjatost
Podrobné parametry generování sítě : ne
Podrobné parametry zemin : ne
Speciální modely zemin : ne
Zatížení teplotou : ne
Podrobné výsledky : ano

Parametry zemin - základní data


Číslo	Název	Vzorek	Y [kN/m ³]	E [MPa]	v [-]
1	GT3-Anh		19,50	50,00	0,30
2	GT4-Tj		17,50	2,50	0,40
3	GT1-Anm		21,00	400,00	0,20
4	GT2-Anp		19,00	90,00	0,25
5	GT3-Anh_zosuv		19,50	34,00	0,30
6	GT4-Tj_zosuv		17,50	1,67	0,40

Parametry zemin - data podle modelu

Číslo	Materiálový model	c _{ef} [kPa]	φ _{ef} [°]	ψ [°]
1	Mohr - Coulomb modifikovaný	6,00	30,00	0,00
2	Mohr - Coulomb modifikovaný	18,00	18,00	0,00

Číslo	Materiálový model	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	ψ [°]
3	Mohr - Coulomb modifikovaný	0,00	40,00	0,00
4	Mohr - Coulomb modifikovaný	0,00	35,00	0,00
5	Mohr - Coulomb modifikovaný	4,00	20,00	0,00
6	Mohr - Coulomb modifikovaný	12,00	12,00	0,00

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	GT3-Anh		20,50		
2	GT4-Tj		18,50		
3	GT1-Anm		22,00		
4	GT2-Anp		20,00		
5	GT3-Anh_zosuv		20,50		
6	GT4-Tj_zosuv		18,50		

Parametry zemin

GT3-Anh

Materiálový model : Mohr - Coulomb modifikovaný
 Objemová tíha : γ = 19,50 kN/m³
 Poissonovo číslo : ν = 0,30
 Modul pružnosti : E = 50,00 MPa
 Modul odtížení / přitížení : E_{ur} = 150,00 MPa
 Úhel vnitřního tření : φ_{ef} = 30,00 °
 Soudržnost zeminy : c_{ef} = 6,00 kPa
 Úhel dilatance : ψ = 0,00 °
 Obj.tíha sat.zeminy : γ_{sat} = 20,50 kN/m³

GT4-Tj

Materiálový model : Mohr - Coulomb modifikovaný
 Objemová tíha : γ = 17,50 kN/m³
 Poissonovo číslo : ν = 0,40
 Modul pružnosti : E = 2,50 MPa
 Modul odtížení / přitížení : E_{ur} = 7,50 MPa
 Úhel vnitřního tření : φ_{ef} = 18,00 °
 Soudržnost zeminy : c_{ef} = 18,00 kPa
 Úhel dilatance : ψ = 0,00 °
 Obj.tíha sat.zeminy : γ_{sat} = 18,50 kN/m³

GT1-Anm

Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný
Objemová tíha :	$\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,20$
Modul pružnosti :	$E = 400,00 \text{ MPa}$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 1200,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 40,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

GT2-Anp

Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný
Objemová tíha :	$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,25$
Modul pružnosti :	$E = 90,00 \text{ MPa}$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 180,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

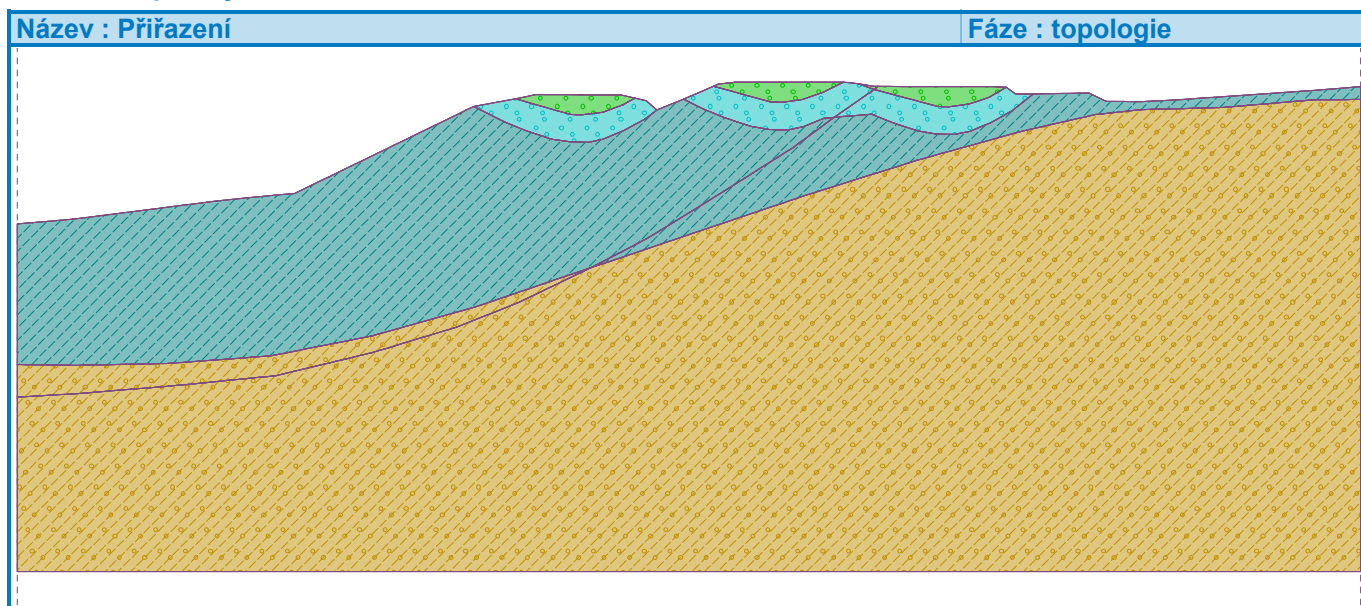
GT3-Anh_zosuv

Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný
Objemová tíha :	$\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,30$
Modul pružnosti :	$E = 34,00 \text{ MPa}$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 102,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 4,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj_zosuv

Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný
Objemová tíha :	$\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,40$
Modul pružnosti :	$E = 1,67 \text{ MPa}$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 5,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 12,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Přiřazení a plochy



Generování sítě

Parametry generování sítě

Délka hrany prvků : 0,50 [m]

Vyhlazovat síť : ano

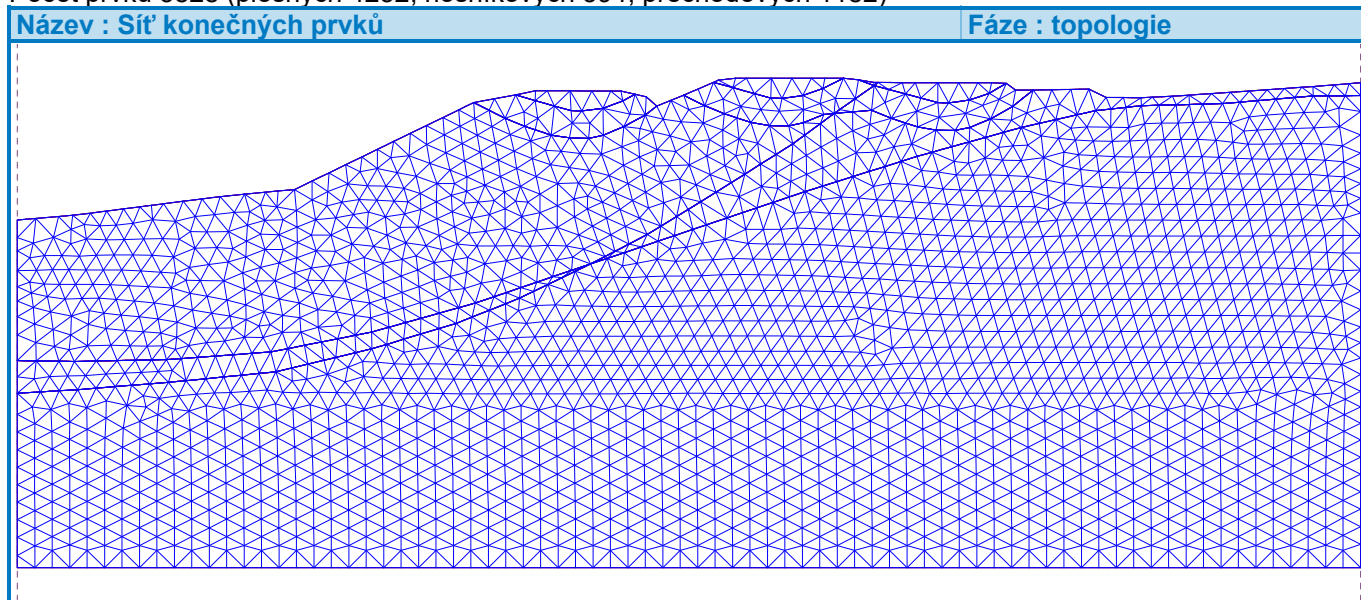
Generovat víceuzlové prvky : ano

Výsledek generování sítě

Síť konečných prvků byla úspěšně vygenerována.

Počet uzlů 10446

Počet prvků 5828 (plošných 4252, nosníkových 394, přechodových 1182)



Vstupní data (Fáze budování 1)

Voda

Typ vody : Voda není

Nastavení výpočtu

Napjatost

Metoda :	Newton - Raphson
Změna matice tuhosti :	neměnit
Maximální počet iterací pro jeden výp. krok :	800
Počáteční výpočtový krok :	0,25
Tolerance chyby posunutí :	0,0100
Tolerance chyby nevyrovnaných sil :	0,0500
Tolerance chyby energie :	0,0300
Respektovat materiálová rozhraní :	ne

Plasticita

Tolerance chyby návratu na plochu plasticity :	0,00100
Maximální počet iterací pro jeden plastický krok :	20

Newton - Raphson

Relaxační faktor výpočtového kroku :	2,00
Maximální počet relaxací výpočtového kroku :	2
Minimální počet iterací pro jeden výp. krok :	1

Line search

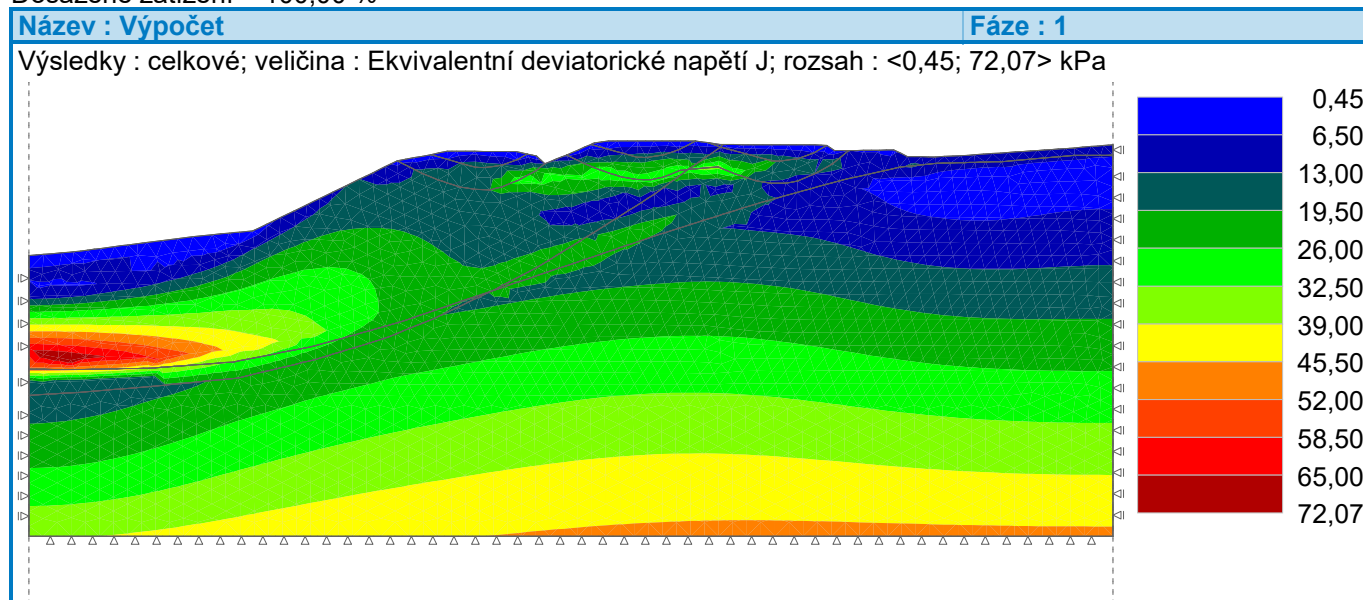
Způsob řešení :	neiterovat
Line search limit - minimum :	0,100
Line search limit - maximum :	1,000

