



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Doprava

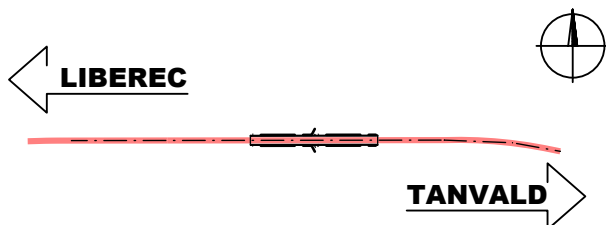
Ministerstvo dopravy  
Státní fond dopravní  
infrastruktury



Jiná ověření:

Paré:

Orientační schéma:



Razítko oprávněné osoby:

Podpis:

Datum:

Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
O00	27.10.2023	Definitivní odevzdání dokumentace	Ing. Vladimír Prajzler

Stavebník/Investor: **Správa železnic, státní organizace**  
Adresa: Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1  
Zástupce investora: Ing. Jiří Záruba  
Adresa: Ke Štvanici 656/3, 186 00 Praha 8 - Karlín



Zhotovitel díla: **Sdružení "SAGAMB Liberec - Tanvald"**  
Adresa: Novodvorská 1010/14, 142 00, Praha 4 - Lhotka  
Kontakt: T: +420 261 344 100  
E: info@sagasta.cz



Zhotovitel části/objektu: **SAGASTA s.r.o.**  
Adresa: Novodvorská 1010/14, 142 00, Praha 4 - Lhotka  
Kontakt: T: +420 261 344 100  
E: info@sagasta.cz



Hlavní projektant (HIP): Ing. Libor Mařík Specialista: Ing. Vladimír Prajzler

Název stavby/akce:	REKONSTRUKCE DOLNOLUČANSKÉHO TUNELU V TRATI LIBEREC - HARRACHOV	Označení investora: S631600409
		Zakázka: 120 142
Název části:	INŽENÝRSKÉ OBJEKTY - TUNELY	Označení části: <b>D.2.1.7</b>
Název objektu/dílčí části:	DOLNOLUČANSKÝ TUNEL 02 ROZŠÍŘENÍ A ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU	Označení objektu/komplexu: <b>SO 11-40-01</b>
Název přílohy:	STATICKÝ VÝPOČET PRIMÁRNÍHO OSTĚNÍ	Číslo přílohy (typ/pořadí): <b>3.001</b>
Název dílčí části přílohy:		
Odpovědný projektant: Ing. Libor Mařík	Zpracovatel přílohy: Bc. Jozef Kostúrik	Měřítko: - Formáty: 59 x A4
Kraj: Liberecký	Katastrální území: Lučany nad Nisou [688258]	TUDU: 167114
		Smluvní datum zpracování: <b>10/2023</b>

S-kód:	Stupeň dokumentace:	Část:	Objekt:	Podoblast:	Příloha:	Revize:
5 5 1 3 5 2 0 0 3 3	- P D P S	- D 2 1 7 X	- S O 1 1 4 0 0 1	- 0 2	- 3 - 0 0 1	- 0 0 0



## Obsah

<b>1</b>	<b>IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PODKLADY.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>NORMY A PŘEDPISY.....</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>SOFTWARE .....</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY .....</b>	<b>4</b>
	7.1 Předkvartérní podklad .....	4
	7.2 Kvartérní pokryv .....	4
	7.3 Hydrogeologické poměry .....	4
<b>8</b>	<b>GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>5</b>
<b>9</b>	<b>PRACOVNÍ POSTUP PŘI RAŽBĚ A ZAJIŠŤOVÁNÍ VÝRUBU.....</b>	<b>5</b>
<b>10</b>	<b>PRVKY ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU.....</b>	<b>6</b>
	10.1 Stříkaný beton .....	6
	10.2 Výztužné sítě.....	6
	10.3 Kotvy .....	7
	10.4 Jehly .....	7
	10.5 Délka záběru .....	7
	10.6 Příhradové rámy .....	7
<b>11</b>	<b>VÝPOČET MKP .....</b>	<b>7</b>
	11.1 Výpočetní model.....	7
	11.1.1 Geometrie sítě konečných prvků.....	7
	11.1.2 Okrajové podmínky.....	8
	11.1.3 Materiály.....	8
	11.2 Fáze výpočtu a zatěžovací stavy .....	8
<b>12</b>	<b>POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PRIMÁRNÍHO OSTĚNÍ .....</b>	<b>9</b>
<b>13</b>	<b>PREZENTACE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>10</b>
<b>14</b>	<b>ZÁVĚRY .....</b>	<b>11</b>
	14.1 Únosnost primárního ostění.....	11
	14.2 Postup ražby .....	11
	14.3 Deformace .....	11

## 1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Investor:	Správa železnic, s.o. 110 00 Praha 1 - Nové Město, Dlážďená 1003/7
Název stavby:	Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec - Harrachov
Stavební objekt:	SO 11-40-01 Dolnolučanský tunel
Podobjekt:	SO 11-40-01.02 Rozšíření a zajištění výrubu
Kraj:	Liberecký
Okres:	Jablonec nad Nisou
Katastrální území:	Lučany nad Nisou [688258]
TUDU:	167114
Stupeň dokumentace:	Projektová dokumentace pro provádění stavby (PDPS)

## 2 ÚVOD

Tento statický výpočet je součástí projektové dokumentace „Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec - Harrachov, SO 11-40-01 Dolnolučanský tunel, SO 11-40-01.02 Rozšíření a zajištění výrubu“.

Stávající jednokolejný tunel leží na trati Jablonec nad Nisou - Tanvald, uvedené do provozu v roce 1894, jakožto součást spojení Liberec - Harrachov. Tunel v žkm 17,841 300 - 17,923 800 je délky 82,5 m, vyražen v horninovém masivu liberecké žuly, s nadloží cca 15 m. Tunelová trouba je v celé délce zajištěna původní masivní obezdívkou z žulových kvádrů. Vzhledem ke stavu obezdívky, její propustnosti kvůli chybějící izolaci, a dále též dispozičnímu řešení tunelového profilu, které nevyhovuje současným požadavkům na prostorovou průchodnost, je navržena celková rekonstrukce tunelu.

Navržená rekonstrukce tunelové trouby v raženém úseku spočívá v demontáži původní obezdívky, přeražení na zvětšený profil, provedení hydroizolačního systému a zřízení nového železobetonového ostění.

Tento výpočet se zabývá statickým návrhem tunelu ve fázi primárního zajištění výrubu.

Způsob primárního zajištění výrubu je popsán pomocí technologických tříd výrubu (TTV). Tyto třídy jsou charakterizovány tloušťkou primárního ostění, počtem a rozměry výztužných sítí, počtem a délkou kotev, jehel a délkou záběru. Na základě výsledků z průzkumných prací je pro ražbu tunelu navržen systém tří technologických tříd výrubu TTV 4-MP (s deštníkem v úvodním příportálovém úseku), TTV 4 a TTV 3. Návrh jednotlivých TTV je podrobně doložen ve výkresové části projektové dokumentace.

V úseku tunelu se v závislosti na skutečně zastižených geotechnických podmínkách během ražby předpokládá použití tříd TTV 4, případně TTV 3. Primární zajištění dle třídy TTV 4 je navrženo pro horší kvalitu zastižené horniny (zvětralá žula, zatřídění R3). Nasazení třídy TTV 3 je naopak předpokládáno v hornině vyšší kvality. V žádné z navržených TTV se nepředpokládá uzavření profilu spodní klenbou (resp. dnem) ze stříkaného betonu.

Statické posouzení je provedeno pouze pro třídu TTV 4, tzn. pro horší kvalitu zastižené horniny (zvětralá žula, zatřídění R3).

V provedeném výpočtu je analyzován napjatostně - deformační stav horninového masivu během jednotlivých fází výstavby, únosnost primárního ostění spolupůsobícího s horninou a jeho deformace.

Pro získání věrohodných výsledků je nutné ve výpočtu zohlednit pracovní postup výstavby. Úloha je proto řešena pomocí metody konečných prvků, pro vlastní matematický model je použito programu GEO5 - MKP.

Statický výpočet je zpracován dle systému Eurokódů (EC).

### 3 PODKLADY

Pro zpracování výpočtů bylo použito následujících podkladů:

- [I] Investiční akce „Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec - Harrachov“ - Záměr projektu (SAGASTA, s.r.o., 10/2022);
- [II] „Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec - Harrachov“ - Doprovodná dokumentace k Záměru projektu (SAGASTA, s.r.o., 03/2021);
- [III] Stavebně geologické posouzení Dolnolučanského tunelu a přilehlých předzářezů na trati Liberec - Tanvald (GEOTEST, s.p. Brno, 06/1989);
- [IV] Stavebnětechnický průzkum s názvem: Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec - Harrachov (TESIA, s.r.o., Brno, 06/2023);
- [V] souběžně zpracovávaná PDPS (SAGASTA, s.r.o., 07/2023), zejména:

situace;

vzorové příčné řezy;

charakteristické příčné řezy;

podélné řezy;

technologické třídy výrubu a postup ražby;

geometrie a skladba ostění.

### 4 NORMY A PŘEDPISY

ČSN EN 1990 (ed.2)	EC: Zásady navrhování konstrukcí + změny
ČSN EN 1991-1-1	EC 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1992-1-1	EC 2: Navrhování beton. kcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1997-1	EC 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla
ČSN EN 1998-1	EC 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla + změna Z4
ČSN EN 206 + A2	Beton- Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN 73 1001	Základová půda pod plošnými základy
ČSN 73 1101	Navrhování zděných konstrukcí
ČSN 73 7508	Železniční tunely

TKP ČD Kapitola 20 Tunely

### 5 SOFTWARE

Program GEO5 - MKP, verze 5.2023.56.0 (32 bit) , FINE spol. s r.o.;

program FIN EC - Beton, verze 11.2023.19.0 (64 bit), FINE spol. s r.o.;

tabulkový procesor Excel

## 6 LITERATURA

- [1] Straka, J.: Podzemní stavby (SNTL, 1966)
- [2] Barták, J., Pruška, J.: Podzemní stavby (ČVUT FSv, 2011)
- [3] Zapletal, A.: Statika NRTM: Kvasireologická formulace výpočtu vlivu zranění a dotvarování stříkaného betonu na únosnost a přetvoření primárního ostění (Tunel, 4/98)
- [4] Kielbassa, S., Duddeck, H.: Stress-Strain Fields at the Tunnelling Face – Three-dimensional Analysis for Two-dimensional Technical Approach (Rock Mechanics and Rock Engineering, 91)
- [5] Bieniawski, Z.T.: Engineering Rock Mass Classifications (John Wiley & Sons, 1989)
- [6] Klečka, T., Bouška, P., Kolísko, J.: Vlastnosti stříkaných betonů v počátečním stádiu tvrdnutí (sborník z konference Sanace betonu, Brno, 97)
- [7] Zásady pro používání stříkaného betonu (Český tunelářský komitét ITA/AITES) (03/2003)

## 7 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Objekt raženého tunelu je situován jihozápadně od města Lučany nad Nisou. Zájmové území se nachází v Jizerské hornatině, která je podcelkem orografického celku Jizerské hory. Trať protíná v předmětném úseku plochý hřbet Paseckého vrchu.

### 7.1 Předkvartérní podklad

Tunel je vyražen v západní části Krkonošsko-jizerského žulového masivu. Masiv je petrograficky jednotvárný a je budován převážně hrubě až středně zrnitými žulami složenými z křemene, draselného živce, plagioklasu a biotitu, v menší míře též muskovitu, amfibolitu a jiných akcesorických součástí. Masiv obecně je prostoupen řadou výrazných poruch (většinou pokřídového stáří), v zájmovém území je čteněji zastoupen směr zlomů SV-JZ, méně pak směr S-J.

Hloubka zvětrávání žul v zájmovém území je proměnná, závislá na značném množství poruch, podél nichž zvětrání prostupuje do velkých hloubek. Stupeň narušení horniny (zjištěný v předzářezech tunelu) je značný - bloky zdravé horniny jsou nalézány jen ojediněle. Ve stěnách zářezů převládá hornina zvětralá a navětralá, místy i rozložená na celou výšku stěn.

### 7.2 Kvartérní pokryv

Kvartérní pokryv je v zájmovém území tvořen produkty zvětrávání žul. Žuly se zvětráváním rozpadají na eluvium převážně písčité, jehož svrchní horizont přechází v deluviální sedimenty - svahové písčité hlíny, řidčeji sutě. Nejsvrchnější vrstvu tvoří ornice.

### 7.3 Hydrogeologické poměry

Z hlediska hydrogeologie jde o území chudé na podzemní vodu. Voda se vyskytuje sporadicky v poruchách a otevřených puklinách, a to v závislosti na srážkových dotacích. Vody vykazují mírnou agresivitu na betonové konstrukce.

## 8 GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI PROSTŘEDÍ

Geotechnické poměry v zájmové lokalitě a v oblasti tunelu byly vyhodnoceny v dokumentaci [III] a [IV]. V rámci průzkumných prací [IV] byly provedeny vertikální vrty délky 5 m v ose tunelu přes stávající obezdívky do blízkého nadloží tunelu. Na základě výsledků laboratorních zkoušek pevnosti horniny v jednoosém tlaku a s přihlédnutím ke stupni její degradace, zejména zvětrání, bylo provedeno zatřídění horniny (R). K popsání kvality masivu (v blízkém nadloží tunelu) bylo využito klasifikací RQD a RMR (Bieniawski, 1989). Pro zpracování statických výpočtů je přihlédnuto k zatřídění hornin dle ČSN 73 1001.

V souladu s ohodnocením GT podmínek v průzkumných pracech byly stanoveny geotechnické parametry hornin vstupující do výpočtů dle Tab. č.1 pro zastižené kategorie horniny. Výpočet je proveden pro horší kvalitu ze zastižených hornin (zvětralá žula, zatřídění R3 - viz tabulka níže).

Tab.1: Geotechnické parametry horninového prostředí (návrhové hodnoty)

Hornina	Zatřídění horniny	$\gamma$	$\sigma_{ucs}$	Edef	$\nu$	$\varphi$	c
		[kN/m <sup>3</sup> ]	[MPa]	[MPa]	[ - ]	[ ° ]	[kPa]
<b>Žula, zvětralá</b>	R3	25,0	30	800	0,25-0,30	38	50
<b>Žula, navětralá až zdravá</b>	R2	26,0	70	2000	0,20	40	80

V tab. 1 je

- $\gamma$  objemová tíha;
- $\sigma_{ucs}$  pevnost neporušeného vzorku horniny v jednoosém tlaku;
- Edef modul přetvárnosti masivu;
- $\nu$  Poissonova konstanta;
- $\varphi$  úhel vnitřního tření;
- c soudržnost.

## 9 PRACOVNÍ POSTUP PŘI RAŽBĚ A ZAJIŠŤOVÁNÍ VÝRUBU

V provedeném výpočtu se uvažuje s následujícím pracovním postupem:

- demontáž stávající žulové obezdívky po záběrech;
- přeražení výrubu na zvětšený profil (předpokládané rozšíření cca 0,5 m na každou stranu);
- primární zajištění výrubu (příhradové rámy, sítě, stříkaný beton, kotvy, jehly).

## 10 PRVKY ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU

Primární zajištění výrubu se sestává z následujících prvků.

### 10.1 Stříkaný beton

Primární ostění ze stříkaného betonu je:

ve třídě výrubu TTV 4-MP: - tloušťky 200 mm;  
ve třídě výrubu TTV 4: - tloušťky 200 mm;  
ve třídě výrubu TTV 3: - tloušťky 150 mm.

Ve výpočtech se uvažuje stříkaný beton SC 20/25. Vycházíme přitom z předpokladu, že plné zatížení na ostění se vyvine po 3 dnech.

Nárůsty modulu pružnosti  $E(t)$  a pevnosti stříkaného betonu byly určeny s využitím experimentálních měření uvedených v [6] a [7]. Při stanovení modulu pružnosti „mladého“ betonu je uvaženo již probíhající dotvarování v jeho počátečních stádiích. Dále bylo přihlédnuto k závislostem nárůstu pevnosti betonu v tlaku v čase dle ČSN EN 1992-1-1.

Reologické vlastnosti stříkaného betonu uvažované ve výpočtech ostění jsou uvedeny v následující Tab. 2.

Tab. 2: Vlastnosti stříkaného betonu – charakteristické hodnoty

Stříkaný beton <b>SC 20/25</b>	$E(t)$		$\nu$	$f_{ck}(t)$
	[MPa]		[ - ]	[MPa]
v čase $t = 3$ dny („mladý“ beton)	5 000		0,2	10,6
s konečnými parametry („starý“ beton) $t = 28$ dní	18 000		0,2	20,0

V uvedené tabulce je:

$E(t)$  modul pružnosti betonu v čase;

$\nu$  Poissonova konstanta;

$f_{ck}(t)$  charakteristická pevnost betonu v tlaku v čase.

### 10.2 Výztužné sítě

Do ostění jsou instalovány výztužné sítě typu Q 188 (6/150 x 6/150 mm):

ve třídě výrubu TTV 4-MP: 2x, tj. při obou površích vrstvy stříkaného betonu;  
ve třídě výrubu TTV 4: 2x, tj. při obou površích vrstvy stříkaného betonu;  
ve třídě výrubu TTV 3: 1x, při vnějším líci (u hory) vrstvy stříkaného betonu.

Při posouzení průřezu jsou výztužné sítě zohledněny.



### 10.3 Kotvy

Součástí zajištění výrubu ve třídách TTV 4 a TTV 3 jsou kotvy délky 3 m.

Schéma rozmístění kotev na rozvinutém plášti ostění je obsaženo v projektové dokumentaci.