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

Nastavení výpočtu : **uživatelské**

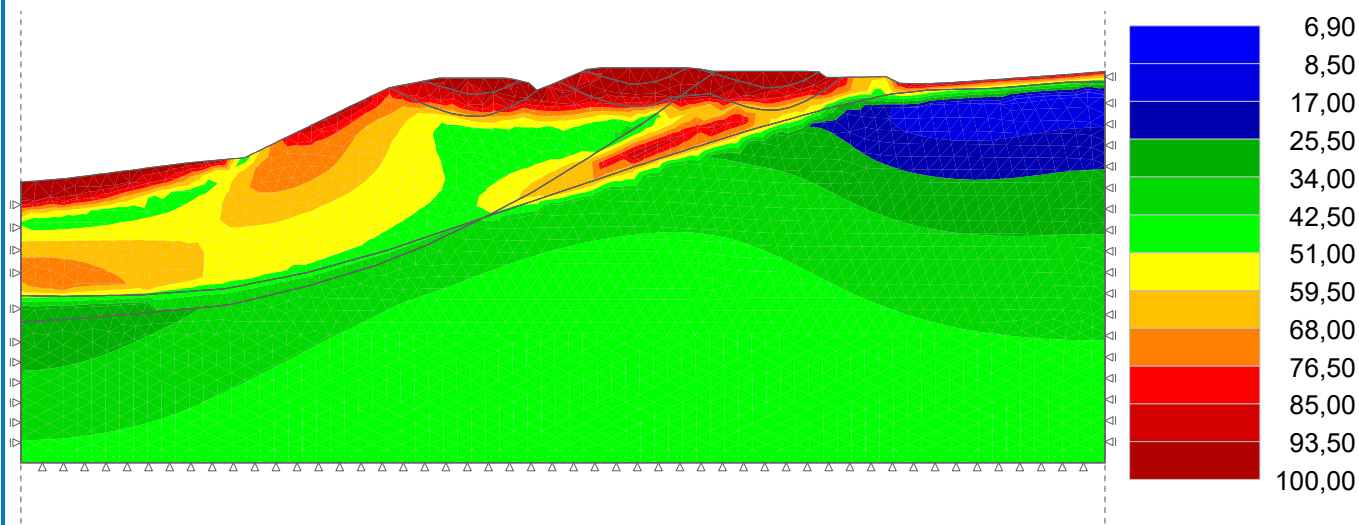
Dosažené zatížení = 100,00 %



Název : Výpočet

Fáze : 1

Výsledky : celkové; veličina : Mobilizovaná pevnost R_{mob} ; rozsah : <6,90; 100,00> %



Extrémy

Napětí (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Totální napětí $\sigma_{z, tot}$ [kPa]	30,69	18,05	-0,72	27,98	4,34	244,21
Efektivní napětí $\sigma_{z, eff}$ [kPa]	30,69	18,05	-0,72	27,98	4,34	244,21
Totální napětí $\sigma_{x, tot}$ [kPa]	6,51	15,04	-9,11	1,49	10,58	210,39
Efektivní napětí $\sigma_{x, eff}$ [kPa]	6,51	15,04	-9,11	1,49	10,58	210,39
Smykové napětí τ_{xz} [kPa]	21,78	15,21	-10,61	9,49	13,10	23,97
Střední totální napětí $\sigma_{m, tot}$ [kPa]	6,51	15,04	-4,52	27,98	4,34	189,94
Střední efektivní napětí $\sigma_{m, eff}$ [kPa]	6,51	15,04	-4,52	27,98	4,34	189,94
Ekvivalentní deviatorické napětí J [kPa]	17,29	17,99	0,45	1,49	10,58	72,07
Totální hlavní napětí $\sigma_{1, tot}$ [kPa]	6,51	15,04	-9,32	1,49	10,58	210,46
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{1, eff}$ [kPa]	6,51	15,04	-9,32	1,49	10,58	210,46
Totální hlavní napětí $\sigma_{2, tot}$ [kPa]	30,69	18,05	-1,99	27,98	4,34	244,21
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{2, eff}$ [kPa]	30,69	18,05	-1,99	27,98	4,34	244,21
Totální hlavní napětí $\sigma_{3, tot}$ [kPa]	0,00	14,30	-5,21	27,98	4,34	162,81
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{3, eff}$ [kPa]	0,00	14,30	-5,21	27,98	4,34	162,81

Přetvoření (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekvivalentní deviatorické přetvoření E_d [%]	7,94	15,17	0,02	27,48	4,34	5,26
Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření $E_{d, pl}$ [%]	16,42	13,04	0,00	24,09	18,31	1,04
Přetvoření ϵ_x [%]	22,08	10,53	-0,21	24,09	18,31	0,49
Přetvoření ϵ_z [%]	24,09	18,31	-0,49	27,48	4,34	4,56
Smykové přetvoření γ_{xz} [%]	28,94	16,44	-0,63	9,49	4,34	1,01
Plastické přetvoření $\epsilon_{x, pl}$ [%]	0,00	14,30	-0,16	24,09	18,31	0,49

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Plastické přetvoření $\varepsilon_{z, pl}$ [%]	24,09	18,31	-0,49	0,00	14,30	0,16
Plastické smykové přetvoření $\gamma_{xz, pl}$ [%]	18,01	17,83	-0,42	19,50	18,05	0,52
Objemové přetvoření ε_v [%]	0,00	14,30	-0,01	27,98	4,34	4,56
Plastické objemové přetvoření $\varepsilon_{v, pl}$ [%]	18,01	17,83	0,00	24,00	17,77	0,00
Hlavní přetvoření ε_1 [%]	22,08	10,53	-0,21	24,09	18,31	0,52
Hlavní přetvoření ε_2 [%]	24,09	18,31	-0,52	27,48	4,34	4,56
Hlavní přetvoření ε_3 [%]	23,66	18,36	0,00	23,66	18,36	0,00

Míra mobilizace (extrémy)

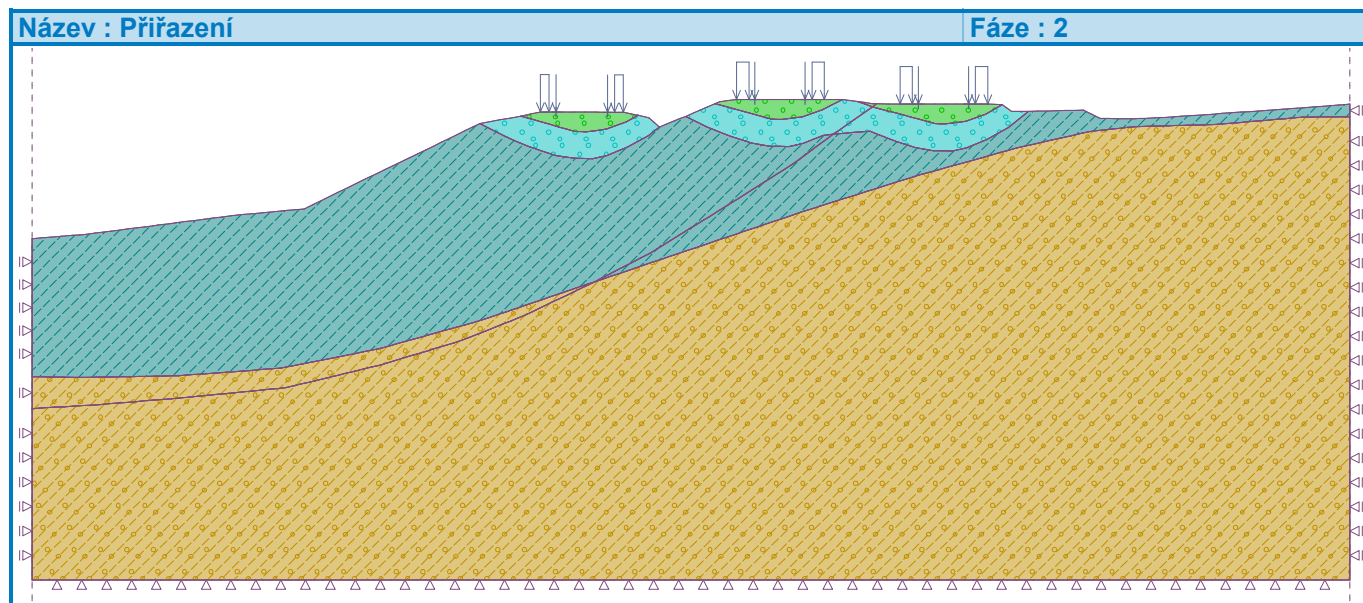
Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilizovaná pevnost [%]	37,84	17,50	6,90	23,13	18,36	100,00

Pórové tlaky (extrémy)

Veličina	Umístění		Max
	x [m]	z [m]	
Celkový pórový tlak u_{tot} [kPa]	23,66	18,36	0,00

Vstupní data (Fáze budování 2)

Přiřazení a aktivace



Přetížení

Číslo	Přetížení		Typ	Umístění / Bod 1 z [m] / x ₁ [m]	Počátek / Bod 1 x [m] / z ₁ [m]	Délka / Bod 2 l [m] / x ₂ [m]	Šířka / Bod 2 b [m] / z ₂ [m]	Sklon α [°]	Velikost		
	nové	změna							q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Ano		přímkové	na povrchu	x = 15,30			0,00	250,00		kN/m
2	Ano		přímkové	na povrchu	x = 16,80			0,00	250,00		kN/m
3	Ano		přímkové	na povrchu	x = 21,10			0,00	250,00		kN/m
4	Ano		přímkové	na povrchu	x = 22,57			0,00	250,00		kN/m
5	Ano		přímkové	na povrchu	x = 25,87			0,00	250,00		kN/m
6	Ano		přímkové	na povrchu	x = 27,34			0,00	250,00		kN/m
7	Ano		pásové	na povrchu	x = 14,84	l = 0,25		0,00	80,00		kN/m ²
8	Ano		pásové	na povrchu	x = 17,01	l = 0,25		0,00	80,00		kN/m ²
9	Ano		pásové	na povrchu	x = 20,57	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
10	Ano		pásové	na povrchu	x = 22,77	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
11	Ano		pásové	na povrchu	x = 25,34	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
12	Ano		pásové	na povrchu	x = 27,54	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²

Názvy přetížení

Číslo	Název
1	LM71
2	LM71
3	LM71
4	LM71
5	LM71
6	LM71
7	LM71
8	LM71
9	LM71
10	LM71
11	LM71
12	LM71

Voda

Typ vody : Voda není

Nastavení výpočtu

Napjatost

Metoda : Newton - Raphson
Změna matice tuhosti : neměnit
Maximální počet iterací pro jeden výp. krok : 800
Počáteční výpočtový krok : 0,25
Tolerance chyby posunutí : 0,0100
Tolerance chyby nevyrovnaných sil : 0,3000
Tolerance chyby energie : 0,0300
Respektovat materiálová rozhraní : ne

Plasticita

Tolerance chyby návratu na plochu plasticity : 0,00100
Maximální počet iterací pro jeden plastický krok : 20

Newton - Raphson

Relaxační faktor výpočtového kroku : 2,00
Maximální počet relaxací výpočtového kroku : 2
Minimální počet iterací pro jeden výp. krok : 1

Line search

Způsob řešení : neiterovat
Line search limit - minimum : 0,100
Line search limit - maximum : 1,000

Výsledky (Fáze budování 2)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

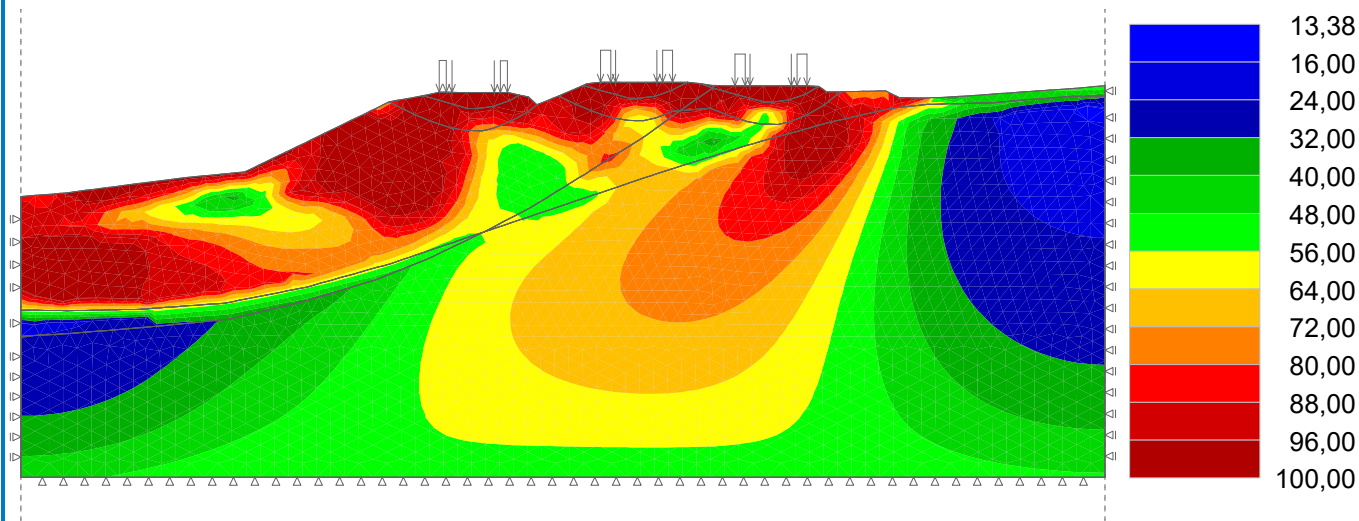
Nastavení výpočtu : **uživatelské**

Dosažené zatížení = 100,00 %

Název : Výpočet

Fáze : 2

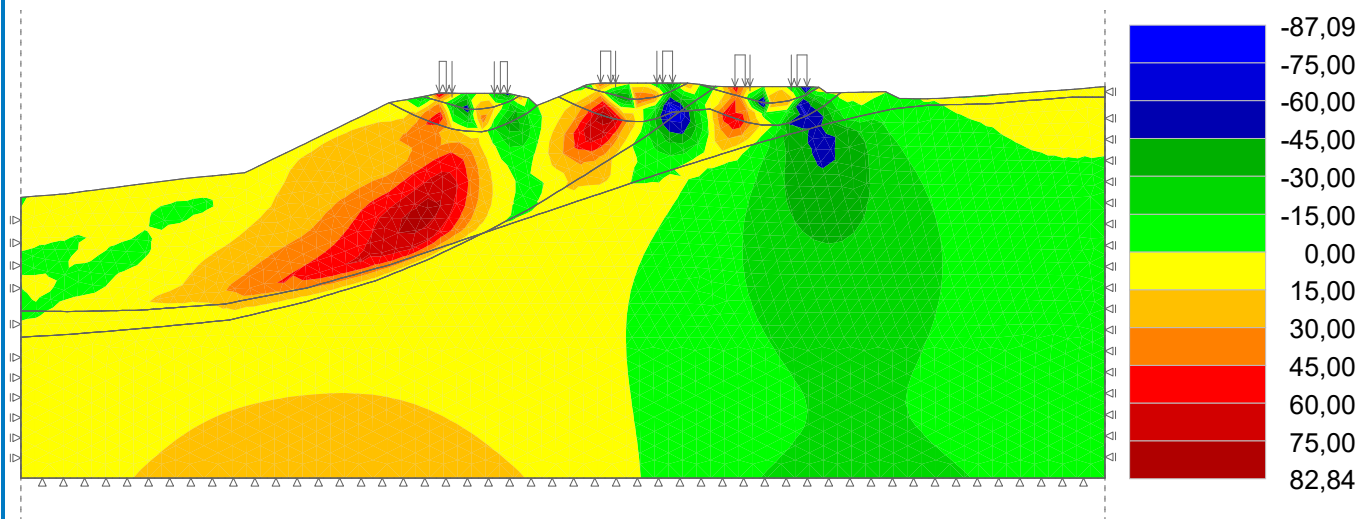
Výsledky : celkové; veličina : Mobilizovaná pevnost R_{mob} ; rozsah : <13,38; 100,00> %



Název : Výpočet

Fáze : 2

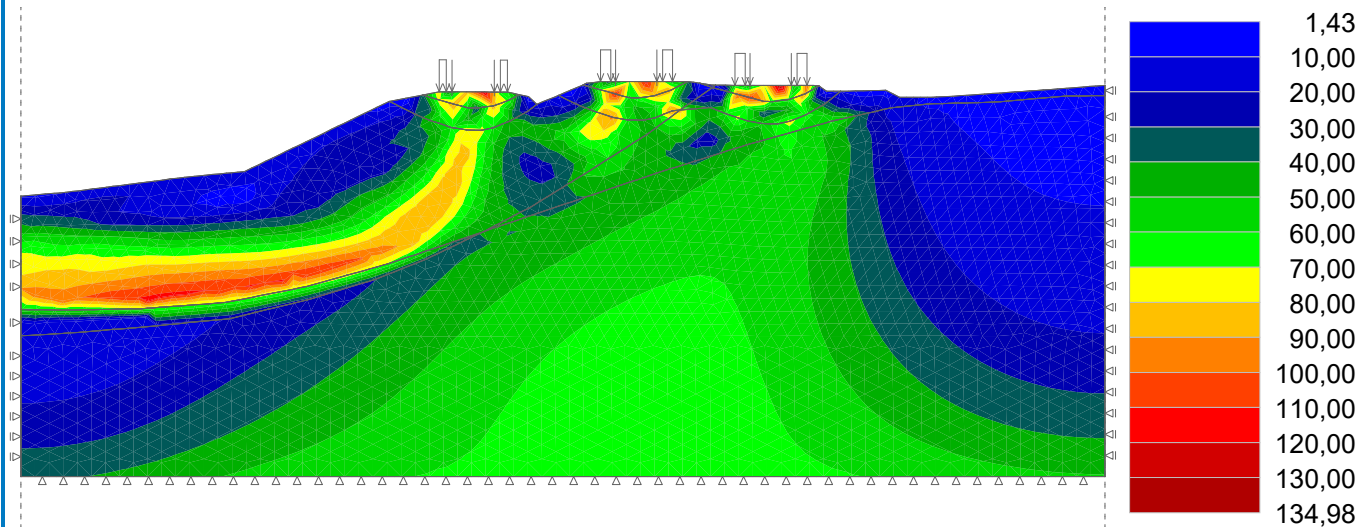
Výsledky : celkové; veličina : Smykové napětí τ_{xz} ; rozsah : <-87,09; 82,84> kPa



Název : Výpočet

Fáze : 2

Výsledky : celkové; veličina : Ekvivalentní deviatorické napětí J; rozsah : <1,43; 134,98> kPa



Extrémy

Deformace (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Deformace x [mm]	9022545857343E5358219364661E		-87,5	11,45	8,99	45,1
Deformace z [mm]	11,45	8,99	-58,4	25,72	18,23	277,1

Napětí (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Totální napětí $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	23,66	18,36	-102,71	25,88	17,79	344,31
Efektivní napětí $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	23,66	18,36	-102,71	25,88	17,79	344,31
Totální napětí $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	14,27	17,88	-62,70	4,53	10,59	306,24
Efektivní napětí $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	14,27	17,88	-62,70	4,53	10,59	306,24
Smykové napětí τ_{xz} [kPa]	27,90	18,23	-87,09	20,60	17,22	82,84
Střední totální napětí $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	17,69	17,90	-73,97	22,48	4,34	249,34
Střední efektivní napětí $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	17,69	17,90	-73,97	22,48	4,34	249,34
Ekvivalentní deviatorické napětí J [kPa]	19,50	18,05	1,43	26,96	18,23	134,98
Totální hlavní napětí $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	17,69	17,90	-46,55	9,30	11,28	315,47
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	17,69	17,90	-46,55	9,30	11,28	315,47
Totální hlavní napětí $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	23,66	18,36	-114,98	25,88	17,79	345,98
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	23,66	18,36	-114,98	25,88	17,79	345,98
Totální hlavní napětí $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	17,69	17,90	-72,89	25,88	17,79	215,25
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	17,69	17,90	-72,89	25,88	17,79	215,25

Přetvoření (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekvivalentní deviatorické přetvoření E_d [%]	12,64	17,45	0,02	28,13	17,75	9,01

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření $E_{d, pl} [\%]$	16,42	13,04	0,00	28,13	17,75	8,94
Přetvoření $\epsilon_x [\%]$	27,73	16,67	-2,15	28,59	18,02	3,13
Přetvoření $\epsilon_z [\%]$	28,59	18,02	-3,34	22,48	4,97	5,99
Smykové přetvoření $\gamma_{xz} [\%]$	28,13	17,75	-8,62	14,83	17,72	3,38
Plastické přetvoření $\epsilon_{x, pl} [\%]$	27,73	16,67	-1,72	28,59	18,02	3,16
Plastické přetvoření $\epsilon_{z, pl} [\%]$	28,59	18,02	-3,34	27,73	16,67	1,90
Plastické smykové přetvoření $\gamma_{xz, pl} [\%]$	28,13	17,75	-8,55	14,83	17,72	3,33
Objemové přetvoření $\epsilon_v [\%]$	15,83	18,00	-0,48	22,48	4,34	5,98
Plastické objemové přetvoření $\epsilon_{v, pl} [\%]$	15,83	18,00	-0,48	16,17	17,42	0,03
Hlavní přetvoření $\epsilon_1 [\%]$	27,73	16,67	-3,47	28,13	17,75	4,52
Hlavní přetvoření $\epsilon_2 [\%]$	28,13	17,75	-4,48	22,98	4,84	5,99
Hlavní přetvoření $\epsilon_3 [\%]$	23,66	18,36	0,00	23,66	18,36	0,00

Míra mobilizace (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilizovaná pevnost [%]	38,47	17,41	13,38	23,66	18,36	100,00

Pórové tlaky (extrémy)

Veličina	Umístění		Max
	x [m]	z [m]	
Celkový pórový tlak $u_{tot} [kPa]$	23,66	18,36	0,00

Stabilita svahu

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet stability skončil nestandardně.

Nastavení výpočtu : **uživatelské**

Stupeň stability FS = 0,90

Parametry zemin v poslední dokončené iteraci		
Oblast číslo	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	44,44	0,00
2	38,89	0,00
3	44,44	0,00
4	44,44	0,00
5	33,33	6,67
6	38,89	0,00
7	44,44	0,00
8	38,89	0,00
9	33,33	6,67
10	20,00	20,00
11	20,00	20,00

[W108] Výpočet nezkonvergoval v 1. kroku. Konstrukce je nestabilní.

Extrémy

Napětí (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Žádné hodnoty nebyly spočteny						

Přetvoření (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření $E_{d, pl}$ [%]	16,89	13,20	0,00	27,26	17,73	1,88
Plastické přetvoření $\epsilon_{x, pl}$ [%]	27,26	17,73	-0,81	14,27	17,88	0,54
Plastické přetvoření $\epsilon_{z, pl}$ [%]	14,27	17,88	-0,75	27,26	17,73	1,03
Plastické smykové přetvoření $\gamma_{xz, pl}$ [%]	27,65	17,58	-1,14	22,19	18,36	1,37
Plastické objemové přetvoření $\epsilon_{v, pl}$ [%]	23,66	18,36	-0,36	26,67	17,65	0,07

Pórové tlaky (extrémy)

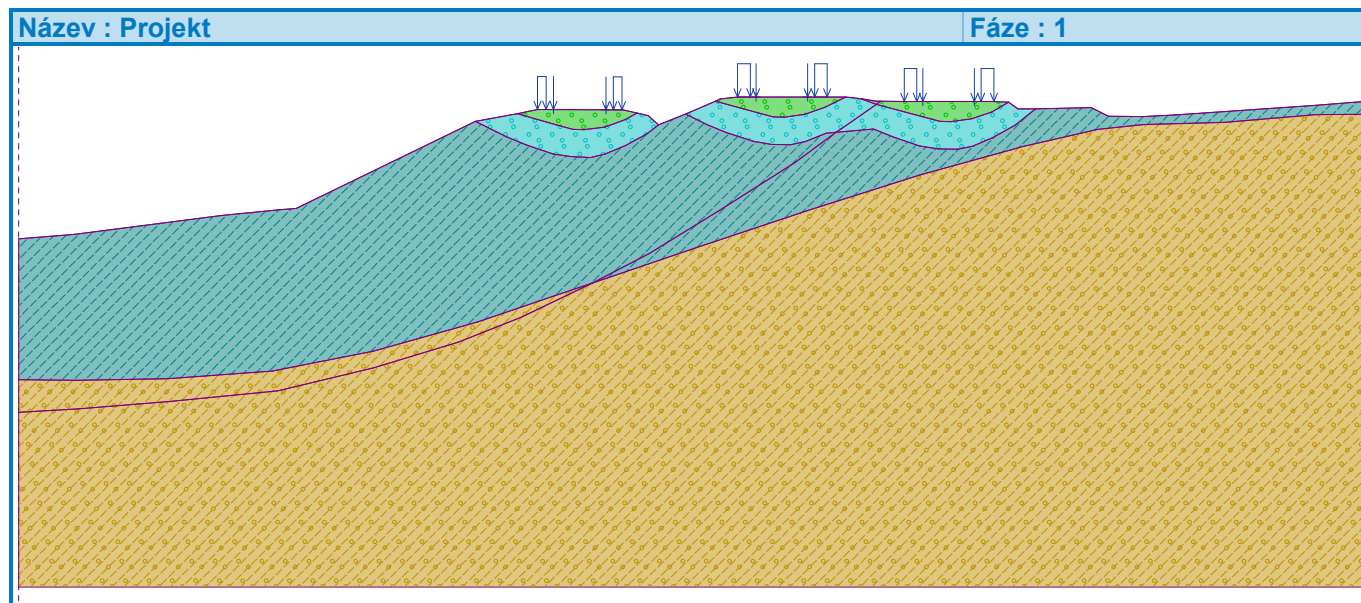
Veličina	Umístění		Max
	x [m]	z [m]	
Žádné hodnoty nebyly spočteny			