Ve výpočtu je použití kotev zohledněno zvýšením hodnot soudržnosti materiálu v prokotvené oblasti masivu v okolí výrubu. Na působení kotev je zde nahlíženo jako na vylepšení geotechnických vlastností horninového prostředí v okolí výrubu, jehož celistvost uvažovaná ve výpočtu je ve skutečnosti porušena diskontinuitami. „Zlepšení“ vlastností masivu je závislé na počtu kotev a samotných vlastnostech masivu.

Vliv kotev je ve výpočtu zohledněn zvýšením soudržnosti „c“ masivu o hodnotu 30 kPa.

### 10.4 Jehly

Ve všech třídách výrubu jsou navrženy jehly. Jejich poloha a parametry jsou definovány ve výkresové části projektové dokumentace. Vliv jehlování není ve výpočtu zaveden.

### 10.5 Délka záběru

Navržené třídy výrubu se vzájemně liší délkou záběru. Délky záběru jsou:

ve třídě výrubu TTV 4-MP:	$L = 1,0 \text{ m}$ ;
ve třídě výrubu TTV 4:	$L = 1,5 \text{ m}$ (rozpětí 1,3 – 1,8 m);
ve třídě výrubu TTV 3:	$L = 2,0 \text{ m}$ (rozpětí 1,8 – 2,3 m).

### 10.6 Příhradové rámy

Při ražbě jsou ve vzdálenostech rovnajících se délce záběru osazovány příhradové rámy. Předpokládaná výška profilu rámu je  $H = 116 \text{ mm}$  (tloušťka ostění 200 mm), resp.  $H = 93 \text{ mm}$  (tloušťka ostění 150 mm). Jejich vliv není ve výpočtu zaveden.

## 11 VÝPOČET MKP

### 11.1 Výpočetní model

#### 11.1.1 Geometrie sítě konečných prvků

Pro řešenou úlohu je vytvořena síť konečných prvků. Přitom je modelována výška nadloží hodnotou 15 m. Síť konečných prvků v modelu zohledňuje zvětšený profil tunelu a velikost prokotvené zóny. Z praktických důvodů je původní žulová obezdívka modelována pomocí 2D prvků a primární ostění ze stříkaného betonu je zavedeno pomocí prutových 1D prvků (beam elements) umístěných na hranici výrubu.

Výpočetní profil je možno analyzovat na symetrické (v tomto případě pravé) polovině modelu. Podmínky symetrie jsou zavedeny na levé hraně modelu, která je osou symetrie celé úlohy.

V modelech je vymezena dostatečně velká oblast, jejíž ohraničení leží mimo dosah ovlivnění masivu výrubem tunelu.

Síť prvků je dělena s dostatečnou podrobností v oblasti tunelu a jeho blízkém okolí, se vzrůstající vzdáleností od tunelu se snižuje i hustota dělení sítě. Jsou použity izoparametrické konečné prvky čtyřúhelníkové 8-uzlové (plošné), trojúhelníkové 6-uzlové (plošné). Model ostění ze stříkaného betonu je zaveden pomocí prutových prvků 3-uzlových.

Model je umístěn v souřadnicovém systému X, Z. Pro určení souřadnic bodů modelu směřuje kladná vodorovná osa X zleva doprava, kladná svislá osa Z směřuje vzhůru. Pro popis přemístění uzlů směřuje kladná vodorovná osa X zprava doleva, kladná svislá osa Z směřuje shora dolů.

### 11.1.2 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky jsou v modelu stanoveny následujícím způsobem:

na spodní vodorovné hranici oblasti je zamezeno posunu ve směru os X a Z;

na bočních svislých hranicích oblasti je zamezeno posunu ve směru osy X (vodorovný směr). Levá hranice modelu je totožná s osou symetrie řešeného problému.

### 11.1.3 Materiály

Skupinám prvků modelu jsou v průběhu výpočtu přiřazovány materiálové vlastnosti, které odpovídají parametrům horninového prostředí, prokotvené oblasti, stávající žulové obezdívky a stříkaného betonu.

Horninové prostředí je modelováno jednou geotechnickou vrstvou. Ve výpočtu je toto prostředí považováno za homogenní, izotropní a pružně plastické, při použití materiálového modelu podle Mohr - Coulomba. V modelu je omezeno působení horniny v tahu ( $\sigma_{\text{t}} = 5 \text{ kPa}$ , resp.  $10 \text{ kPa}$  v prokotvené oblasti).

Stávající žulová obezdívka je modelována jako pružný materiál ( $E = 3\,000 \text{ MPa}$ ,  $\nu = 0,20$ ). V zavedených přetvárných parametrech je zohledněn vliv spár mezi žulovými kvádry.

Stříkaný beton primárního ostění je uvažován jako pružný a reologický. Jsou uvažovány změny modulu pružnosti a pevnosti betonu v čase. V počátečním stadiu („mladý“ beton) se přihlíží k účinkům dotvarování.

## 11.2 Fáze výpočtu a zatěžovací stavy

Pro správné stanovení výchozích podmínek napjatosti v horninovém masivu je ve výpočtu nejprve vyšetřen stav se stávající žulovou obezdívkou (**Fáze výpočtu 1 – 4**). A až následně je řešena demontáž této žulové obezdívky a primární zajištění výrubu (**Fáze výpočtu 5 – 6**).

<b>Fáze 1</b>	geostatická primární napjatost masivu;
<b>Fáze 2</b>	částečné uvolnění napětí v oblasti výrubu;
<b>Fáze 3 a 4</b>	uvolnění zbývajících napětí v oblasti výrubu, aktivace žulové obezdívky;
<b>Fáze 5</b>	částečné uvolnění napětí v žulové obezdívce;
<b>Fáze 6</b>	uvolnění zbývajících napětí v žulové obezdívce, aktivace primárního zajištění výrubu („mladý“ stříkaný beton + prokotvená oblast).

#### Poznámky k fázím výpočtu:

- V modelu je pro fáze uvolnění použita tzv. metoda opěrných napětí. Materiál odstraněný z oblasti budoucího výrubu („exkavace“) je nahrazen reakcí na líci výrubu, redukovanou dle stupně relaxace (LAMBDA) na hodnotu  $(1 - \text{LAMBDA}) \cdot \sigma$ . Relaxačními silami je zatížen nezajištěný výrub, zbývajícím podílem napjatosti je v následující fázi zatížen rub instalovaného ostění. Stupně relaxace LAMBDA pro každou fázi výpočtu jsou uvedeny v přílohové části.
- Předpokládané vertikální zatížení stávající žulové obezdívky odpovídá náhradní výšce horninového materiálu cca 5 m. Tato výška tvoří přibližně jednu třetinu celkové výšky nadloží tunelu (15 m). Tohoto předpokladu je v modelu dosaženo prostřednictvím 70% uvolnění napjatosti v oblasti výrubu (**Fáze výpočtu 2**). Zbývajícím podílem napjatosti (30 %) je v následujících fázích výpočtu zatížen rub žulové obezdívky.
- **Fáze výpočtu 3 a 4** reprezentují jeden zatěžovací stav. Rozdělení do dvou fází výpočtu je v softwaru GEO5 - MKP provedeno z praktických důvodů, které souvisí s procedurou „exkavace“ a následnou aktivací 2D prvků v „exkavované“ oblasti. Pro správný přenos zbývajících napětí na žulovou obezdívku je využito dočasně aktivovaných neposuvných liniových podpor umístěných na líc výrubu.
- Ve výpočtu je zohledněn prostorový efekt při roznosu zatížení masivem v podélném směru tunelu během demontáže žulové obezdívky po záběrech. Tento efekt je v 2D modelu zaveden prostřednictvím 30% uvolnění napjatosti v prvcích, které představují stávající obezdívku (**Fáze výpočtu 5**). Zbývajícím podílem napjatosti (70 %) je v následující fázi výpočtu zatížen rub instalovaného primárního ostění.

#### Přírodní seizmické vlivy:

Referenční špičkové zrychlení v předmětné lokalitě (Jablonec nad Nisou) pro skalní podloží (typ A, součinitel podloží  $S = 1,0$ ) je  $a_g R = 0,04 \cdot g$ , (ČSN EN 1998-1, změna Z4, NA.2.6, čl. 3.2.1). Součinitel významu stavby  $\gamma_{al} = 1,2$  (čl. 4.2.5). Návrhové zrychlení  $a_g = \gamma_{al} \cdot a_g R = 1,2 \cdot 0,04 \cdot g = 0,048 \cdot g$  [ $m/s^2$ ]. Pak součin  $a_g \cdot S = 0,048 \cdot g \cdot S = 0,048 \cdot g$  [ $m/s^2$ ] je menší než  $0,05 \cdot g$ , a jedná se tedy o případ velmi malé seizmicity (čl. 3.2.1 (5), poznámka + NA.2.8), kdy není třeba dodržovat ustanovení ČSN EN 1998. Přírodní seizmické vlivy proto nejsou ve výpočtu dále analyzovány.

## 12 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PRIMÁRNÍHO OSTĚNÍ

V rámci výpočtu bylo provedeno posouzení železobetonového průřezu pro vypočtené kombinace vnitřních sil M, N dle ČSN EN 1992-1-1. K posouzení bylo použito interakčního diagramu M, N sestaveného programem FIN EC - Beton, společnosti FINE spol. s r.o.

Posouzení únosnosti je provedeno s parametry „mladého“ stříkaného betonu SC 20/25 dle Tab. 2.

Při posouzení je z důvodu nižšího stupně vyztužení (ve srovnání s  $\rho_{\min}$ ) uvažováno s redukovanou hodnotou pevnosti betonu prostřednictvím součinitele  $\alpha_{facc} = 0,9$ .

Dílčí součinitel pro pevnost stříkaného betonu v tlaku je  $\gamma_c = 1,5$ .

Návrhová hodnota pevnosti „mladého“ stříkaného betonu v tlaku je:

$$f_{cd}(t) = \alpha_{facc} \cdot f_{ck}(t) / \gamma_{mac} = 0,9 \cdot 10,6 / 1,5 = 6,4 \text{ MPa (t = 3dny)}.$$

Výztužné sítě jsou z oceli B500 B, charakteristická mez kluzu  $f_{yk} = 500$  MPa.

Dílčí součinitel pro pevnost oceli je  $\gamma_s = 1,15$ .

Návrhová pevnost oceli je

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa.}$$

Spolupůsobení výztužné oceli s "mladým" betonem je zohledněno redukcí pevnosti oceli na 60 %:

$$f_{yd}^* = 260 \text{ MPa.}$$

Příhradové rámy nejsou započítány.

Pro TTV 4 je posouzen obdélníkový železobetonový průřez SC 20/25 o rozměrech  $h = 0,200$  m,  $b = 1,0$  m. Vyztužení je realizováno sítěmi Q 188 (6/150 x 6/150 mm) při obou površích. Návrhové krytí nosné výztuže je 40 mm.

### 13 PREZENTACE VÝSLEDKŮ

Výsledky výpočtů MKP jsou prezentovány v grafické podobě v přílohové části statického výpočtu.

Výsledky zatěžovacích stavů, které postihují postup výstavby, jsou napjatost horninového masivu a ostění, změny jejich přetvoření a v masivu vzniklé plastické zóny. Některé veličiny nejsou dokladovány ve všech, ale jen ve vybraných zatěžovacích stavech. Pro vybrané zatěžovací stavy přílohy obsahují:

- fáze ražby a změny materiálů během nich (GEO5);
- izoplochy napětí v masivu (GEO5);
- plastické zóny. Izoliniemi jsou vymezeny oblasti, v nichž napjatost dosahuje plochy plasticity (GEO5);
- grafické průběhy vnitřních sil – normálových sil a ohybových momentů – v ostění. Tlaková normálová síla má dle konvence zápornou hodnotu, kladný moment roztahuje vnitřní líc tunelového ostění (GEO5);
- výpis extrémních hodnot vnitřních sil. Hodnoty jsou uvedeny v těžišti prvku (GEO5);
- posuny charakteristických bodů masivu na hranici výrubu celkové (monitory), tj. součty dílčích posunů v aktuálních zatěžovacích stavech. Posuny charakteristických bodů jsou popsány ve složkách posunů  $dx$  a  $dz$  ve znaménkové konvenci dle souřadného systému pro popis přemístění uzlů (kladný směr osy X je zprava doleva, kladný směr osy Z je shora dolů). Dále uvedena velikost vektoru D (GEO5);
- posuny charakteristických bodů ostění relativní, tj. rozdíly posunů mezi vybranými zatěžovacími stavy. Posuny jsou popsány složkami  $ddx$  a  $ddz$ , a dále velikostí a orientací vektoru  $dD$ . Znaménková konvence složek je dle souřadného systému pro popis přemístění uzlů (kladný směr osy X je zprava doleva, kladný směr osy Z je shora dolů) (Excel);
- posouzení průřezů primárního ostění pomocí interakčního diagramu M, N (FIN EC - Beton).

## 14 ZÁVĚRY

V tomto statickém výpočtu, který je součástí projektové dokumentace „Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec - Harrachov, SO 11-40-01 Dolnolučanský tunel“, je posouzeno primární zajištění výrubu. Z výsledků výpočtu plynou následující závěry.

### 14.1 Únosnost primárního ostění

Navržené primární ostění vyhovuje pro všechny třídy výrubu ve všech fázích ražby. To platí, budou-li splněny všechny zásadní předpoklady vstupující do výpočtu, a to bude-li zejména:

- dosaženo ve výpočtu uvažovaných parametrů stříkaného betonu a jejich předpokládaného vývoje v čase;
- použito všech prvků primárního ostění dle projektu ihned po výrubu;
- odpovídat výpočtu kvalita horninového prostředí. Při případném výrazném zhoršení geologických podmínek je třeba operativně reagovat modifikací prvků ostění, tj. přikotvením, zhuštěním oblouků, atd.;
- dodržen časový sled fází výstavby předepsaný projektem.

### 14.2 Postup ražby

Vzhledem k velikosti profilu tunelové trouby předpokládáme rozpětí podélné klenby cca 8 m (cca šířka profilu). Úvaha o přenesení plného zatížení na ostění nejdříve po 3 dnech po jeho nástřiku odpovídá rychlosti ražby cca 2,5 m/den. Při rychlejším postupu je nutno zajistit rychlejší nárůst pevnosti stříkaného betonu.

### 14.3 Deformace

V průběhu ražby očekáváme deformace masivu do 10 mm, na primárním ostění pak v nižších jednotkách mm.

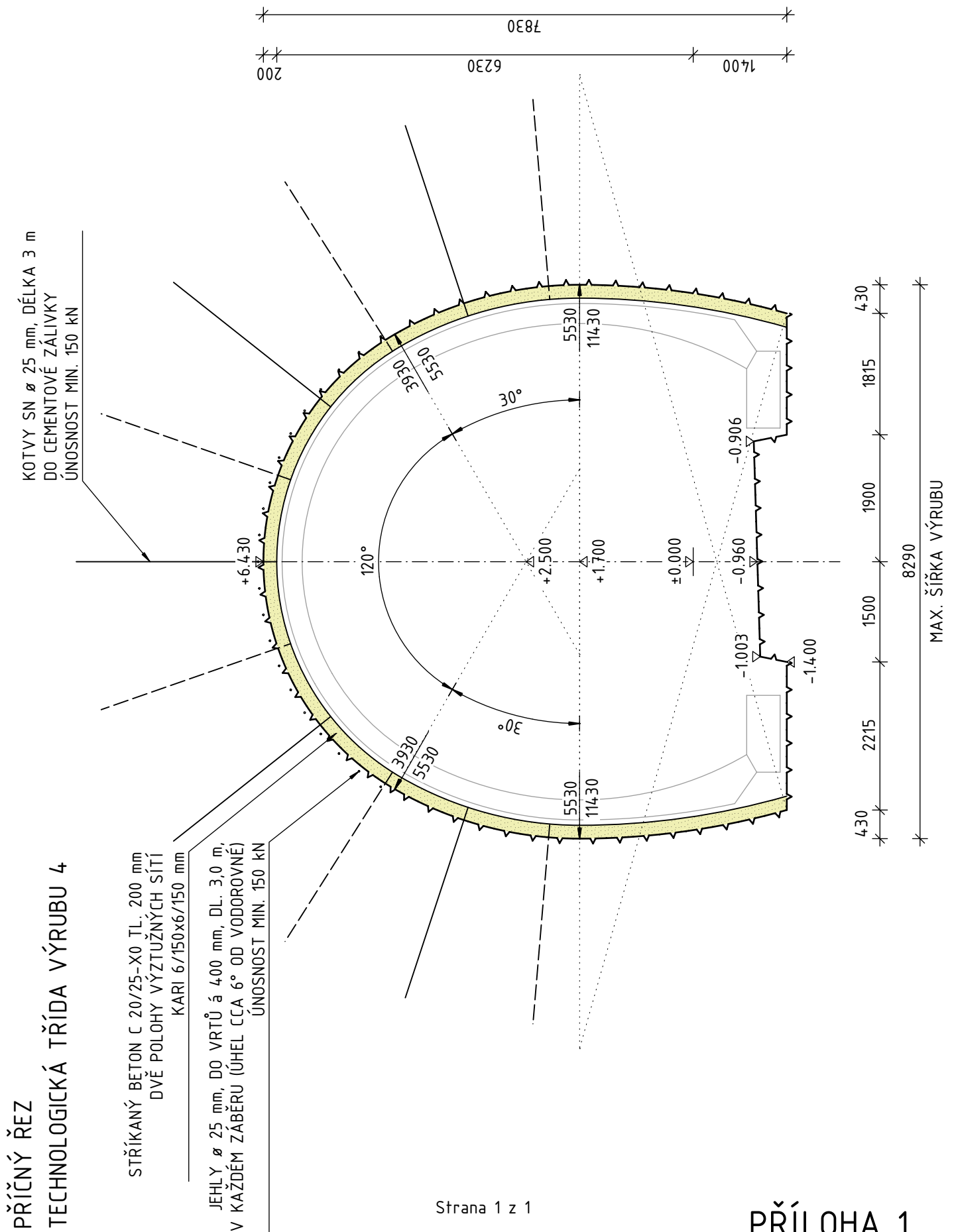
V Praze, červenec 2023

Vypracovali: Bc. Jozef Kostúrik  
Ing. Jiří Hořejší  
Ing. Martin Baláž

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Příčný řez TTV4
Příloha 2	Výpočet MKP (GEO5 - MKP)
Příloha 3	Přehled vypočtených deformací primárního ostění (EXCEL)
Příloha 4	Posouzení průřezu primárního ostění (FIN EC - Beton)