Výpočet stability svahu

Vstupní data (Fáze budování 1)

Projekt

Akce : Havárie zhotoveného rozšíření náspu
Část : Globální stabilita
Vypracoval : Dipl.-Ing. Juraj Ortuta
Datum : 27. 2. 2023



Nastavení


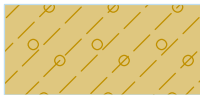
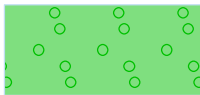
Česká republika - původní normy ČSN (73 1001, 73 1002, 73 0037)

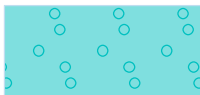




Stabilitní výpočty

Metodika posouzení : stupně bezpečnosti
Výpočet zemětřesení : Standard


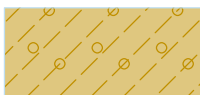
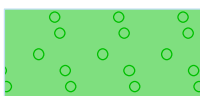
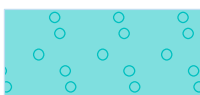




Stupně bezpečnosti		
Trvalá návrhová situace		
Stupeň bezpečnosti :	$SF_s =$	1,50 [-]

Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	GT3-Anh		30,00	6,00	19,50
2	GT4-Tj		18,00	18,00	17,50
3	GT1-Anm		40,00	0,00	21,00

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
4	GT2-Anp		35,00	0,00	19,00
5	GT3-Anh_zosuv_1/3		20,00	4,00	19,50
6	GT4-Tj_zosuv_1/3		12,00	12,00	17,50
7	GT3-Anh_zosuv_2/3		10,00	2,00	19,50
8	GT4-Tj_zosuv_2/3		6,00	6,00	17,50

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	GT3-Anh		20,50		
2	GT4-Tj		18,50		
3	GT1-Anm		22,00		
4	GT2-Anp		20,00		
5	GT3-Anh_zosuv_1/3		20,50		
6	GT4-Tj_zosuv_1/3		18,50		
7	GT3-Anh_zosuv_2/3		20,50		
8	GT4-Tj_zosuv_2/3		18,50		

Parametry zemin

GT3-Anh

Objemová tíha :	$\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Smyková pevnost :	Mohr-Coulomb
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 30,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 6,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj

Objemová tíha :	$\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Smyková pevnost :	Mohr-Coulomb
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 18,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 18,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

GT1-Anm

Objemová tíha :	$\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Smyková pevnost :	Mohr-Coulomb
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 40,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

GT2-Anp

Objemová tíha :	$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Smyková pevnost :	Mohr-Coulomb
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 35,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

GT3-Anh_zosuv_1/3

Objemová tíha :	$\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Smyková pevnost :	Mohr-Coulomb
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 20,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 4,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj_zosuv_1/3

Objemová tíha :	$\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Smyková pevnost :	Mohr-Coulomb
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 12,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 12,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

GT3-Anh_zosuv_2/3

Objemová tíha :	$\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Smyková pevnost :	Mohr-Coulomb
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 10,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 2,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj_zosuv_2/3

Objemová tíha : $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 6,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 6,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Přetížení

Číslo	Typ	Působení	Umístění z [m]	Počátek x [m]	Délka l [m]	Šířka b [m]	Sklon α [°]	Velikost		
								q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	jednotka
1	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 15,30			0,00	250,00		kN/m
2	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 16,80			0,00	250,00		kN/m
3	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 21,10			0,00	250,00		kN/m
4	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 22,57			0,00	250,00		kN/m
5	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 25,87			0,00	250,00		kN/m
6	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 27,34			0,00	250,00		kN/m
7	pásové	proměnné	na povrchu	x = 14,84	l = 0,25		0,00	80,00		kN/m ²
8	pásové	proměnné	na povrchu	x = 17,01	l = 0,25		0,00	80,00		kN/m ²
9	pásové	proměnné	na povrchu	x = 20,57	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
10	pásové	proměnné	na povrchu	x = 22,77	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
11	pásové	proměnné	na povrchu	x = 25,34	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
12	pásové	proměnné	na povrchu	x = 27,54	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²

Názvy přetížení

Číslo	Název
1	LM71
2	LM71
3	LM71
4	LM71
5	LM71
6	LM71
7	LM71
8	LM71
9	LM71
10	LM71
11	LM71
12	LM71

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zemětřesení

Se zemětřesením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1 (fáze 1)

Kruhová smyková plocha

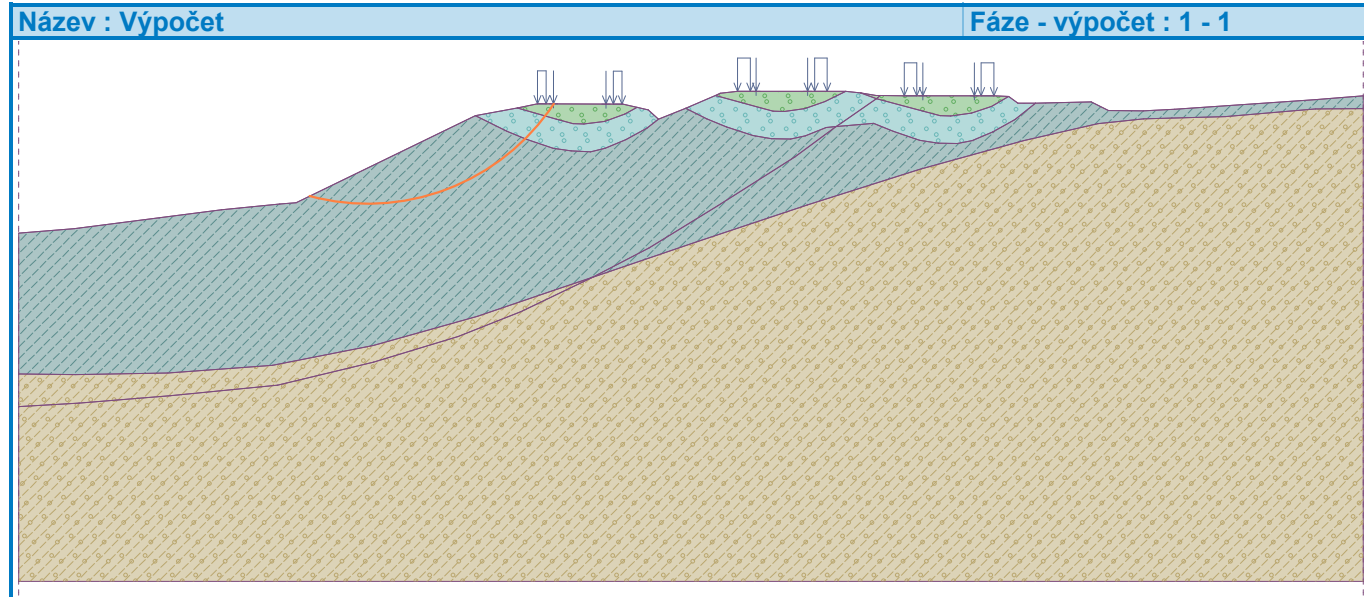
Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	9,98 [m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	-14,98 [°]
	z =	21,54 [m]		$\alpha_2 =$	56,40 [°]
Poloměr :	R =	6,40 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Celková tíha zeminy nad smykovou plochou: 154,44 kN/m

Posouzení stability svahu (Janbu)

Stupeň bezpečnosti = 1,10 < 1,50

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Výsledky (Fáze budování 2)

Výpočet 1 (fáze 2)

Kruhová smyková plocha

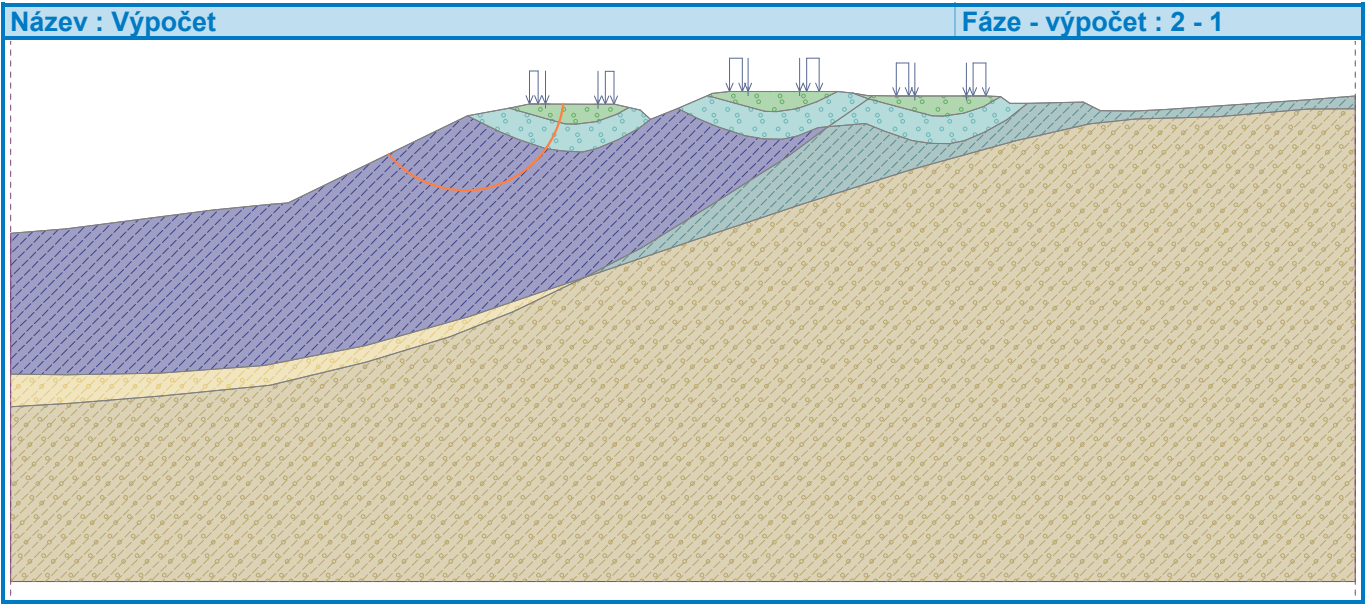
Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	13,00 [m]	Úhly :	α ₁ =	-50,62 [°]
	z =	18,36 [m]		α ₂ =	82,61 [°]
Poloměr :	R =	2,83 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Celková tíha zeminy nad smykovou plochou: 148,69 kN/m

Posouzení stability svahu (Janbu)

Stupeň bezpečnosti = 0,75 < 1,50

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Výsledky (Fáze budování 3)

Výpočet 1 (fáze 3)

Kruhová smyková plocha

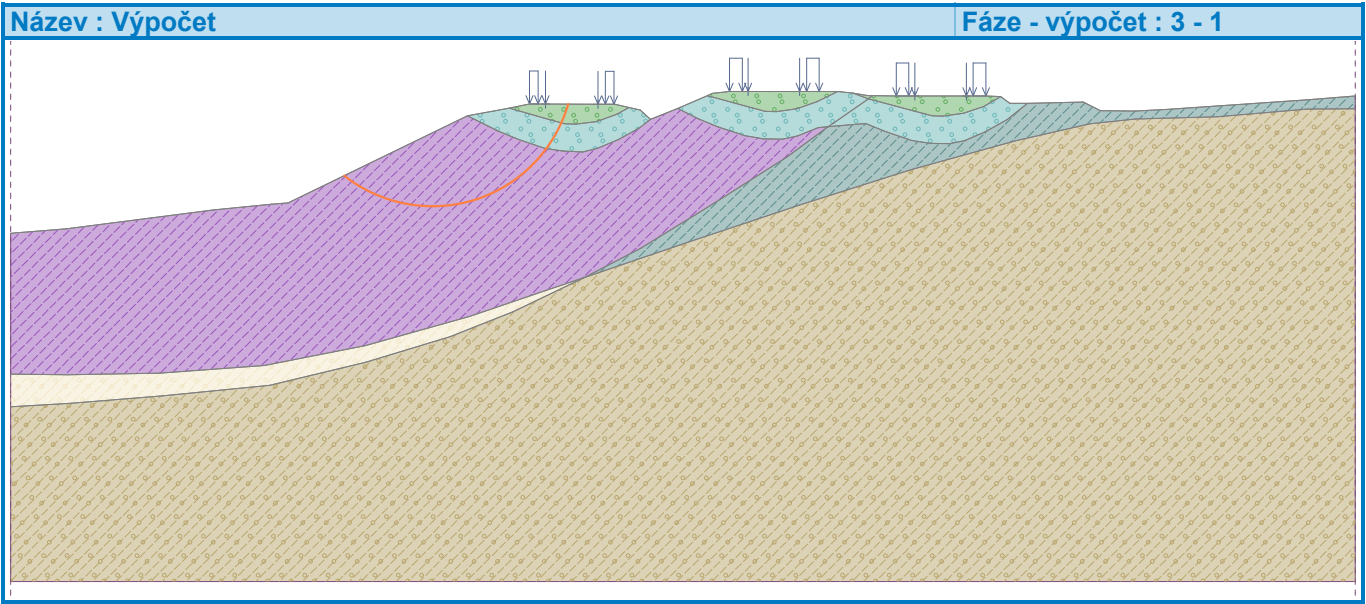
Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	12,06 [m]	Úhly :	α ₁ =	-38,36 [°]
	z =	19,13 [m]		α ₂ =	73,77 [°]
Poloměr :	R =	4,06 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Celková tíha zeminy nad smykovou plochou: 205,15 kN/m

Posouzení stability svahu (Janbu)

Stupeň bezpečnosti = 0,38 < 1,50

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Výpočet metodou konečných prvků

Topologie



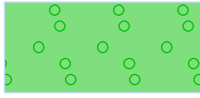
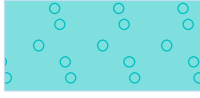


Projekt

Akce : Havárie zhotoveného rozšíření náspu
Část : Globální stabilita
Vypracoval : Dipl.-Ing. Juraj Ortuta
Datum : 27. 2. 2023

Celkové nastavení výpočtu

Geometrie úlohy : Rovinná
Typ výpočtu : Napjatost
Tunely : ano
Umožnit zadat vodu pomocí výpočtu ustáleného proudění : ne
Umožnit dynamický výpočet zemětřesení : ne
Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Výpočet primární napjatosti (1. fáze) : Geostatická napjatost
Podrobné parametry generování sítě : ne
Podrobné parametry zemin : ne
Speciální modely zemin : ne
Zatížení teplotou : ne
Podrobné výsledky : ano

Parametry zemin - základní data

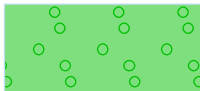
Číslo	Název	Vzorek	Y [kN/m ³]	E [MPa]	v [-]
1	GT3-Anh		19,50	50,00	0,30
2	GT4-Tj		17,50	2,50	0,40
3	GT1-Anm		21,00	400,00	0,20
4	GT2-Anp		19,00	90,00	0,25
5	GT3-Anh_zosuv		19,50	34,00	0,30
6	GT4-Tj_zosuv		17,50	1,67	0,40

Parametry zemin - data podle modelu

Číslo	Materiálový model	c _{ef} [kPa]	φ _{ef} [°]	ψ [°]
1	Mohr - Coulomb modifikovaný	6,00	30,00	0,00
2	Mohr - Coulomb modifikovaný	18,00	18,00	0,00

Číslo	Materiálový model	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	ψ [°]
3	Mohr - Coulomb modifikovaný	0,00	40,00	0,00
4	Mohr - Coulomb modifikovaný	0,00	35,00	0,00
5	Mohr - Coulomb modifikovaný	4,00	20,00	0,00
6	Mohr - Coulomb modifikovaný	12,00	12,00	0,00

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	GT3-Anh		20,50		
2	GT4-Tj		18,50		
3	GT1-Anm		22,00		
4	GT2-Anp		20,00		
5	GT3-Anh_zosuv		20,50		
6	GT4-Tj_zosuv		18,50		

Parametry zemin

GT3-Anh

Materiálový model : Mohr - Coulomb modifikovaný
 Objemová tíha : $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,30$
 Modul pružnosti : $E = 50,00 \text{ MPa}$
 Modul odtížení / přitížení : $E_{ur} = 150,00 \text{ MPa}$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 6,00 \text{ kPa}$
 Úhel dilatance : $\psi = 0,00^\circ$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj

Materiálový model : Mohr - Coulomb modifikovaný
 Objemová tíha : $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$
 Modul pružnosti : $E = 2,50 \text{ MPa}$
 Modul odtížení / přitížení : $E_{ur} = 7,50 \text{ MPa}$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 18,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 18,00 \text{ kPa}$
 Úhel dilatance : $\psi = 0,00^\circ$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

GT1-Anm

Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný
Objemová tíha :	$\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,20$
Modul pružnosti :	$E = 400,00 \text{ MPa}$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 1200,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 40,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

GT2-Anp

Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný
Objemová tíha :	$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,25$
Modul pružnosti :	$E = 90,00 \text{ MPa}$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 180,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

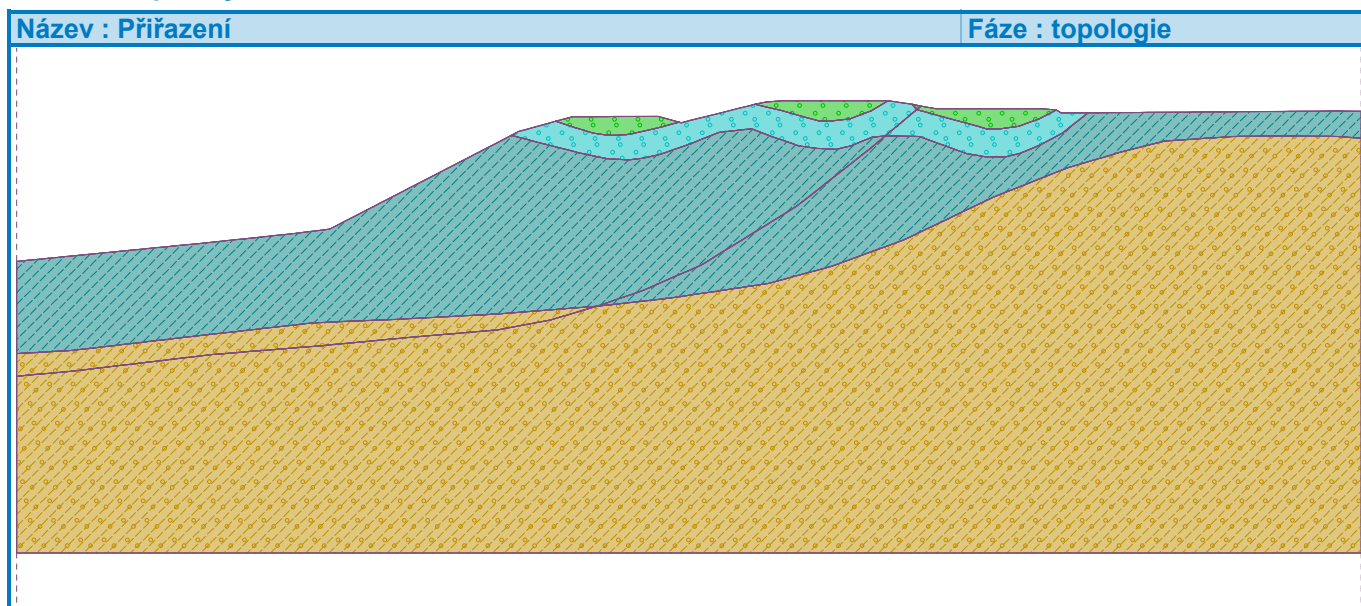
GT3-Anh_zosuv

Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný
Objemová tíha :	$\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,30$
Modul pružnosti :	$E = 34,00 \text{ MPa}$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 102,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 4,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj_zosuv

Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný
Objemová tíha :	$\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,40$
Modul pružnosti :	$E = 1,67 \text{ MPa}$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 5,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 12,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Přiřazení a plochy



Generování sítě

Parametry generování sítě

Délka hrany prvků : 0,50 [m]

Vyhlazovat síť : ano

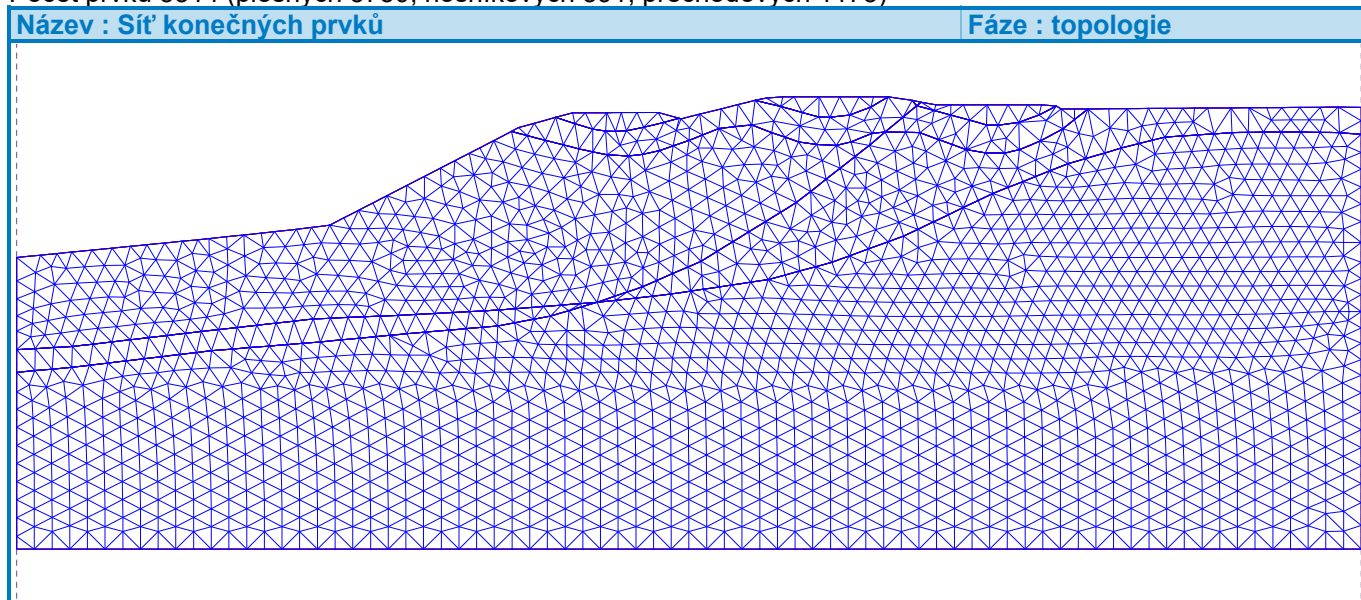
Generovat víceuzlové prvky : ano

Výsledek generování sítě

Síť konečných prvků byla úspěšně vygenerována.

Počet uzlů 9415

Počet prvků 5314 (plošných 3750, nosníkových 391, přechodových 1173)



Vstupní data (Fáze budování 1)

Voda

Typ vody : Voda není

Nastavení výpočtu

Napjatost

Metoda :	Newton - Raphson
Změna matice tuhosti :	neměnit
Maximální počet iterací pro jeden výp. krok :	800
Počáteční výpočtový krok :	0,25
Tolerance chyby posunutí :	0,0100
Tolerance chyby nevyrovnaných sil :	0,0500
Tolerance chyby energie :	0,0300
Respektovat materiálová rozhraní :	ne

Plasticita

Tolerance chyby návratu na plochu plasticity :	0,00100
Maximální počet iterací pro jeden plastický krok :	20

Newton - Raphson

Relaxační faktor výpočtového kroku :	2,00
Maximální počet relaxací výpočtového kroku :	2
Minimální počet iterací pro jeden výp. krok :	1