REKONSTRUKCE DOLNOLUČANSKÉHO TUNELU V TRATI LIBEREC-HARRACHOV  
 SO 11-40-01 DOLNOLUČANSKÝ TUNEL  
 SO 11-40-01.02 ROZŠÍŘENÍ A ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU  
 STATICKÝ VÝPOČET PRIMÁRNÍHO OSTĚNÍ



## Výpočet metodou konečných prvků

### Topologie

#### 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 :	ano
Podrobné parametry zemin :	ano
Speciální modely zemin :	ne
Zatížení teplotou :	ne
Podrobné výsledky :	ano

#### Parametry zemin

##### HORNINA R3

Materiálový model :	Mohr - Coulomb
Objemová tíha :	$\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,25$
Modul pružnosti :	$E = 800,00 \text{ MPa}$
Biotův parametr :	$\alpha = 1,00$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 800,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\phi_{ef} = 38,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 50,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Pevnost zeminy v tahu :	$R_t = 5,000 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

##### HORNINA R3 - KOTVENÍ

Materiálový model :	Mohr - Coulomb
Objemová tíha :	$\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,25$
Modul pružnosti :	$E = 800,00 \text{ MPa}$
Biotův parametr :	$\alpha = 1,00$
Modul odtížení / přitížení :	$E_{ur} = 800,00 \text{ MPa}$
Úhel vnitřního tření :	$\phi_{ef} = 38,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 80,00 \text{ kPa}$
Úhel dilatance :	$\psi = 0,00^\circ$
Pevnost zeminy v tahu :	$R_t = 10,000 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

##### ŽULOVÁ OBEZDÍVKA

Materiálový model :	elastický
Objemová tíha :	$\gamma = 26,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonovo číslo :	$\nu = 0,20$
Modul pružnosti :	$E = 3000,00 \text{ MPa}$
Biotův parametr :	$\alpha = 1,00$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 26,00 \text{ kN/m}^3$

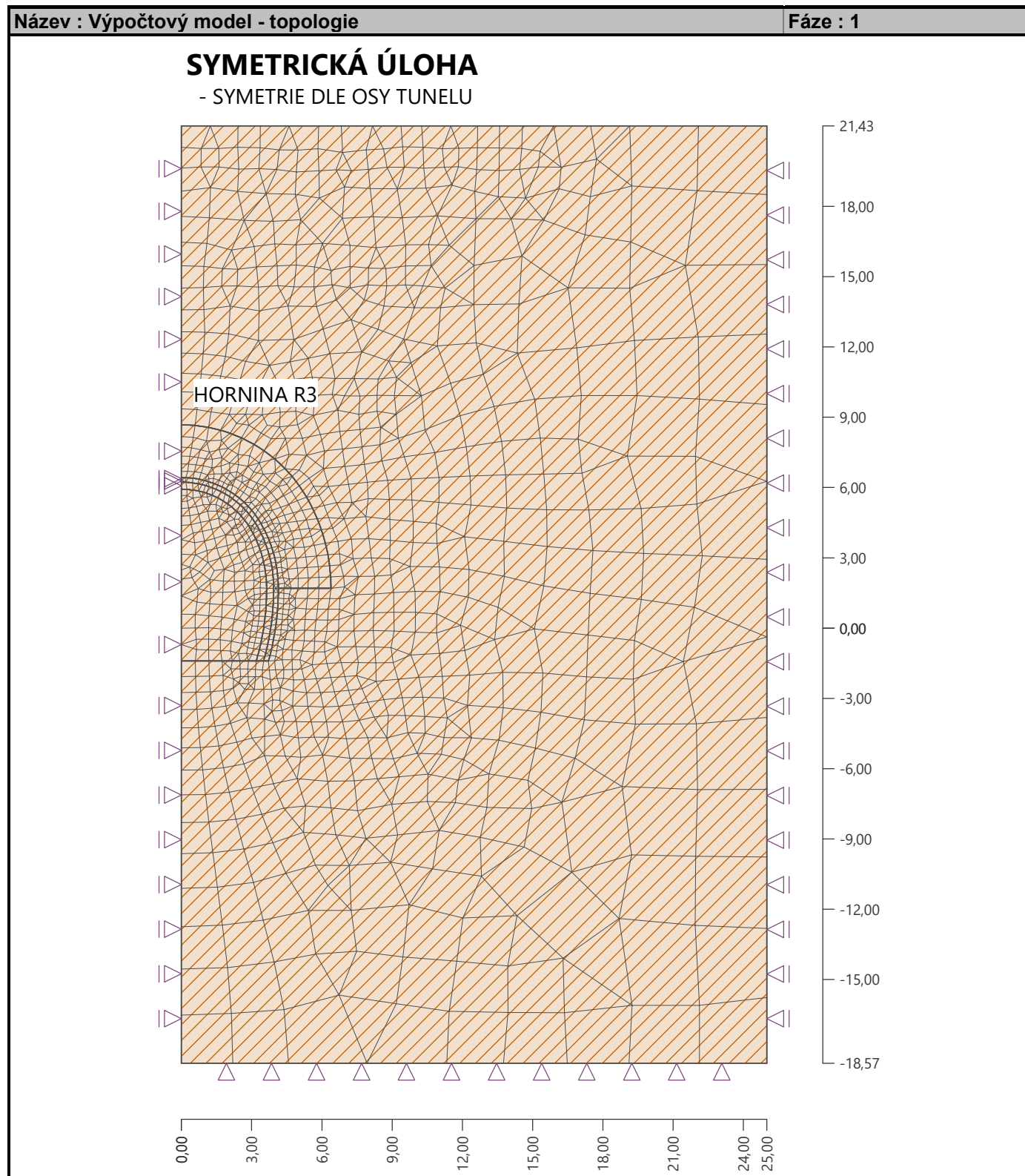


Volné body

Číslo	Umístění		Číslo	Umístění		Číslo	Umístění		Číslo	Umístění	
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]		x [m]	z [m]		x [m]	z [m]
1	0,00	0,00	2	0,00	6,43	3	3,40	4,46	4	4,14	1,70
5	3,72	-1,40	6	0,00	8,68	7	5,35	5,59	8	6,39	1,70
9	0,00	-1,40	10	3,20	-1,40	11	3,64	1,70	12	2,97	4,21
13	0,00	5,93	14	3,51	-1,40	15	3,94	1,70	16	3,23	4,37
17	0,00	6,23	18	0,00	6,33	19	4,04	1,70			

## Vstupní data (Fáze budování 1)

### Přiřazení a aktivace

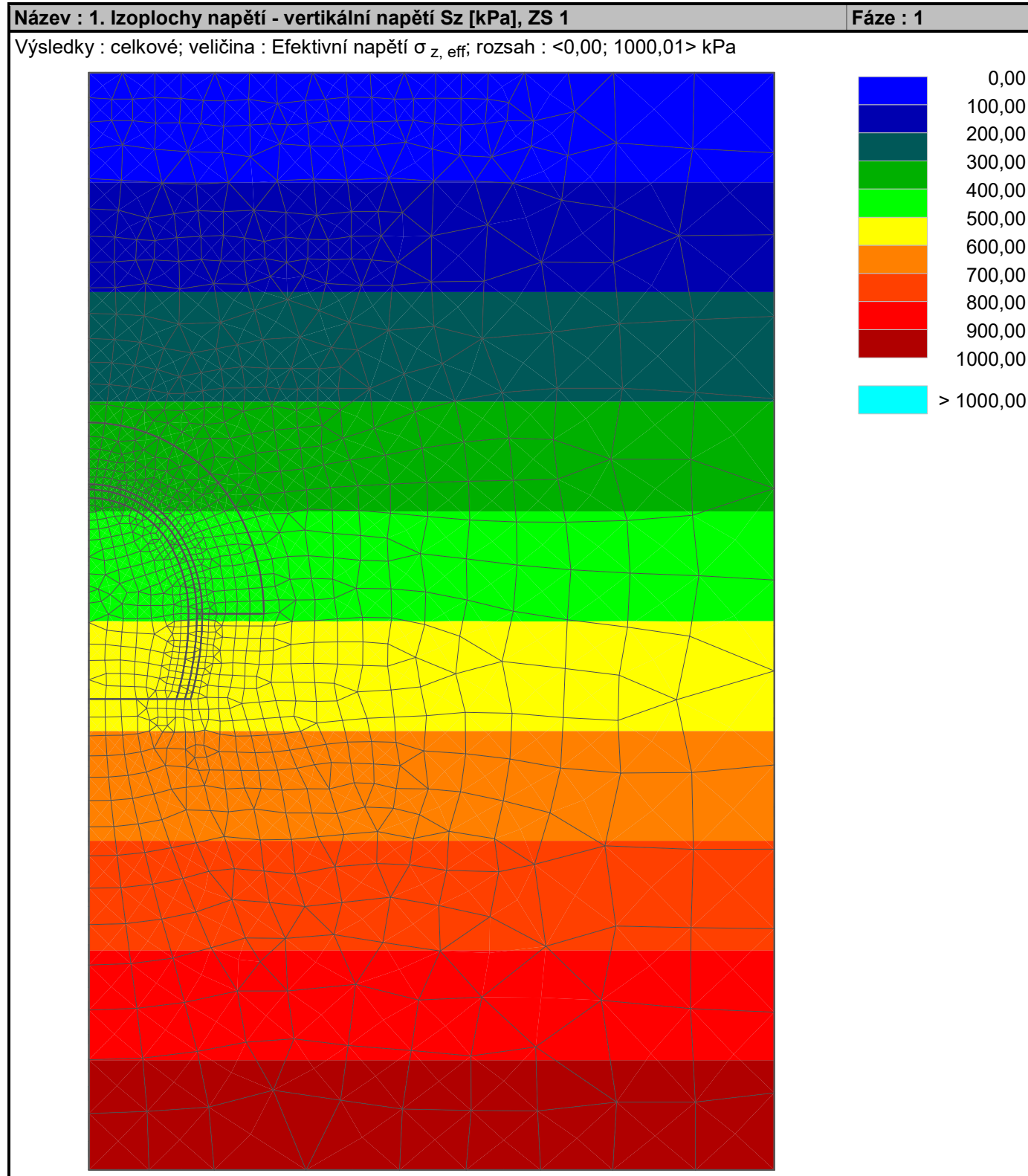


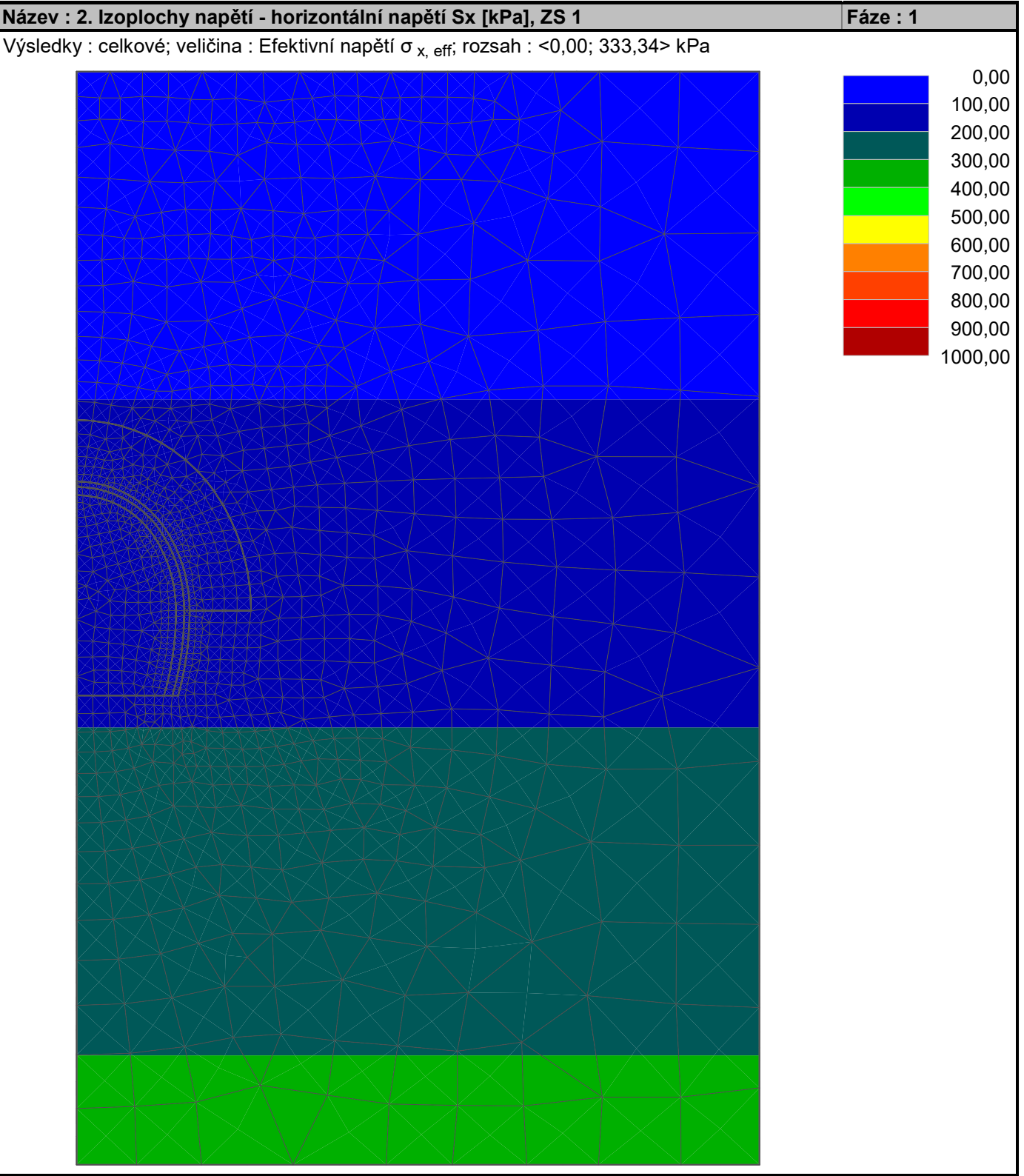
## Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

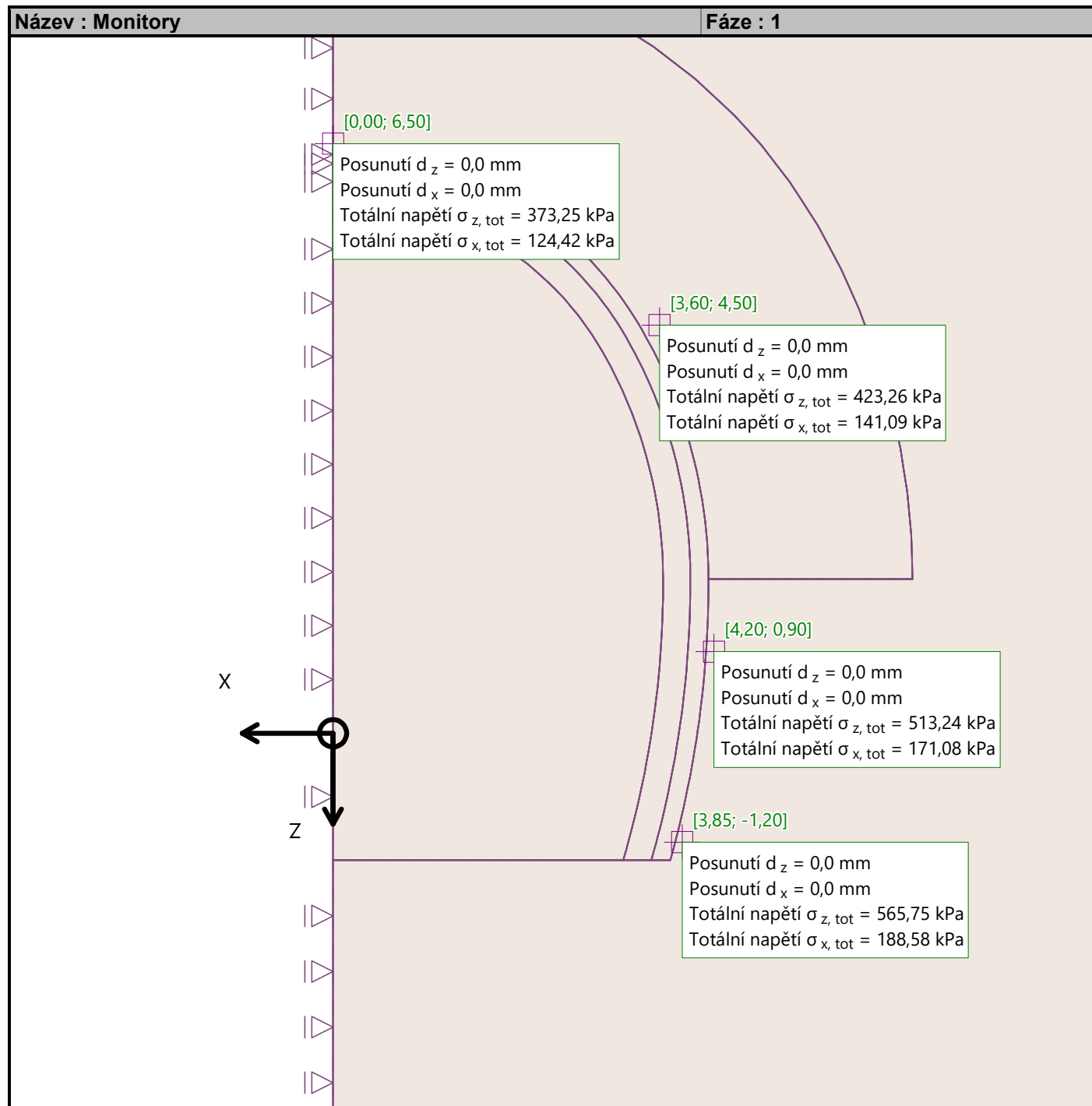
Nastavení výpočtu : standardní

Dosažené zatížení = 100,00 %



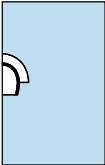

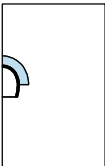

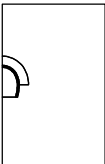
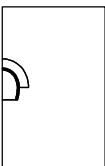