Line search

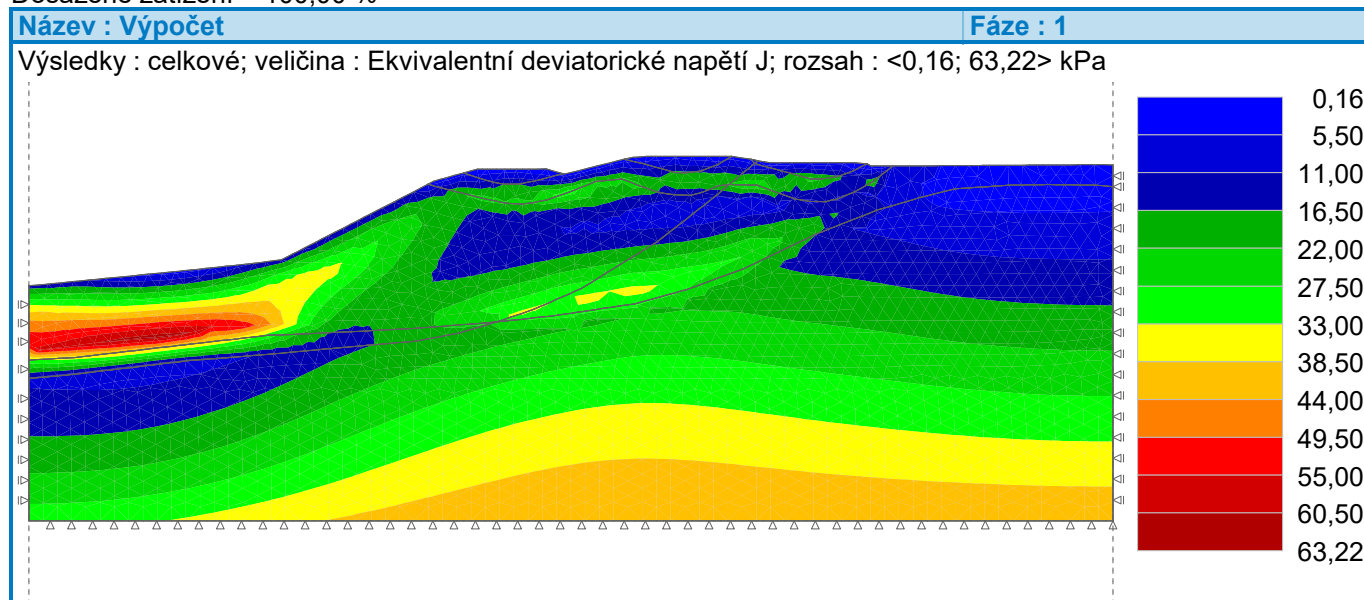
Způsob řešení :	neiterovat
Line search limit - minimum :	0,100
Line search limit - maximum :	1,000

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

Nastavení výpočtu : **uživatelské**

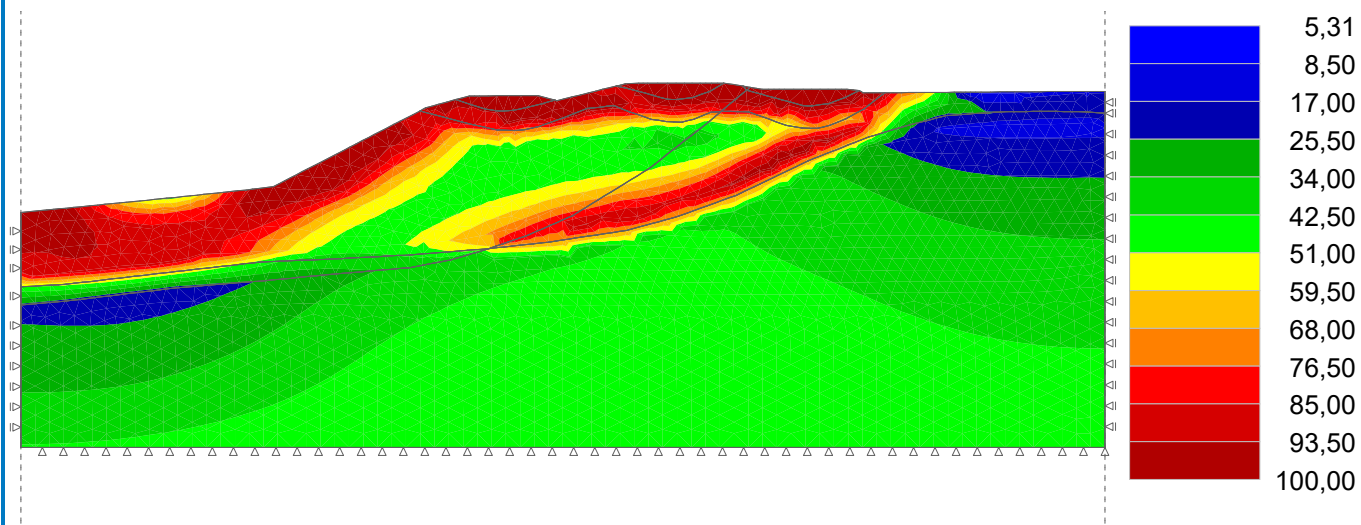
Dosažené zatížení = 100,00 %



Název : Výpočet

Fáze : 1

Výsledky : celkové; veličina : Mobilizovaná pevnost R_{mob} ; rozsah : <5,31; 100,00> %



Extrémy

Napětí (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Totální napětí $\sigma_{z, tot}$ [kPa]	15,73	15,89	-0,29	25,53	3,55	224,94
Efektivní napětí $\sigma_{z, eff}$ [kPa]	15,73	15,89	-0,29	25,53	3,55	224,94
Totální napětí $\sigma_{x, tot}$ [kPa]	15,25	15,76	-3,29	4,43	9,99	162,12
Efektivní napětí $\sigma_{x, eff}$ [kPa]	15,25	15,76	-3,29	4,43	9,99	162,12
Smykové napětí τ_{xz} [kPa]	26,31	13,37	-12,57	10,93	12,59	28,13
Střední totální napětí $\sigma_{m, tot}$ [kPa]	15,73	15,89	-1,08	25,53	3,55	174,94
Střední efektivní napětí $\sigma_{m, eff}$ [kPa]	15,73	15,89	-1,08	25,53	3,55	174,94
Ekvivalentní deviatorické napětí J [kPa]	34,36	16,03	0,16	4,43	9,99	63,22
Totální hlavní napětí $\sigma_{1, tot}$ [kPa]	20,41	16,12	-3,24	4,43	9,99	163,49
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{1, eff}$ [kPa]	20,41	16,12	-3,24	4,43	9,99	163,49
Totální hlavní napětí $\sigma_{2, tot}$ [kPa]	30,31	16,00	-0,35	25,53	3,55	224,97
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{2, eff}$ [kPa]	30,31	16,00	-0,35	25,53	3,55	224,97
Totální hlavní napětí $\sigma_{3, tot}$ [kPa]	15,73	15,89	-0,58	25,53	3,55	149,95
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{3, eff}$ [kPa]	15,73	15,89	-0,58	25,53	3,55	149,95

Přetvoření (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekvivalentní deviatorické přetvoření E_d [%]	34,36	16,03	0,00	24,53	3,55	4,85
Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření $E_{d, pl}$ [%]	23,61	15,07	0,00	18,80	15,72	0,69
Přetvoření ϵ_x [%]	21,38	8,18	-0,27	3,37	7,75	0,37
Přetvoření ϵ_z [%]	18,80	15,72	-0,33	25,53	3,55	4,20
Smykové přetvoření γ_{xz} [%]	29,69	14,08	-0,42	11,51	3,55	1,52
Plastické přetvoření $\epsilon_{x, pl}$ [%]	29,23	14,25	-0,04	18,80	15,72	0,34

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Plastické přetvoření $\varepsilon_{z, pl}$ [%]	18,80	15,72	-0,33	29,23	14,25	0,05
Plastické smykové přetvoření $\gamma_{xz, pl}$ [%]	29,41	16,08	-0,31	9,26	12,92	0,26
Objemové přetvoření ε_v [%]	24,66	16,34	0,00	25,53	3,55	4,20
Plastické objemové přetvoření $\varepsilon_{v, pl}$ [%]	18,80	15,72	0,00	25,07	15,77	0,00
Hlavní přetvoření ε_1 [%]	21,38	8,18	-0,28	2,91	8,00	0,37
Hlavní přetvoření ε_2 [%]	18,80	15,72	-0,35	24,53	3,55	4,20
Hlavní přetvoření ε_3 [%]	24,66	16,34	0,00	24,66	16,34	0,00

Míra mobilizace (extrémy)

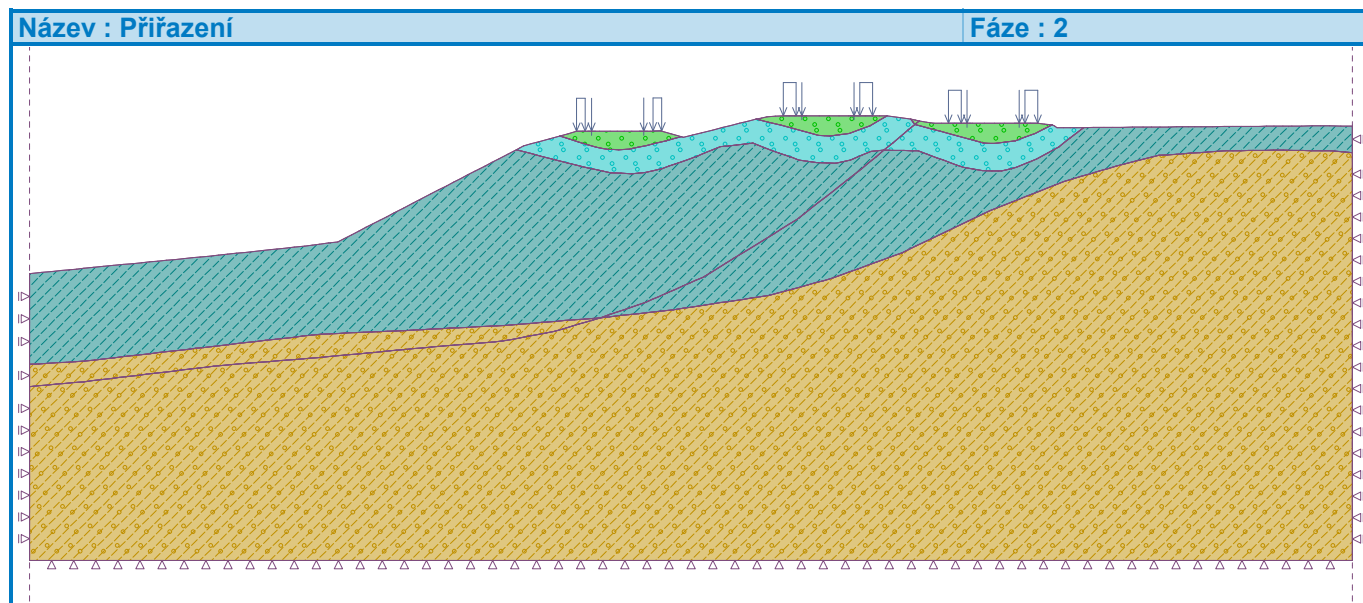
Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilizovaná pevnost [%]	35,37	16,04	5,31	23,83	16,34	100,00

Pórové tlaky (extrémy)

Veličina	Umístění		Max
	x [m]	z [m]	
Celkový pórový tlak u_{tot} [kPa]	24,66	16,34	0,00

Vstupní data (Fáze budování 2)

Přiřazení a aktivace



Přítížení

Číslo	Přítížení		Typ	Umístění / Bod 1 z [m] / x ₁ [m]	Počátek / Bod 1 x [m] / z ₁ [m]	Délka / Bod 2 l [m] / x ₂ [m]	Šířka / Bod 2 b [m] / z ₂ [m]	Sklon α [°]	Velikost		
	nové	změna							q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Ano		přímkové	na povrchu	x = 16,16			0,00	250,00		kN/m
2	Ano		přímkové	na povrchu	x = 17,66			0,00	250,00		kN/m
3	Ano		přímkové	na povrchu	x = 22,21			0,00	250,00		kN/m
4	Ano		přímkové	na povrchu	x = 23,71			0,00	250,00		kN/m
5	Ano		přímkové	na povrchu	x = 26,96			0,00	250,00		kN/m
6	Ano		přímkové	na povrchu	x = 28,46			0,00	250,00		kN/m
7	Ano		pásové	na povrchu	x = 15,73	l = 0,25		0,00	80,00		kN/m ²
8	Ano		pásové	na povrchu	x = 17,93	l = 0,25		0,00	80,00		kN/m ²
9	Ano		pásové	na povrchu	x = 21,68	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
10	Ano		pásové	na povrchu	x = 23,88	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
11	Ano		pásové	na povrchu	x = 26,43	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
12	Ano		pásové	na povrchu	x = 28,63	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²

Názvy přitížení

Číslo	Název
1	LM71
2	LM71
3	LM71
4	LM71
5	LM71
6	LM71
7	LM71
8	LM71
9	LM71
10	LM71
11	LM71
12	LM71

Voda

Typ vody : Voda není

Nastavení výpočtu

Napjatost

Metoda : Newton - Raphson
Změna matice tuhosti : neměnit
Maximální počet iterací pro jeden výp. krok : 800
Počáteční výpočtový krok : 0,25
Tolerance chyby posunutí : 0,0100
Tolerance chyby nevyrovnaných sil : 0,5500
Tolerance chyby energie : 0,0300
Respektovat materiálová rozhraní : ne

Plasticita

Tolerance chyby návratu na plochu plasticity : 0,00100
Maximální počet iterací pro jeden plastický krok : 20

Newton - Raphson

Relaxační faktor výpočtového kroku : 2,00
Maximální počet relaxací výpočtového kroku : 2
Minimální počet iterací pro jeden výp. krok : 1

Line search

Způsob řešení : neiterovat
Line search limit - minimum : 0,100
Line search limit - maximum : 1,000

Výsledky (Fáze budování 2)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

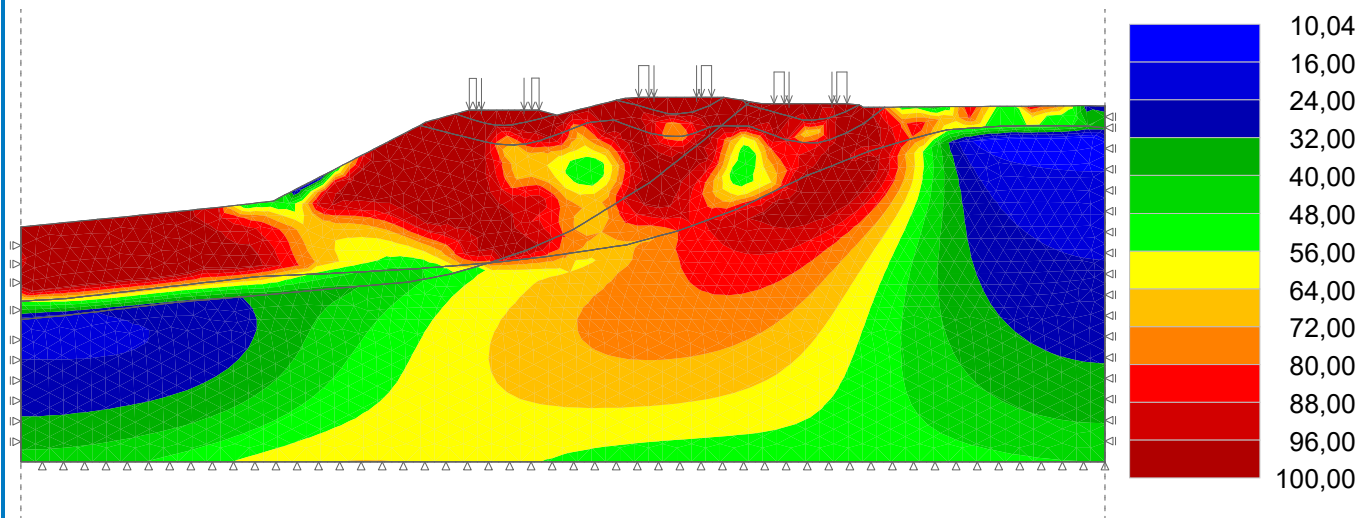
Nastavení výpočtu : **uživatelské**

Dosažené zatížení = 100,00 %

Název : Výpočet

Fáze : 2

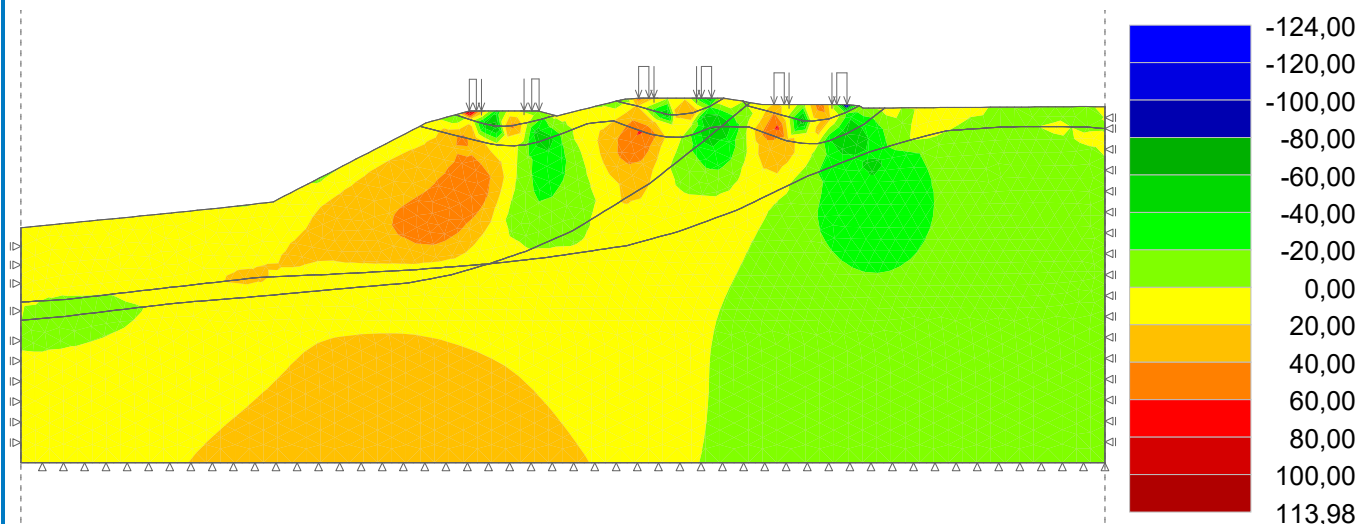
Výsledky : celkové; veličina : Mobilizovaná pevnost R_{mob} ; rozsah : <10,04; 100,00> %

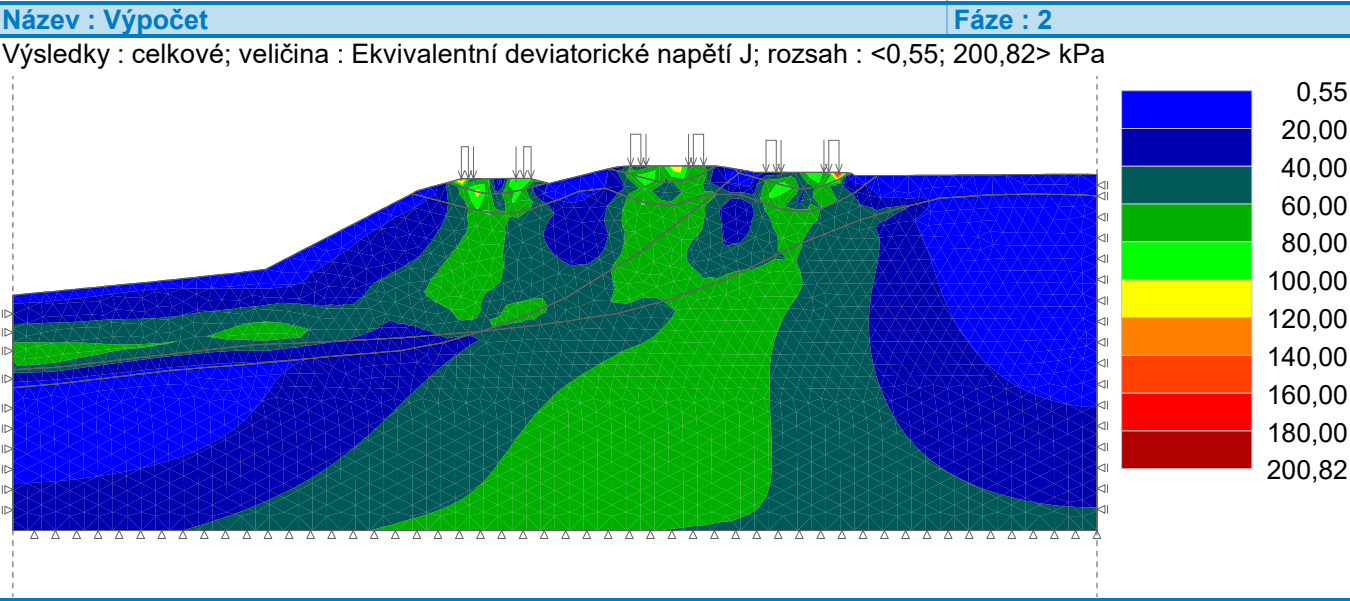


Název : Výpočet

Fáze : 2

Výsledky : celkové; veličina : Smykové napětí τ_{xz} ; rozsah : <-124,00; 113,98> kPa





Extrémy

Deformace (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Deformace x [mm]	0166257207943E5358219364656E		-54,2	13,59	9,39	84,0
Deformace z [mm]	13,59	9,39	-47,2	26,79	16,12	247,9

Napětí (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Totální napětí $\sigma_{z, tot}$ [kPa]	18,74	15,74	-98,12	22,52	3,55	310,02
Efektivní napětí $\sigma_{z, eff}$ [kPa]	18,74	15,74	-98,12	22,52	3,55	310,02
Totální napětí $\sigma_{x, tot}$ [kPa]	15,25	15,76	-57,19	28,99	16,12	447,89
Efektivní napětí $\sigma_{x, eff}$ [kPa]	15,25	15,76	-57,19	28,99	16,12	447,89
Smykové napětí τ_{xz} [kPa]	28,99	16,12	-124,00	15,73	15,89	113,98
Střední totální napětí $\sigma_{m, tot}$ [kPa]	24,66	16,34	-60,61	28,60	16,12	337,60
Střední efektivní napětí $\sigma_{m, eff}$ [kPa]	24,66	16,34	-60,61	28,60	16,12	337,60
Ekvivalentní deviatorické napětí J [kPa]	26,01	16,12	0,55	28,99	16,12	200,82
Totální hlavní napětí $\sigma_{1, tot}$ [kPa]	15,25	15,76	-80,27	28,99	16,12	490,75
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{1, eff}$ [kPa]	15,25	15,76	-80,27	28,99	16,12	490,75
Totální hlavní napětí $\sigma_{2, tot}$ [kPa]	18,74	15,74	-101,01	16,30	15,43	319,84
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{2, eff}$ [kPa]	18,74	15,74	-101,01	16,30	15,43	319,84
Totální hlavní napětí $\sigma_{3, tot}$ [kPa]	15,25	15,76	-53,28	28,60	16,12	300,48
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{3, eff}$ [kPa]	15,25	15,76	-53,28	28,60	16,12	300,48

Přetvoření (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Ekvivalentní deviatorické přetvoření E_d [%]	7,30	12,53	0,03	28,82	14,08	8,78

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření $E_{d, pl} [\%]$	17,04	14,36	0,00	29,13	15,68	6,19
Přetvoření $\varepsilon_x [\%]$	28,47	13,95	-3,06	29,55	16,00	2,37
Přetvoření $\varepsilon_z [\%]$	29,55	16,00	-2,47	22,52	5,20	5,91
Smykové přetvoření $\gamma_{xz} [\%]$	29,13	15,68	-6,20	13,01	3,55	4,43
Plastické přetvoření $\varepsilon_{x, pl} [\%]$	28,31	14,32	-2,23	29,55	16,00	2,41
Plastické přetvoření $\varepsilon_{z, pl} [\%]$	29,55	16,00	-2,47	28,47	13,95	2,40
Plastické smykové přetvoření $\gamma_{xz, pl} [\%]$	29,13	15,68	-6,12	15,79	15,58	1,92
Objemové přetvoření $\varepsilon_v [\%]$	17,10	15,90	-0,29	22,52	3,55	5,79
Plastické objemové přetvoření $\varepsilon_{v, pl} [\%]$	17,10	15,90	-0,28	28,99	16,12	0,04
Hlavní přetvoření $\varepsilon_1 [\%]$	28,82	14,08	-3,76	29,13	15,68	3,17
Hlavní přetvoření $\varepsilon_2 [\%]$	29,13	15,68	-3,09	22,02	4,95	5,93
Hlavní přetvoření $\varepsilon_3 [\%]$	24,66	16,34	0,00	24,66	16,34	0,00

Míra mobilizace (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilizovaná pevnost [%]	37,20	14,93	10,04	24,66	16,34	100,00

Pórové tlaky (extrémy)

Veličina	Umístění		Max
	x [m]	z [m]	
Celkový pórový tlak $u_{tot} [kPa]$	24,66	16,34	0,00

Stabilita svahu

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet stability skončil nestandardně.

Nastavení výpočtu : **uživatelské**

Stupeň stability FS = 0,90

Parametry zemin v poslední dokončené iteraci		
Oblast číslo	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	44,44	0,00
2	38,89	0,00
3	44,44	0,00
4	44,44	0,00
5	38,89	0,00
6	33,33	6,67
7	44,44	0,00
8	33,33	6,67
9	20,00	20,00
10	20,00	20,00

[W108] Výpočet nezkonvergoval v 1. kroku. Konstrukce je nestabilní.