## Monitory



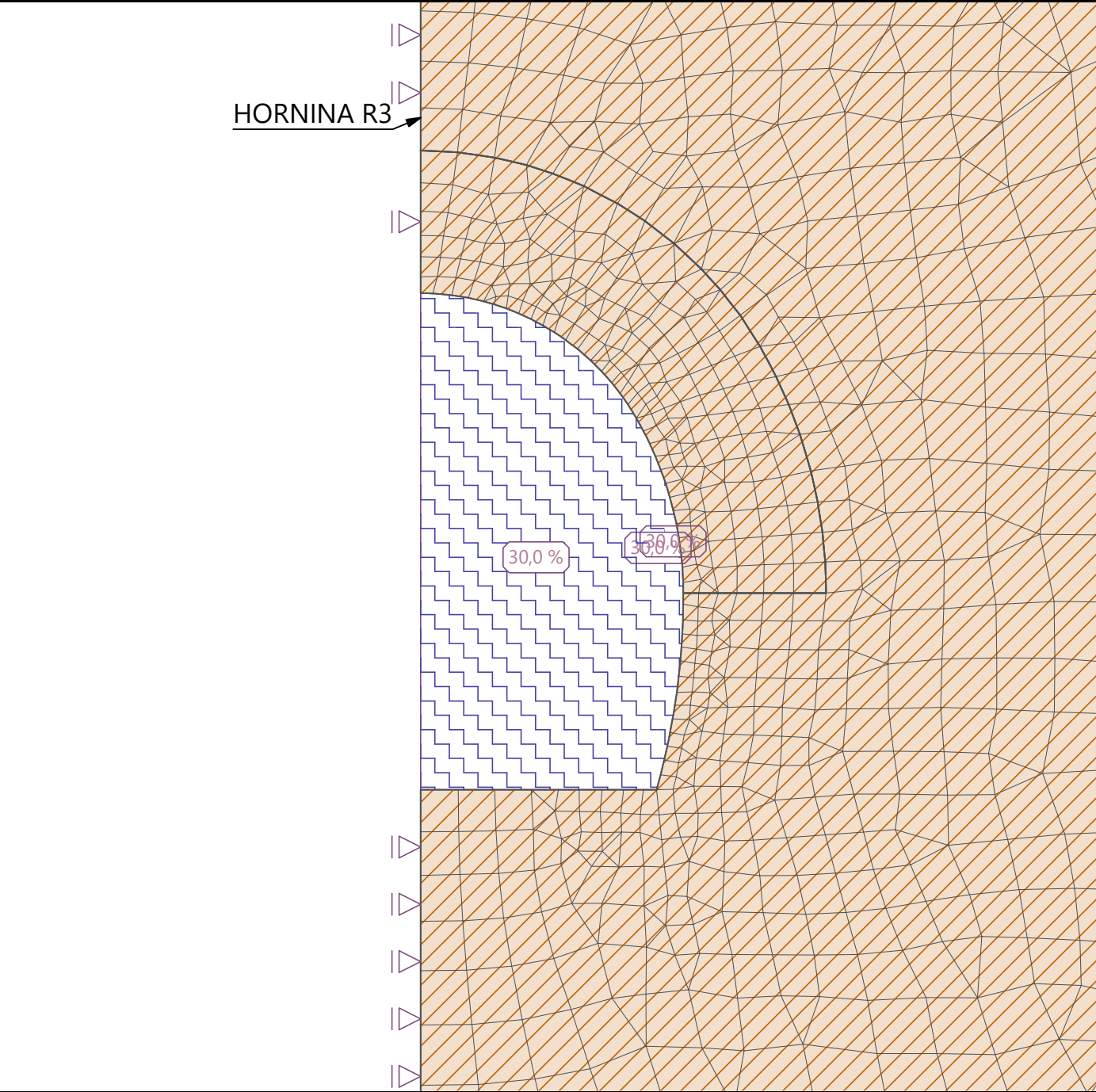
Vstupní data (Fáze budování 2)

Přiřazení a aktivace

Číslo	Oblast	Aktivní / neaktivní	Přiřazená zemina
1		Aktivní	HORNINA R3
			
2		Aktivní	HORNINA R3
			
3		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 2 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 30,0 %
4		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 2 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 30,0 %
5		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 2 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 30,0 %

Název : Model výpočtu fáze

Fáze : 2



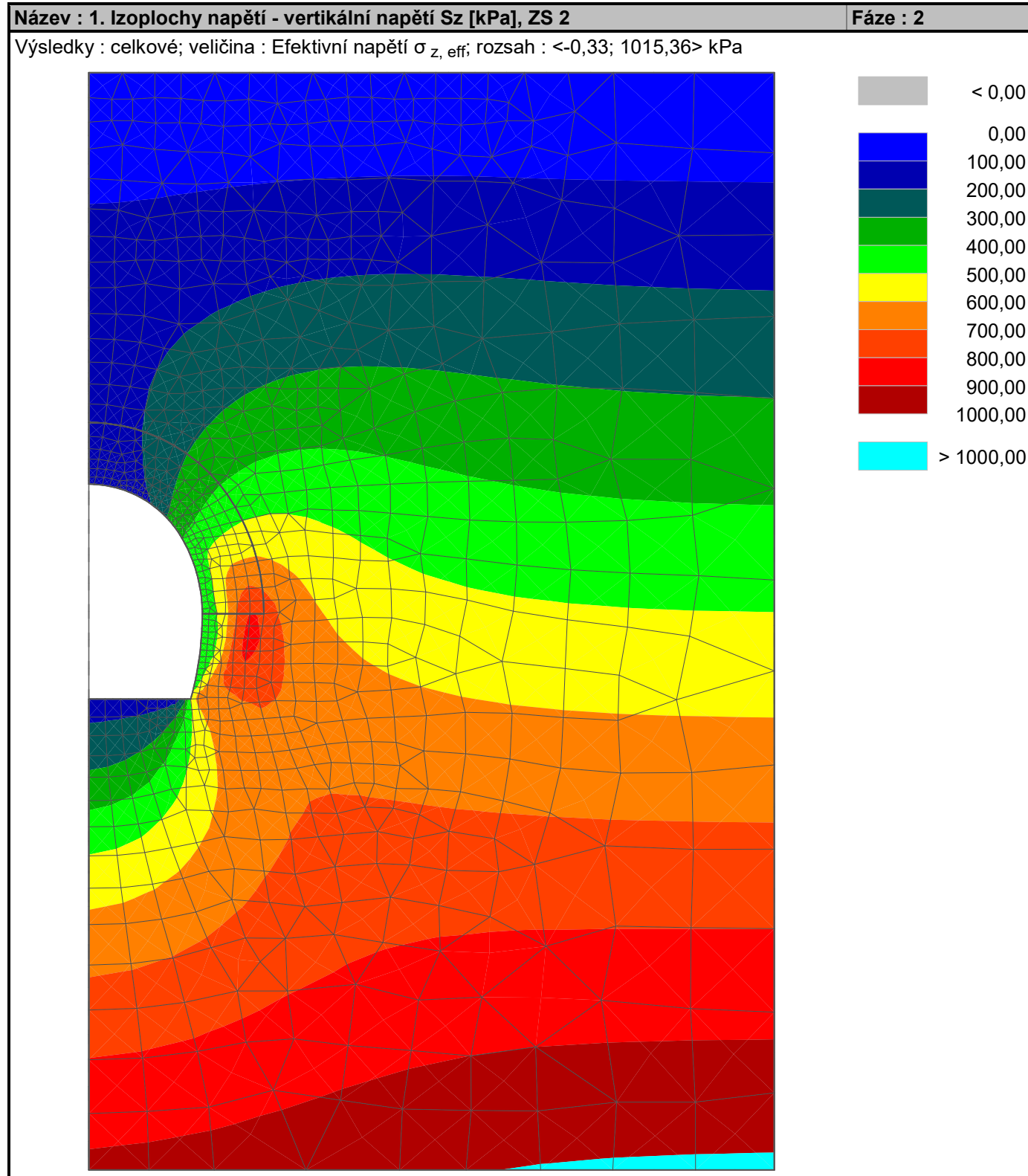


## Výsledky (Fáze budování 2)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

Nastavení výpočtu : standardní

Dosažené zatížení = 100,00 %

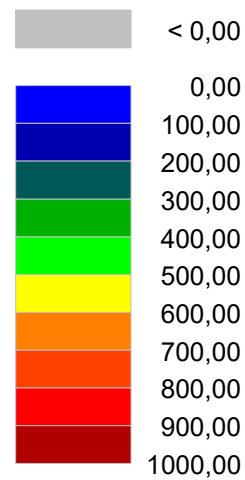
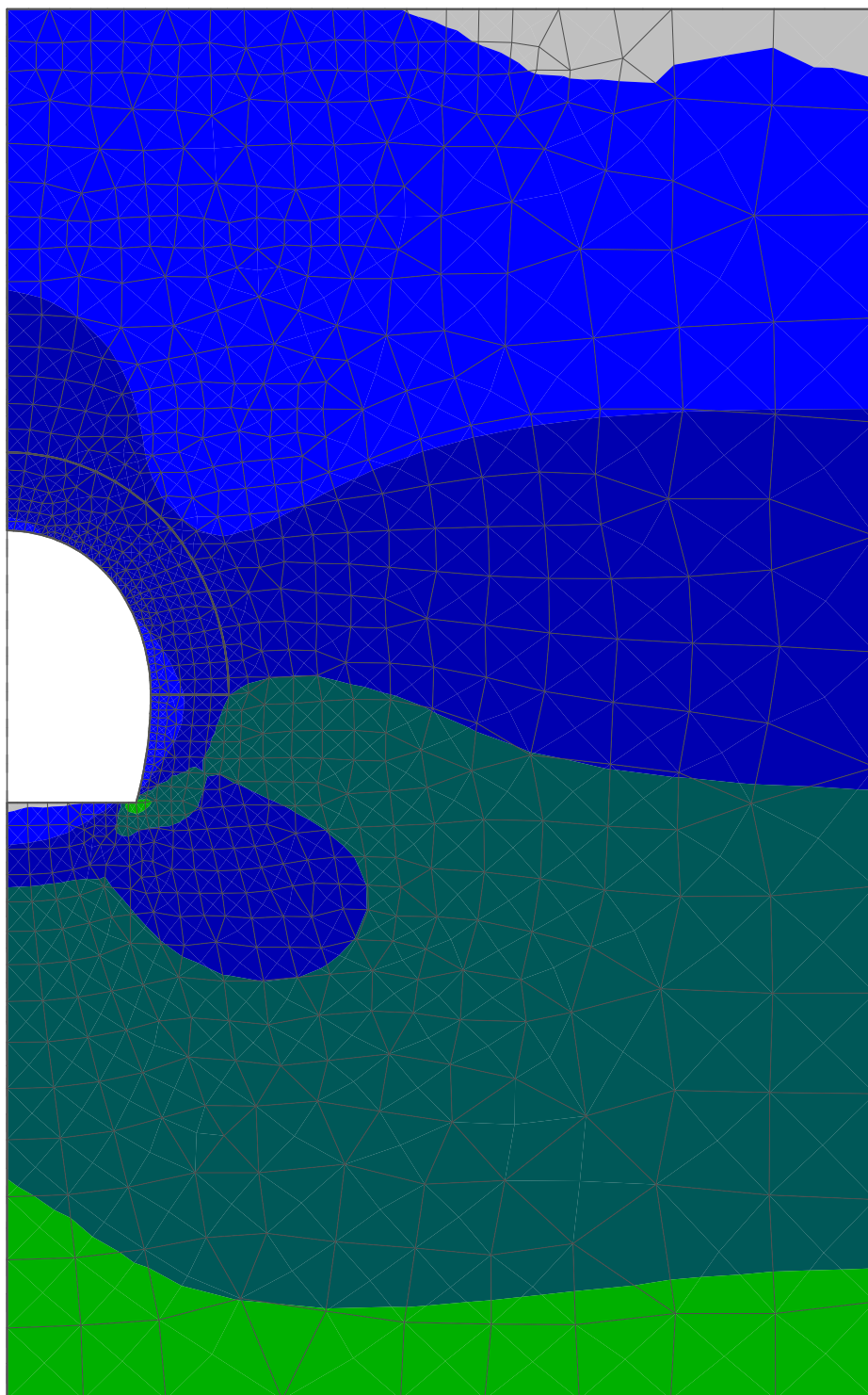


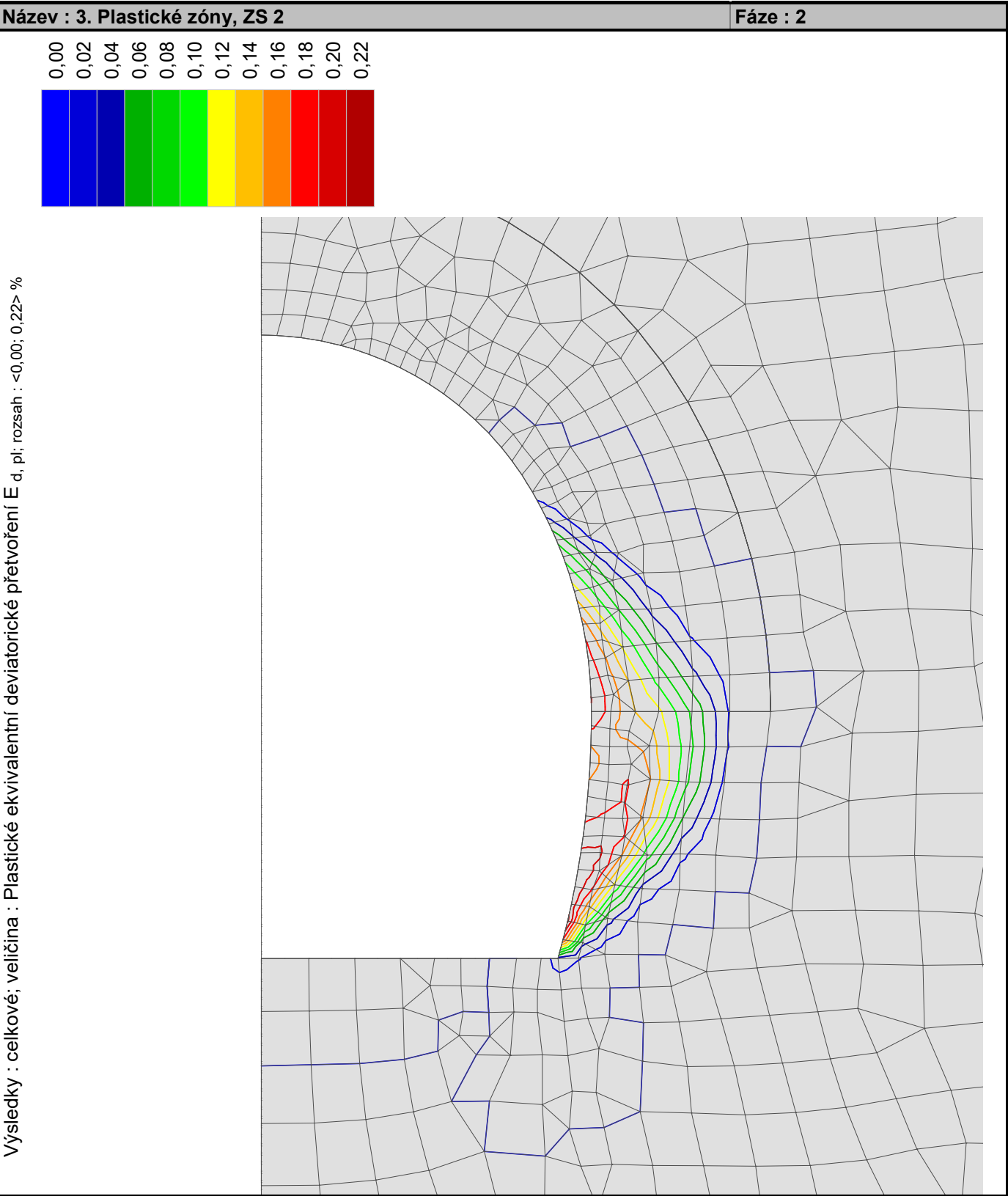


**Název : 2. Izoplochy napětí - horizontální napětí  $\sigma_x$  [kPa], ZS 2**

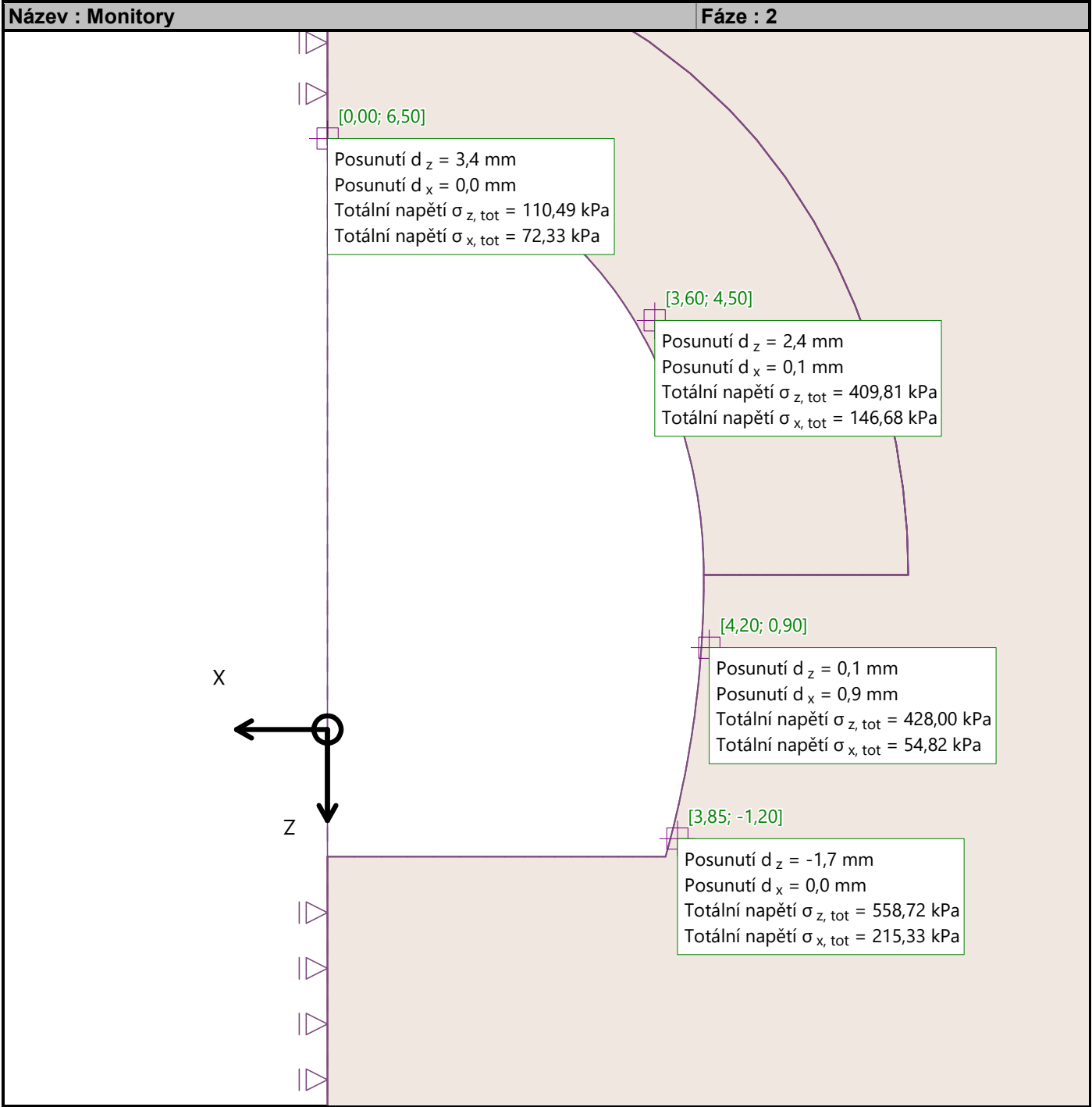
**Fáze : 2**

Výsledky : celkové; veličina : Efektivní napětí  $\sigma_{x, \text{eff}}$ ; rozsah : <-27,57; 385,75> kPa



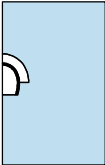

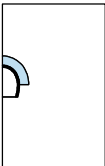

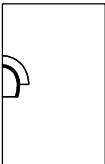
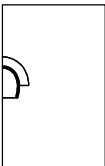
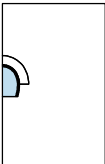


Monitory



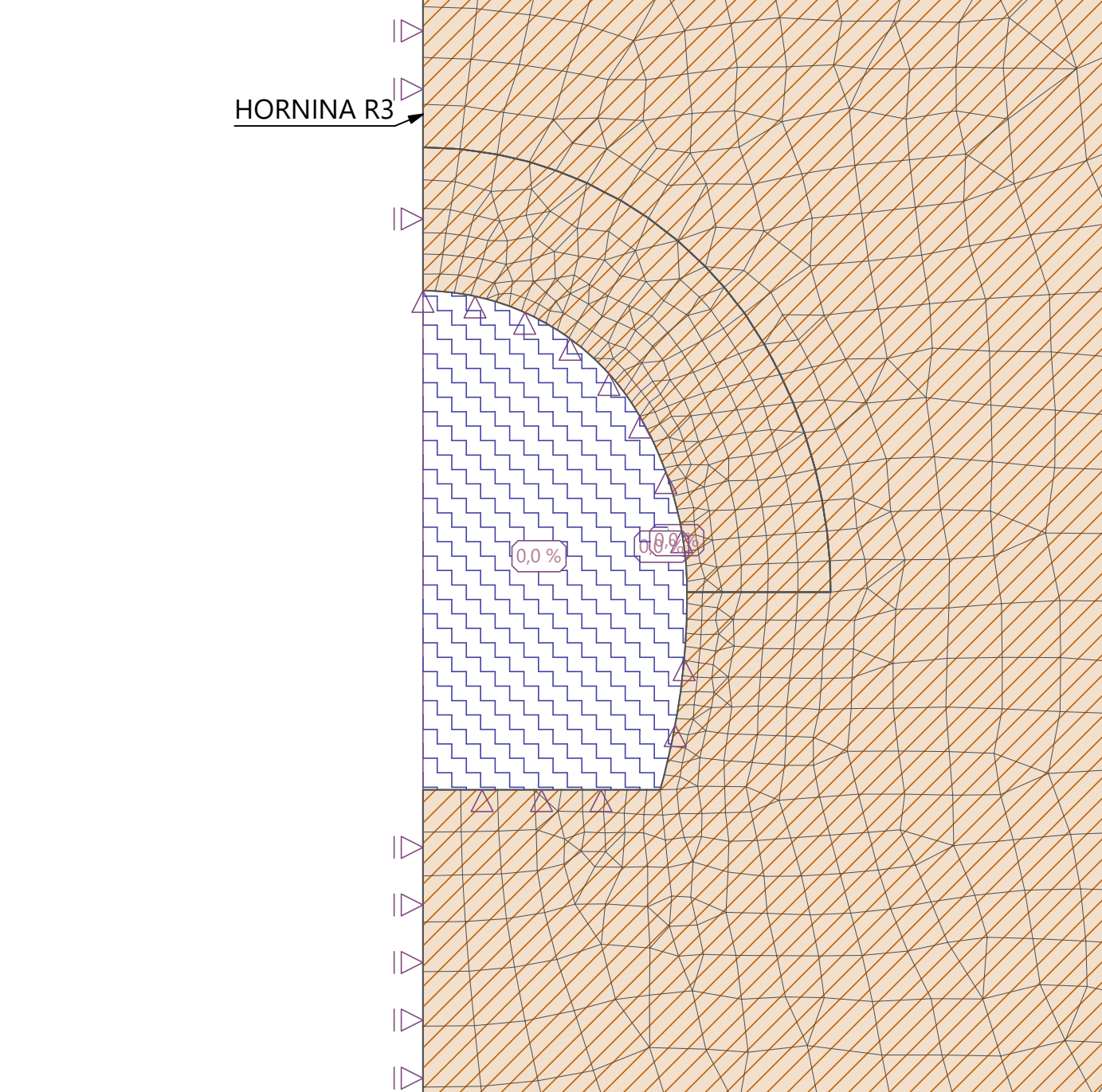
Vstupní data (Fáze budování 3)

Přiřazení a aktivace

Číslo	Oblast	Aktivní / neaktivní	Přiřazená zemina
1		Aktivní	HORNINA R3
			
2		Aktivní	HORNINA R3
			
3		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 2 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 0,0 %
4		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 2 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 0,0 %
5		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 2 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 0,0 %

Název : Model výpočtu fáze 3

Fáze : 3



Liniové podpory

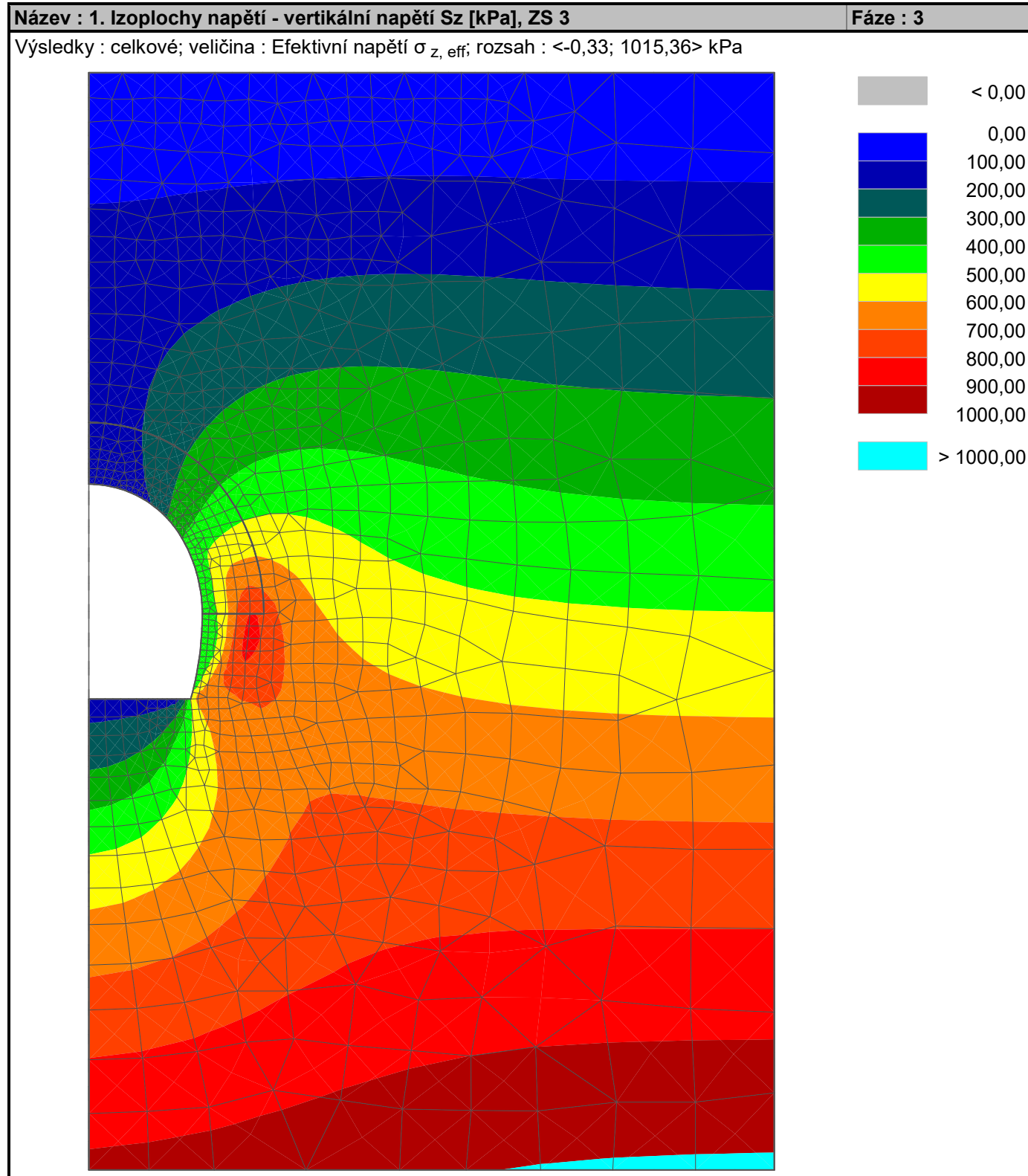
Číslo	Liniová podpora		Umístění	Podepření	
	nová	změněná		Ve směru X	Ve směru Z
1	Ano		Volná linie č. 4	pevné	pevné
2	Ano		Volná linie č. 3	pevné	pevné
3	Ano		Volná linie č. 2	pevné	pevné
4	Ano		Volná linie č. 1	pevné	pevné
A1	Ano		Linie sítě č. 1	pevné	volné
A2	Ano		Linie sítě č. 20	pevné	volné
A3	Ano		Linie sítě č. 21	pevné	volné
A4	Ano		Linie sítě č. 3	pevné	volné
A5	Ano		Linie sítě č. 2	pevné	pevné
A1 až A5 - automaticky generované liniové podpory na okrajích úlohy.					

### Výsledky (Fáze budování 3)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

Nastavení výpočtu : standardní

Dosažené zatížení = 100,00 %

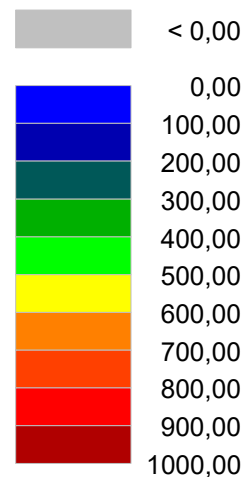
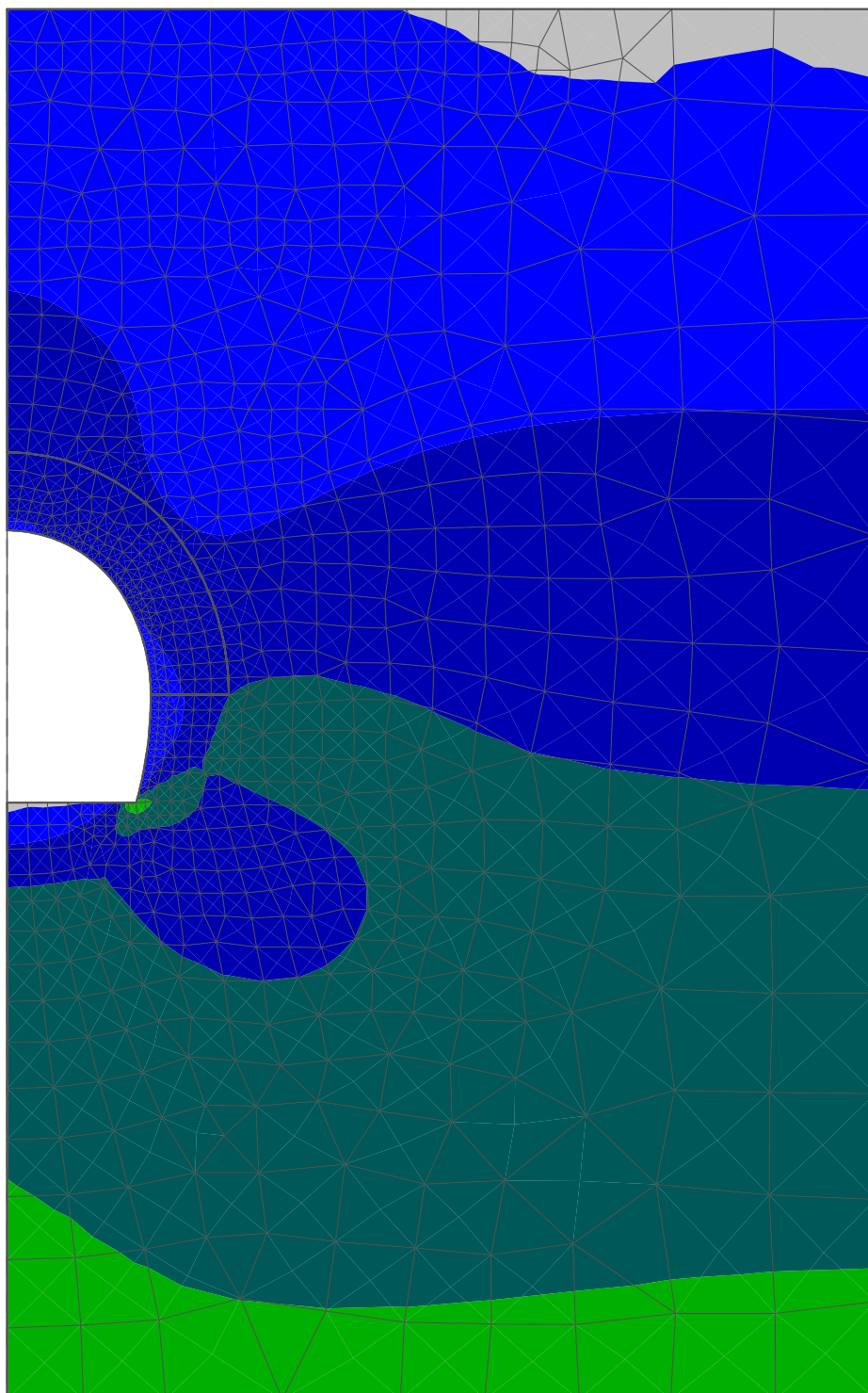