Extrémy

Napětí (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Žádné hodnoty nebyly spočteny						

Přetvoření (extrémy)

Veličina	Umístění		Min	Umístění		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření $E_{d, pl}$ [%]	18,51	10,76	0,00	15,25	15,76	2,68
Plastické přetvoření $\epsilon_{x, pl}$ [%]	16,30	15,43	-0,99	15,25	15,76	1,00
Plastické přetvoření $\epsilon_{z, pl}$ [%]	15,25	15,76	-1,21	16,30	15,43	1,32
Plastické smykové přetvoření $\gamma_{xz, pl}$ [%]	29,13	15,68	-1,29	15,79	15,58	2,37
Plastické objemové přetvoření $\epsilon_{v, pl}$ [%]	16,70	15,89	-0,68	16,94	15,36	0,11

Pórové tlaky (extrémy)

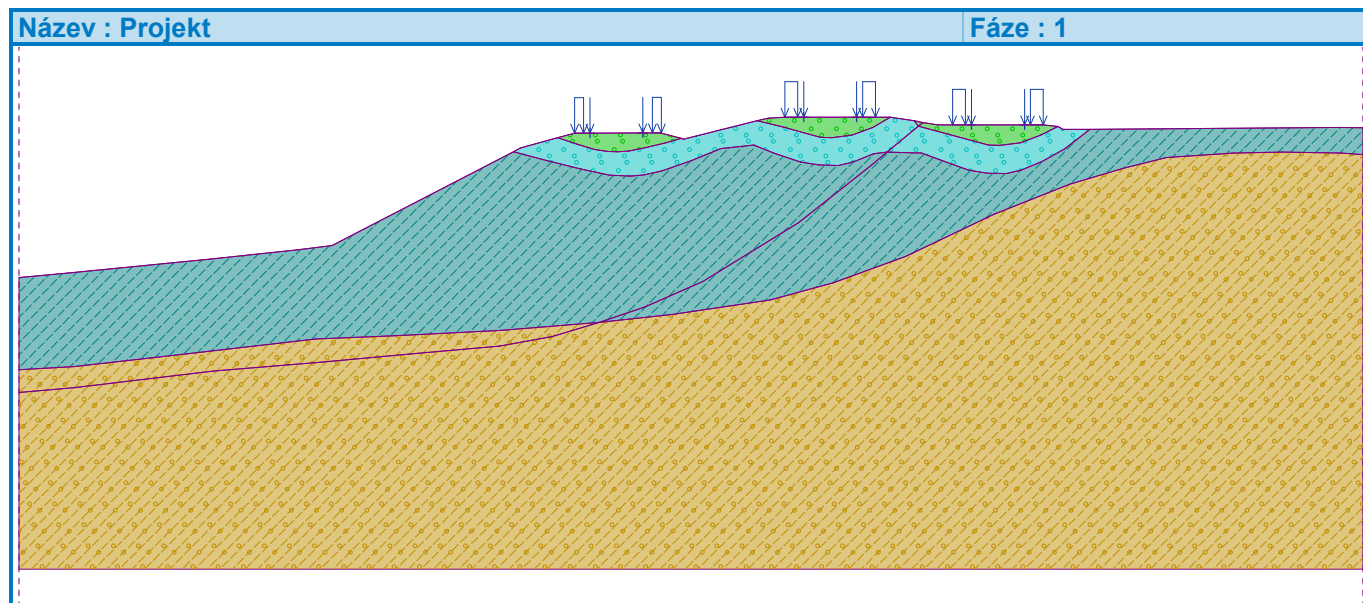
Veličina	Umístění		Max
	x [m]	z [m]	
Žádné hodnoty nebyly spočteny			

Výpočet stability svahu

Vstupní data (Fáze budování 1)

Projekt

Akce : Havárie zhotoveného rozšíření náspu
Část : Globální stabilita
Vypracoval : Dipl.-Ing. Juraj Ortuta
Datum : 27. 2. 2023



Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA3



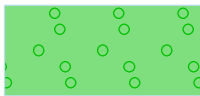
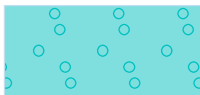




Stabilitní výpočty

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Výpočet zemětřesení : Standard
Návrhový přístup : 3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Stav STR		Stav GEO	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$			1,00 [-]	

Součinitele redukce materiálu (M)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,25 [-]	
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,25 [-]	
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,40 [-]	

Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	GT3-Anh		30,00	6,00	19,50
2	GT4-Tj		18,00	18,00	17,50
3	GT1-Anm		40,00	0,00	21,00
4	GT2-Anp		35,00	0,00	19,00
5	GT3-Anh_zosuv_1/3		20,00	4,00	19,50
6	GT4-Tj_zosuv_1/3		12,00	12,00	17,50
7	GT3-Anh_zosuv_2/3		10,00	2,00	19,50
8	GT4-Tj_zosuv_2/3		6,00	6,00	17,50

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	GT3-Anh		20,50		
2	GT4-Tj		18,50		
3	GT1-Anm		22,00		
4	GT2-Anp		20,00		
5	GT3-Anh_zosuv_1/3		20,50		

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
6	GT4-Tj_zosuv_1/3		18,50		
7	GT3-Anh_zosuv_2/3		20,50		
8	GT4-Tj_zosuv_2/3		18,50		

Parametry zemin

GT3-Anh

Objemová tíha : $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 30,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 6,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj

Objemová tíha : $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 18,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 18,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

GT1-Anm

Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 40,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

GT2-Anp

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 35,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

GT3-Anh_zosuv_1/3

Objemová tíha : $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 20,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 4,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj_zosuv_1/3

Objemová tíha : $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 12,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

GT3-Anh_zosuv_2/3

Objemová tíha : $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 10,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 2,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

GT4-Tj_zosuv_2/3

Objemová tíha : $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 6,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 6,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Přetížení

Číslo	Typ	Působení	Umístění	Počátek	Délka	Šířka	Sklon $\alpha [^\circ]$	Velikost		
			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]		q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	jednotka
1	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 16,16			0,00	250,00		kN/m
2	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 17,66			0,00	250,00		kN/m
3	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 22,21			0,00	250,00		kN/m
4	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 23,71			0,00	250,00		kN/m
5	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 26,96			0,00	250,00		kN/m
6	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 28,46			0,00	250,00		kN/m
7	pásové	proměnné	na povrchu	x = 15,73	l = 0,25		0,00	80,00		kN/m ²
8	pásové	proměnné	na povrchu	x = 17,93	l = 0,25		0,00	80,00		kN/m ²
9	pásové	proměnné	na povrchu	x = 21,68	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
10	pásové	proměnné	na povrchu	x = 23,88	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
11	pásové	proměnné	na povrchu	x = 26,43	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²
12	pásové	proměnné	na povrchu	x = 28,63	l = 0,36		0,00	80,00		kN/m ²

Názvy přetížení

Číslo	Název
1	LM71
2	LM71
3	LM71
4	LM71
5	LM71
6	LM71
7	LM71
8	LM71
9	LM71
10	LM71
11	LM71
12	LM71

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zemětřesení

Se zemětřesením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1 (fáze 1)

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	12,21 [m]	Úhly :	α_1 =	-19,23 [°]
	z =	17,86 [m]		α_2 =	63,56 [°]
Poloměr :	R =	4,42 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Celková tíha zeminy nad smykovou plochou: 107,32 kN/m

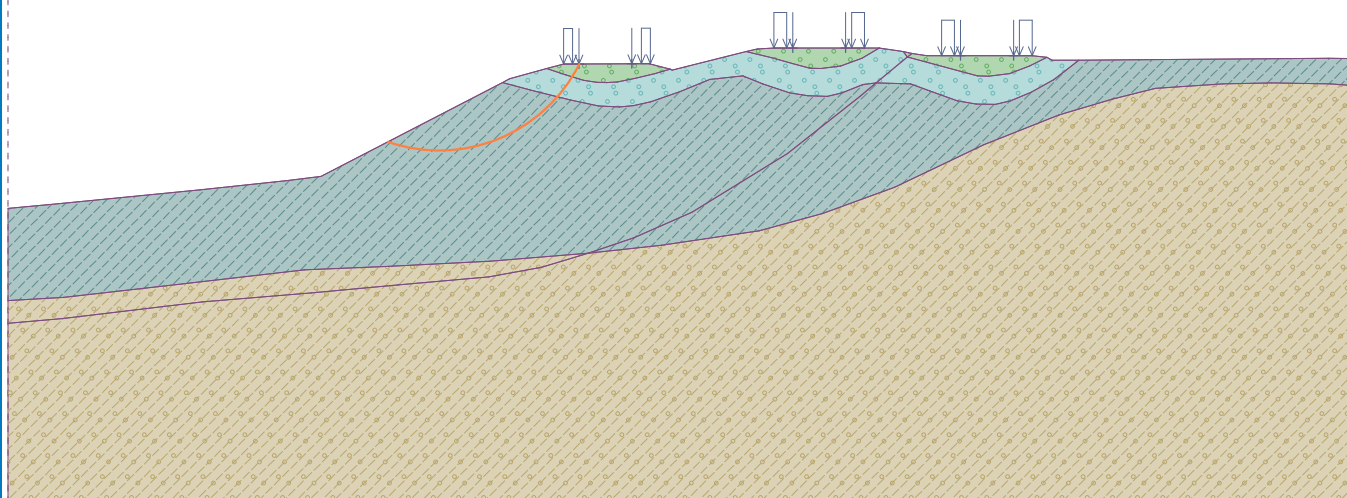
Posouzení stability svahu (Janbu)

Využití : 148,8 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE

Název : Výpočet

Fáze - výpočet : 1 - 1



Výsledky (Fáze budování 2)

Výpočet 1 (fáze 2)

Kruhová smyková plocha

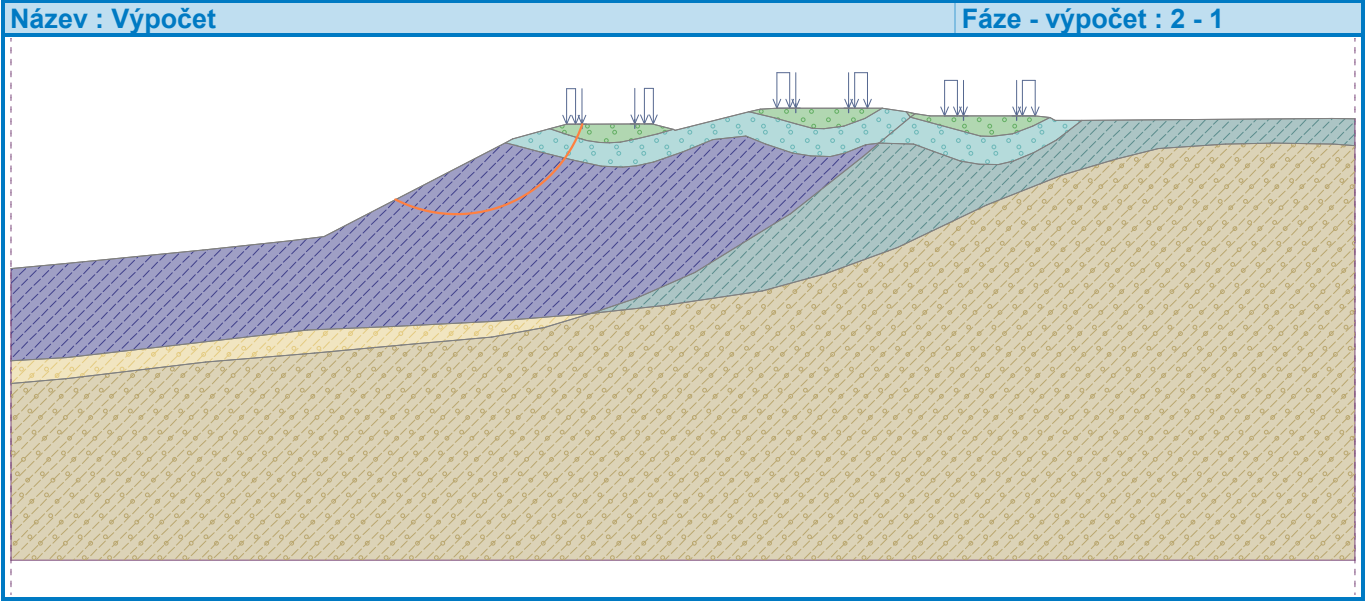
Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	12,60 [m]	Úhly :	α ₁ =	-27,02 [°]
	z =	17,12 [m]		α ₂ =	71,04 [°]
Poloměr :	R =	3,78 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Celková tíha zeminy nad smykovou plochou: 120,86 kN/m

Posouzení stability svahu (Janbu)

Využití : 198,4 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Výsledky (Fáze budování 3)

Výpočet 1 (fáze 3)

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	10,72 [m]	Úhly :	α ₁ =	-22,86 [°]
	z =	19,20 [m]		α ₂ =	62,56 [°]
Poloměr :	R =	7,17 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Celková tíha zeminy nad smykovou plochou: 287,97 kN/m

Posouzení stability svahu (Janbu)

Využití : 374,3 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE