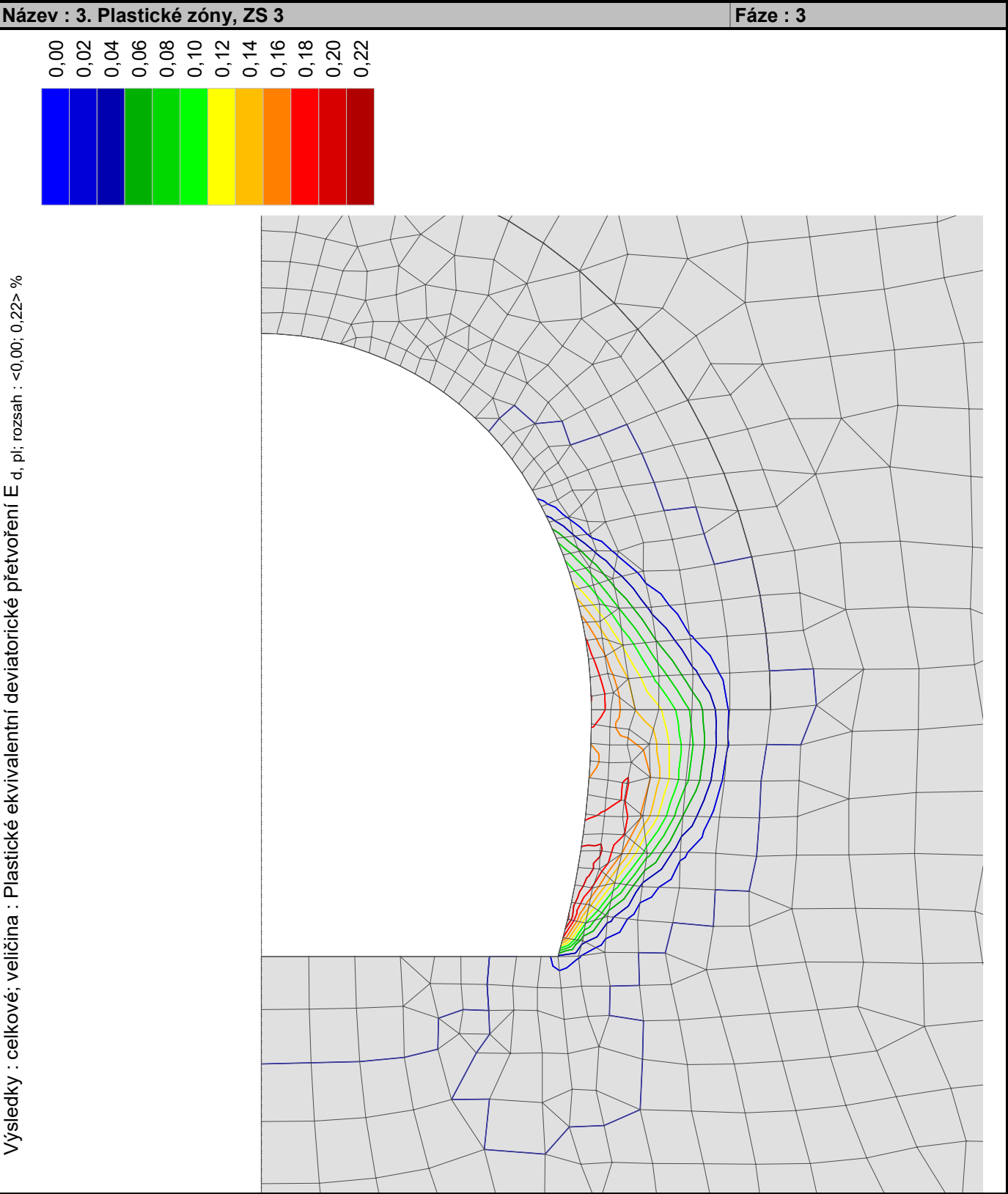
**Název : 2. Izoplochy napětí - horizontální napětí  $\sigma_x$  [kPa], ZS 3**

**Fáze : 3**

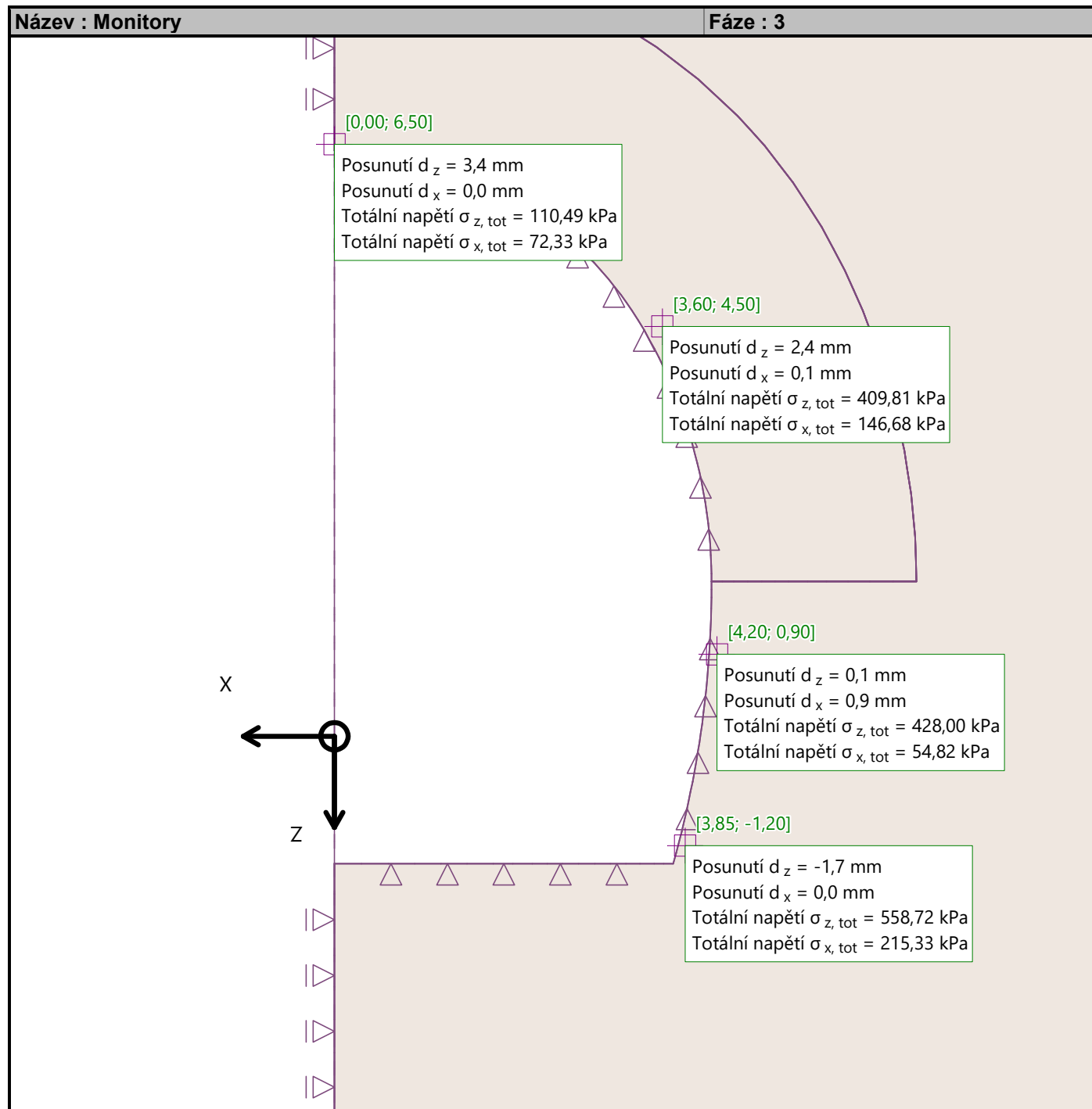
Výsledky : celkové; veličina : Efektivní napětí  $\sigma_{x, \text{eff}}$ ; rozsah : <-27,57; 385,75> kPa





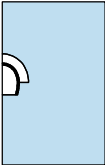

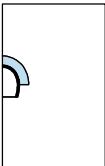

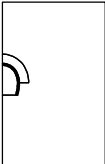

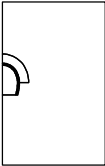

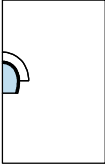


## Monitory



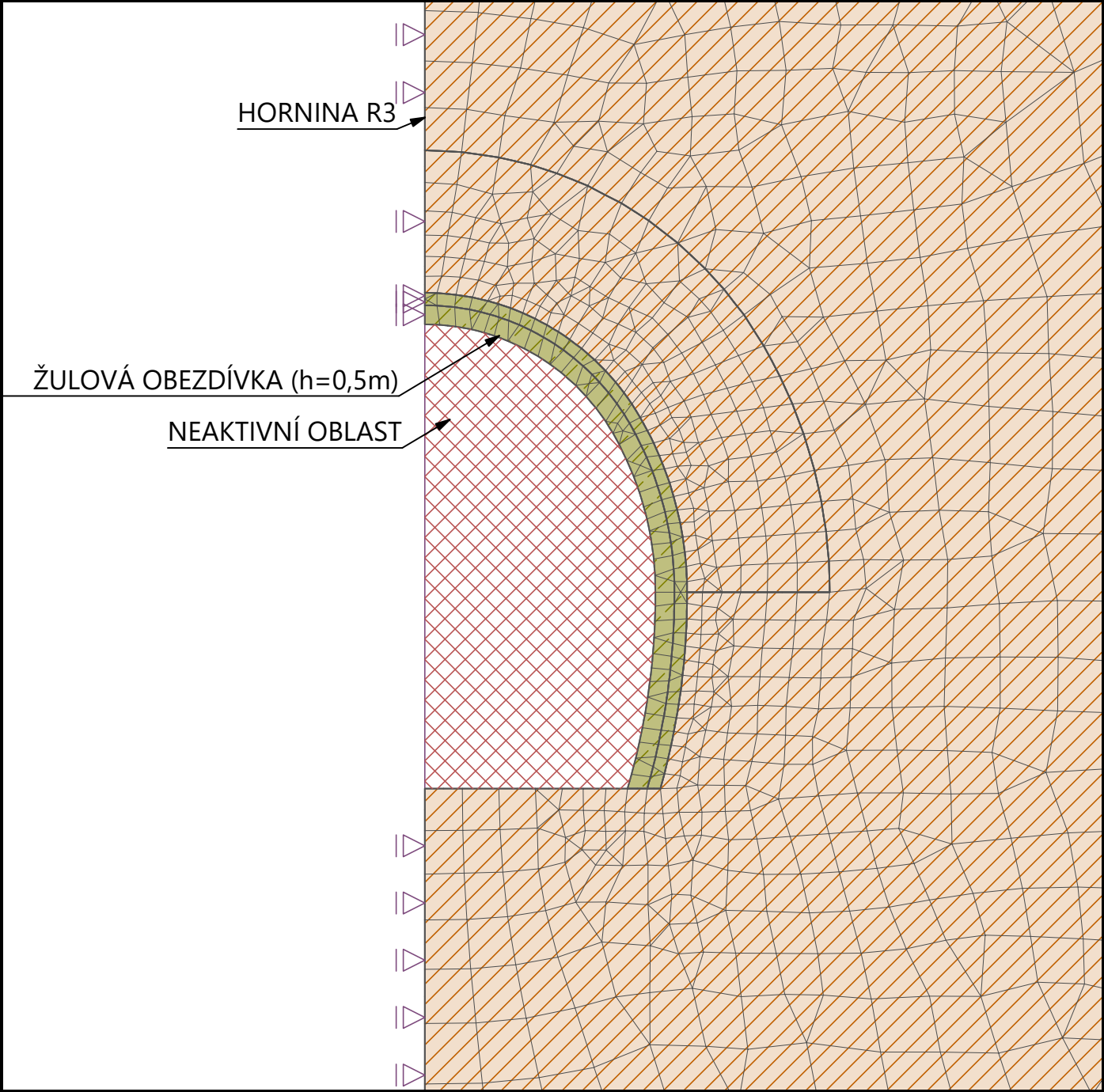
Vstupní data (Fáze budování 4)

Přiřazení a aktivace

Číslo	Oblast	Aktivní / neaktivní	Přiřazená zemina
1		Aktivní	HORNINA R3
			
2		Aktivní	HORNINA R3
			
3		Aktivní	ŽULOVÁ OBEZDÍVKA
			
4		Aktivní	ŽULOVÁ OBEZDÍVKA
			
5		Neaktivní	

Název : Model výpočtu fáze 4

Fáze : 4

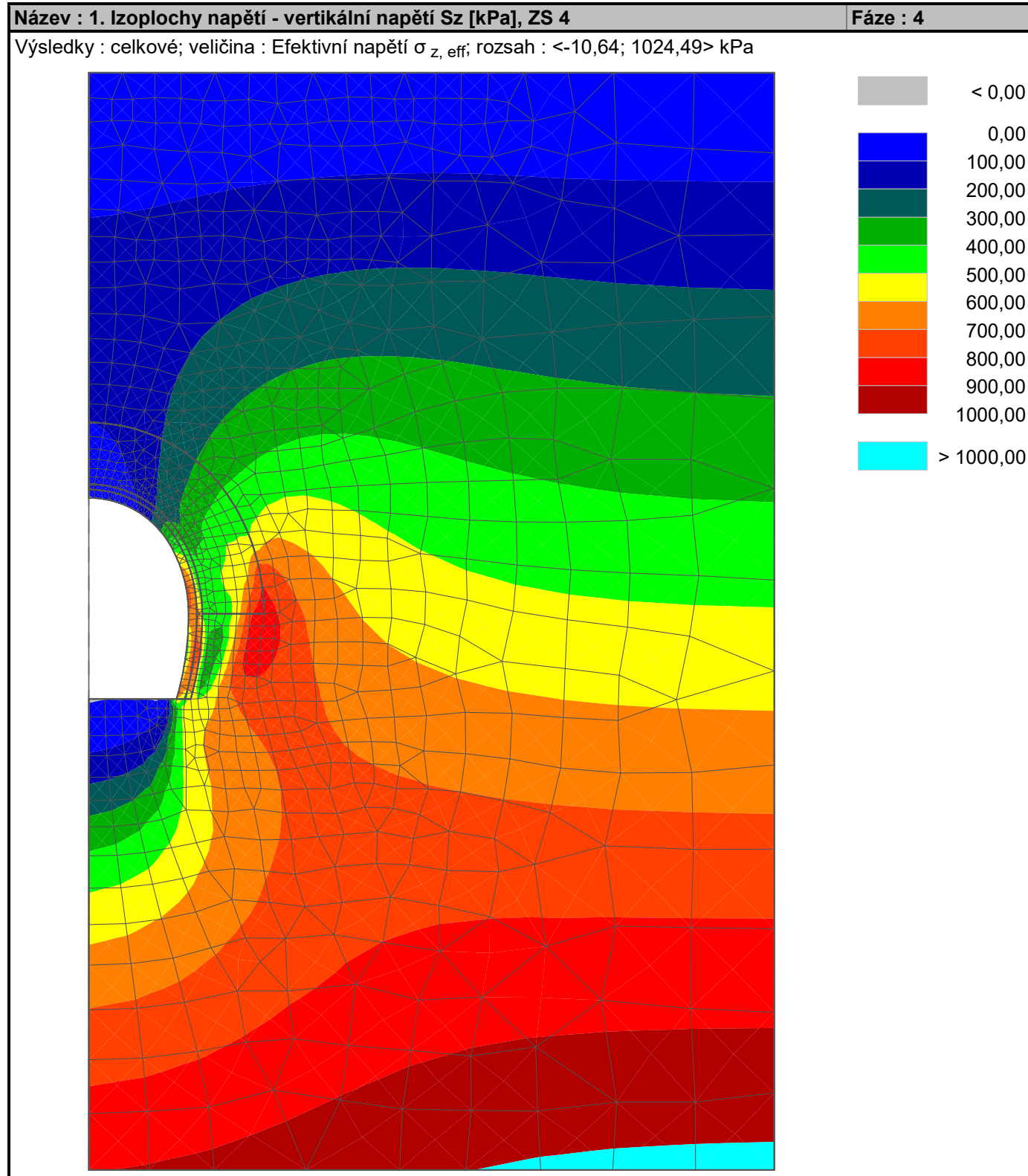


## Výsledky (Fáze budování 4)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

Nastavení výpočtu : standardní

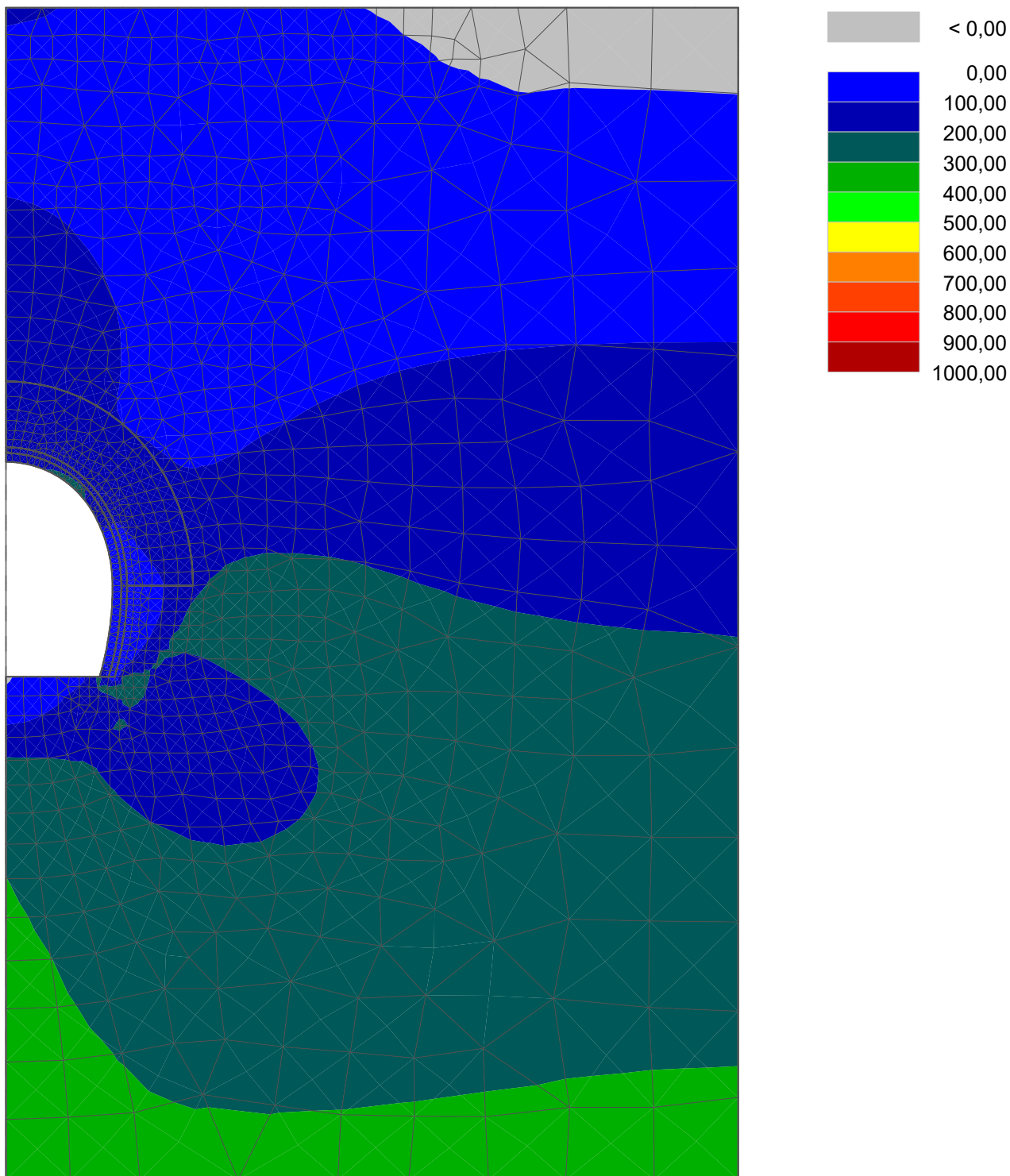
Dosažené zatížení = 100,00 %

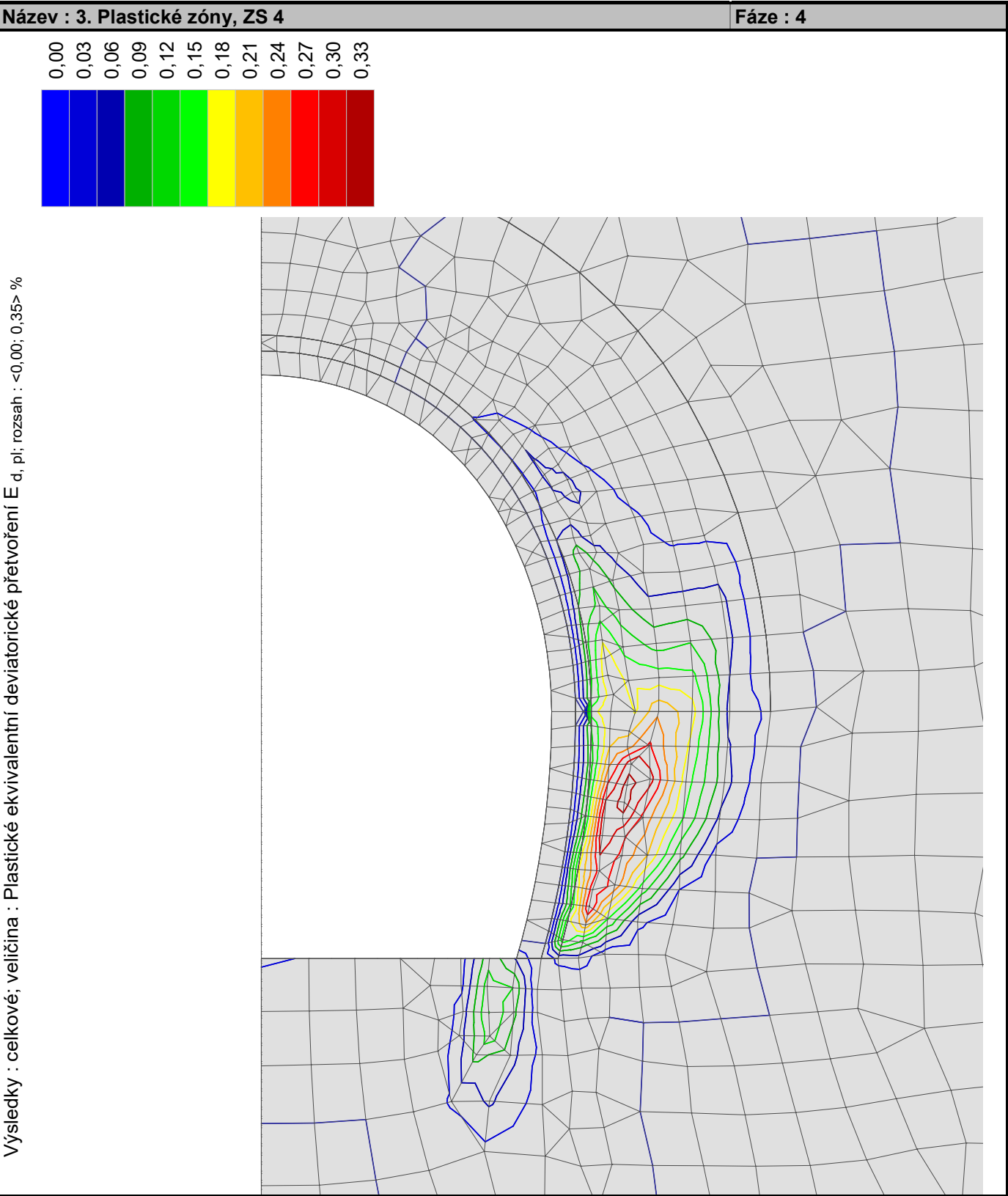


**Název : 2. Izoplochy napětí - horizontální napětí  $\sigma_x$  [kPa], ZS 4**

**Fáze : 4**

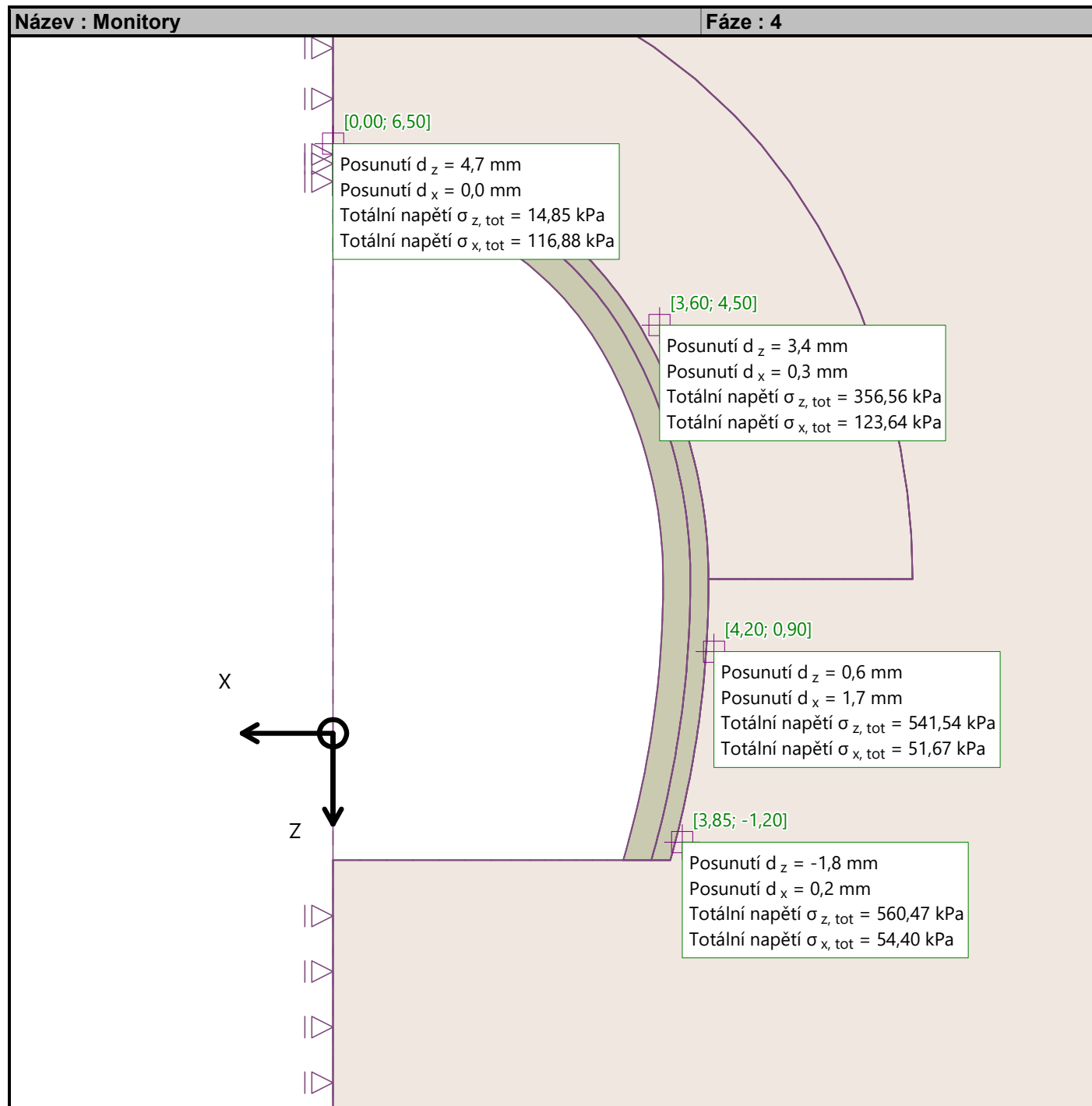
Výsledky : celkové; veličina : Efektivní napětí  $\sigma_{x, \text{eff}}$ ; rozsah : <-13,98; 340,82> kPa







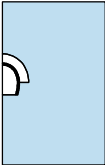

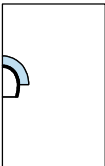

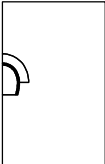
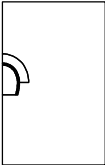
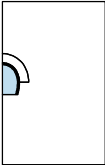
## Monitory





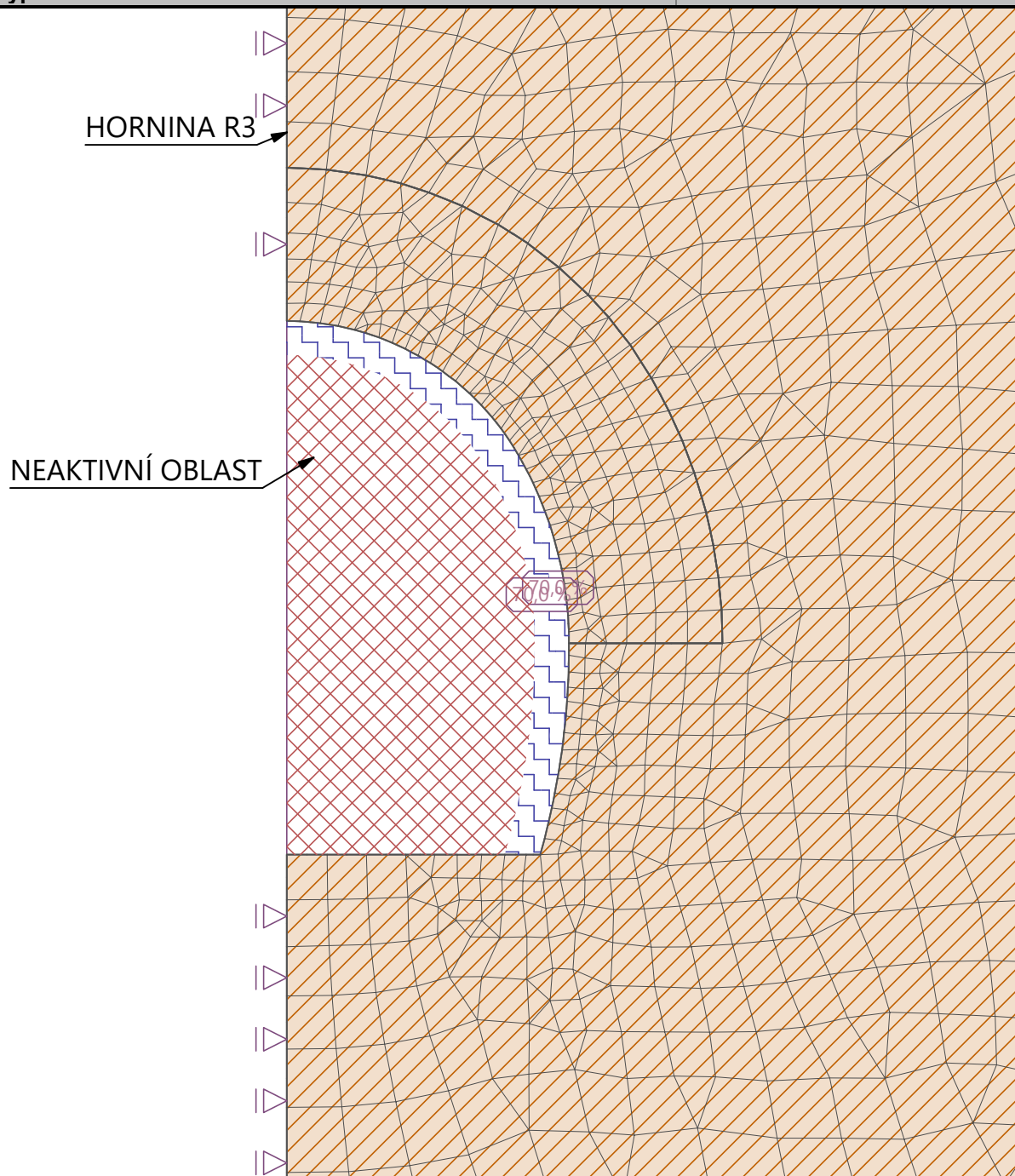
Vstupní data (Fáze budování 5)

Přiřazení a aktivace

Číslo	Oblast	Aktivní / neaktivní	Přiřazená zemina
1		Aktivní	HORNINA R3
			
2		Aktivní	HORNINA R3
			
3		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 5 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 70,0 %
4		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 5 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 70,0 %
5		Neaktivní	

Název : Model výpočtu fáze 5

Fáze : 5

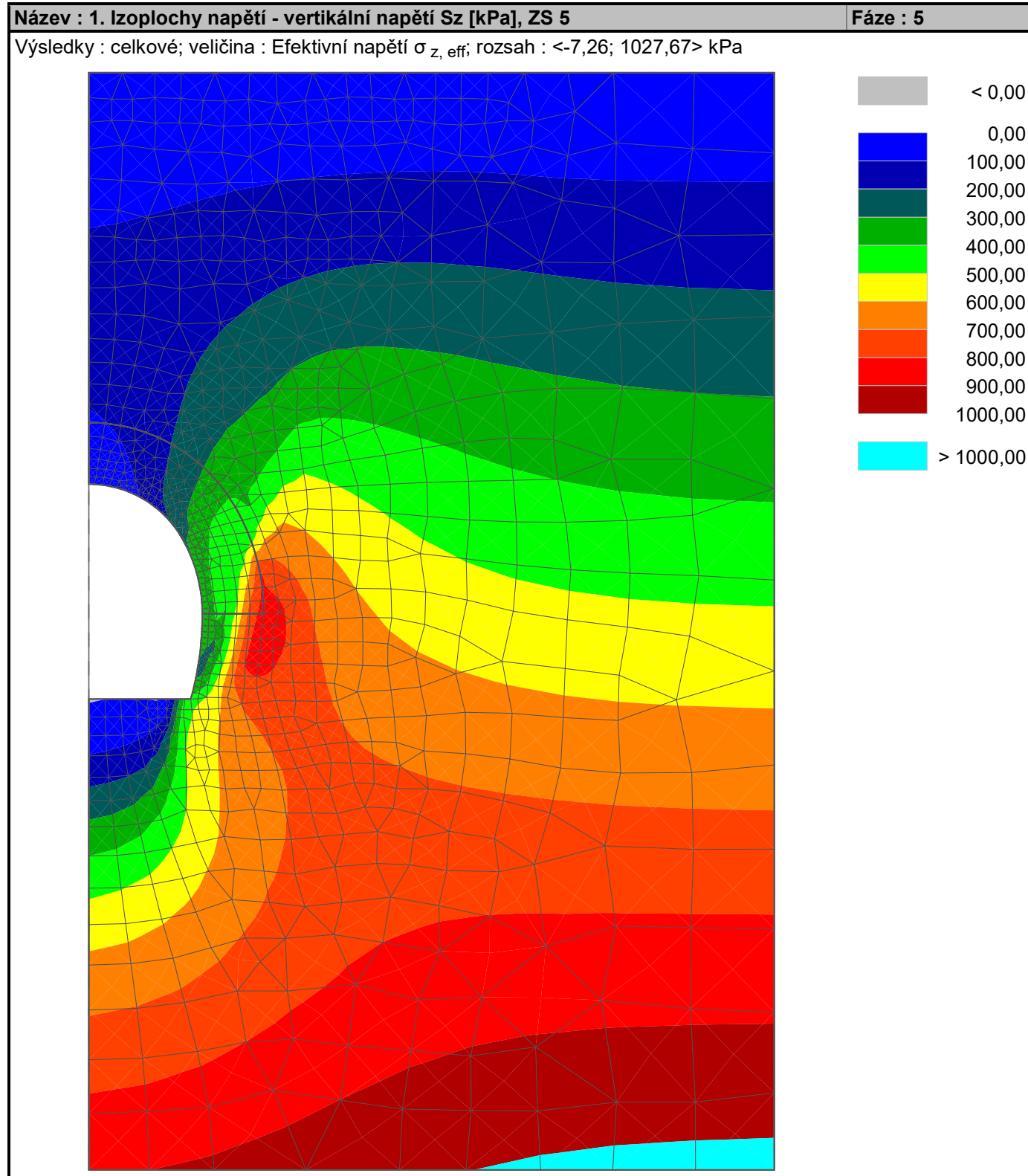


## Výsledky (Fáze budování 5)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

Nastavení výpočtu : standardní

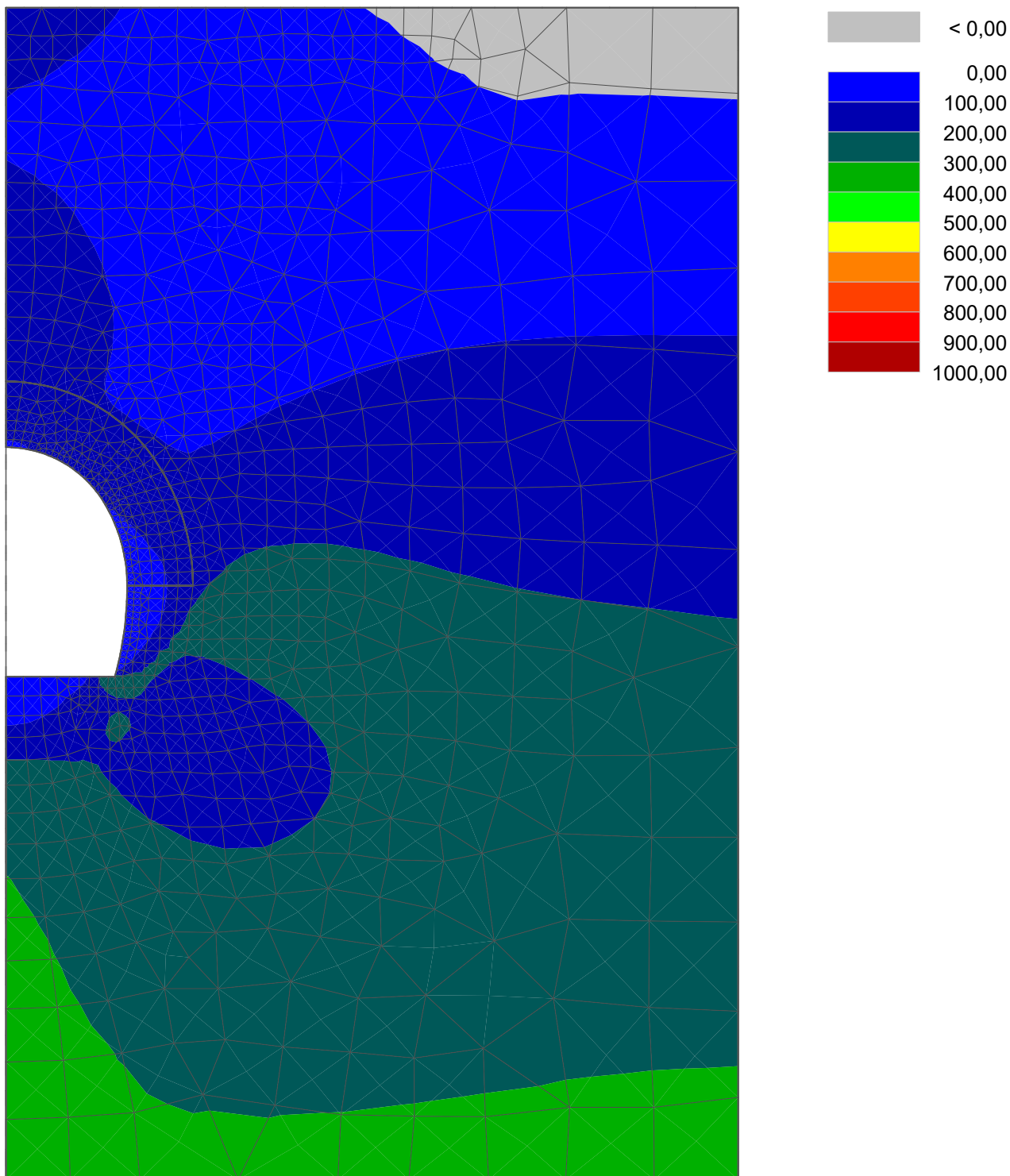
Dosažené zatížení = 100,00 %

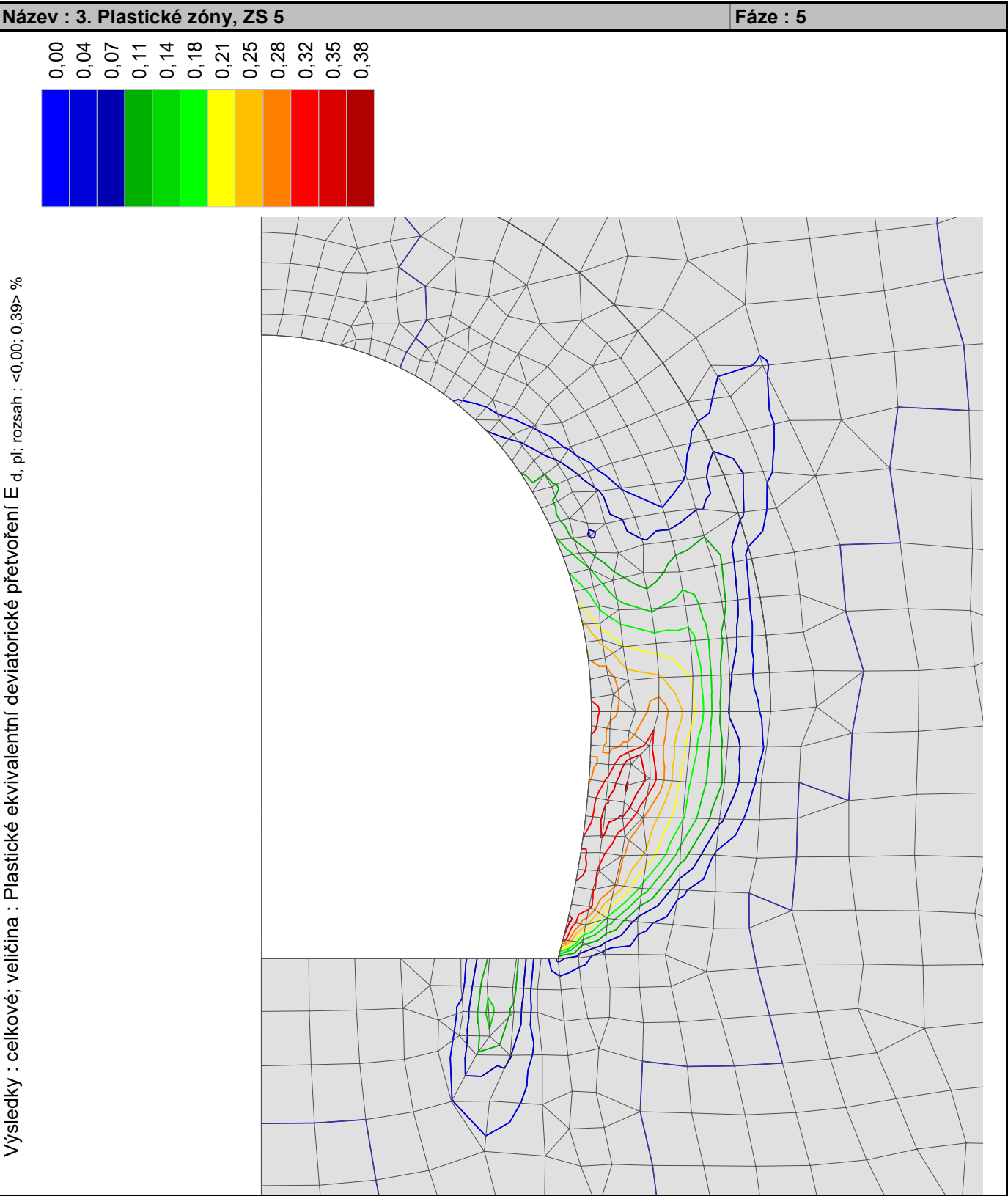


**Název : 2. Izoplochy napětí - horizontální napětí  $\sigma_x$  [kPa], ZS 5**

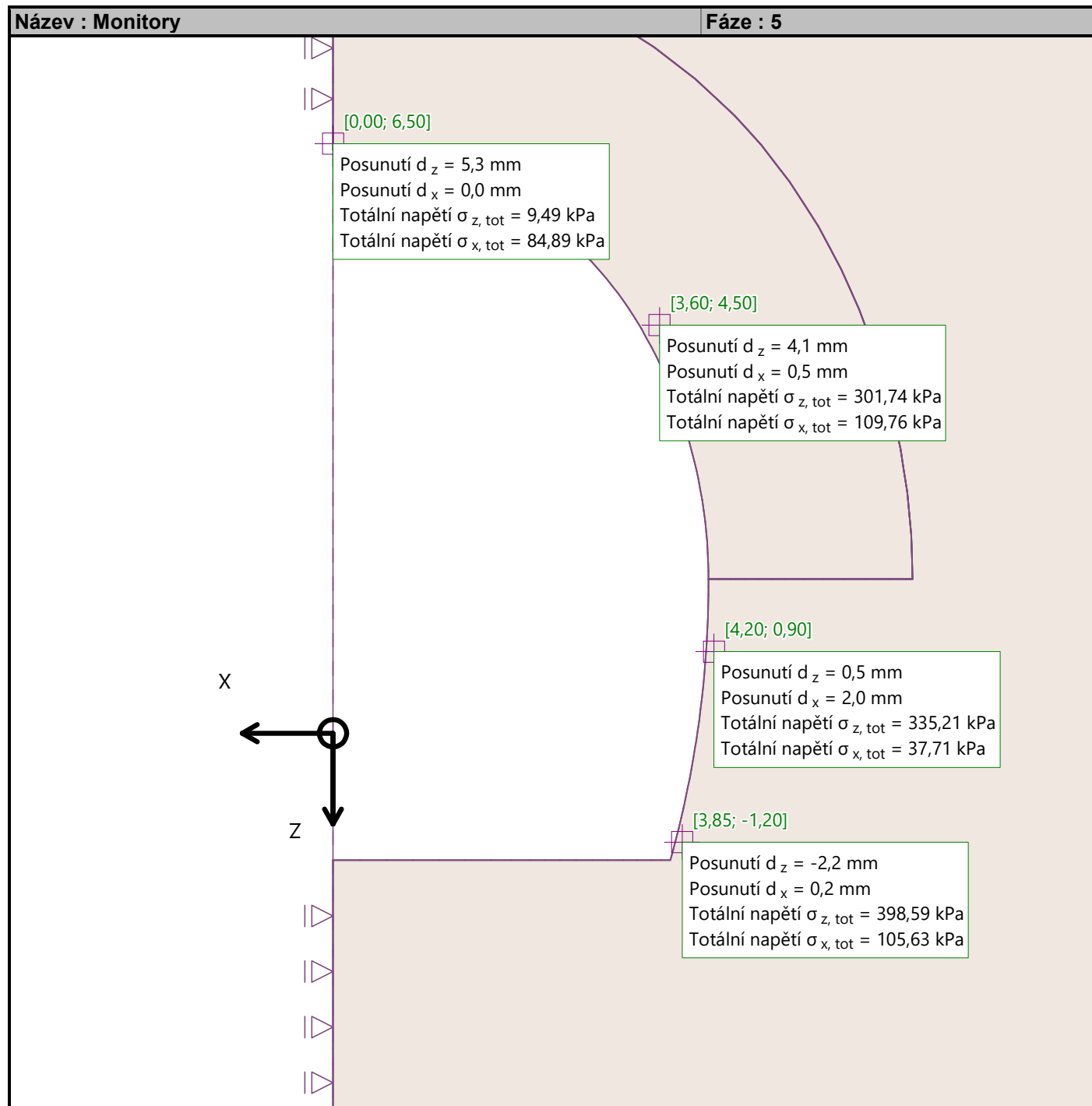
**Fáze : 5**

Výsledky : celkové; veličina : Efektivní napětí  $\sigma_{x, \text{eff}}$ ; rozsah : <-8,58; 341,75> kPa



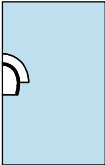

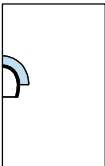
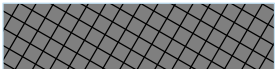
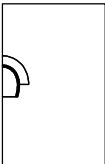
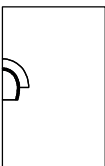
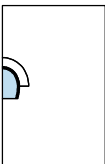


## Monitory



Vstupní data (Fáze budování 6)

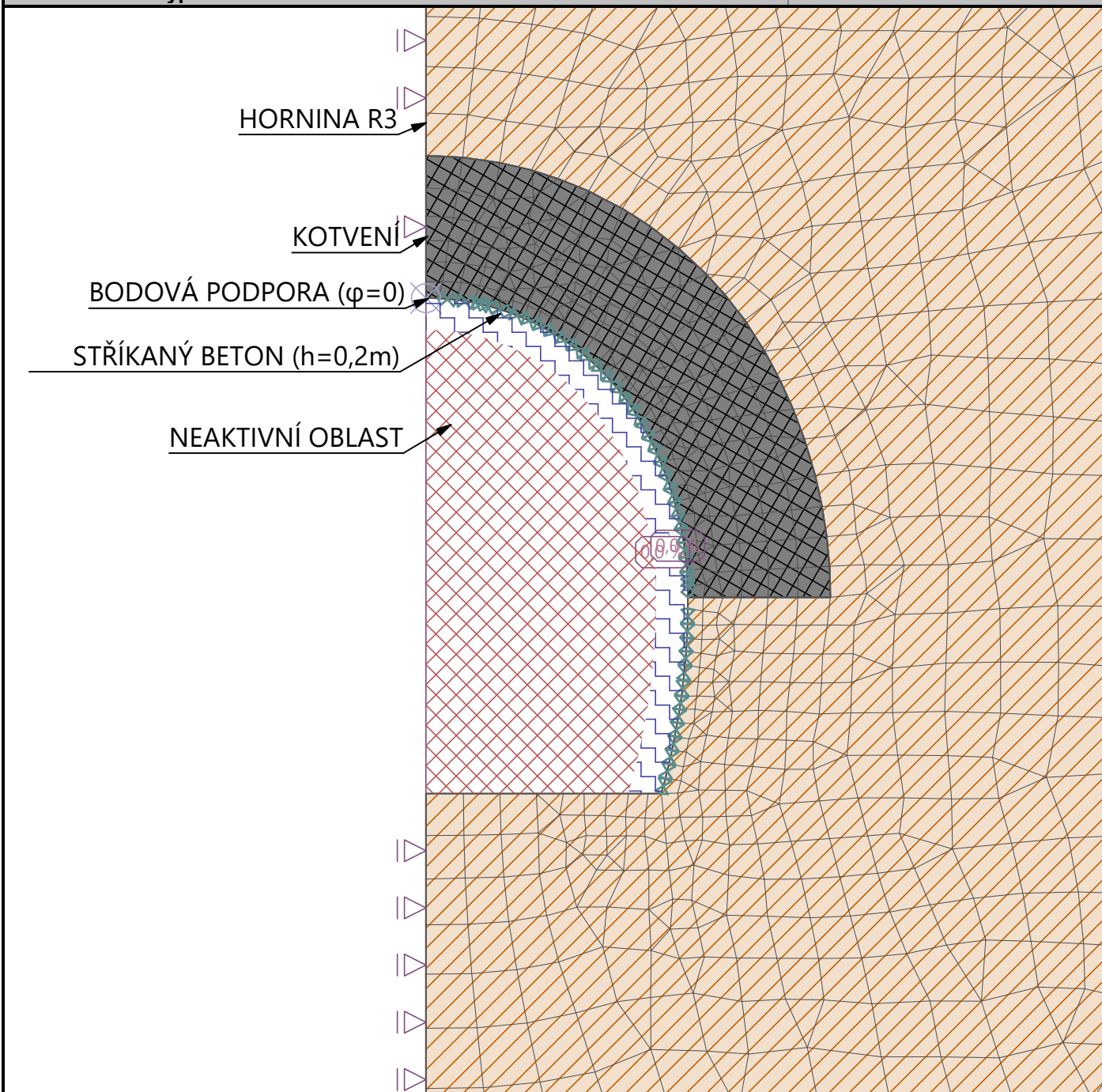
Přiřazení a aktivace

Číslo	Oblast	Aktivní / neaktivní	Přiřazená zemina
1		Aktivní	HORNINA R3
			
2		Aktivní	HORNINA R3 - KOTVENÍ
			
3		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 5 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 0,0 %
4		Exkavace	Exkavace č. 1 (Exkavace 5 - 1)
			Zbývající působení zeminy: 0,0 %
5		Neaktivní	



Název : Model výpočtu fáze 6

Fáze : 6





Nosníky

Číslo	Nosník		Umístění	Uložení [m]		Uvažovat vlastní tíhu	Průřez / Degradace v aktuální fázi [%]	Materiál / Aktuální působení nosníku [%]	Kontakty	
	nový	změněný		Začátek	Konec				vlevo	vpravo
1	Ano		Volná linie č. 4	├─	├─	Ano	1,00 (b) x 0,20 (h) m	SC 20/25 - mladý; E = 5000,00 MPa; G = 2083,33 MPa; α = 0,000010 1/K; γ = 25,00 kN/m³	(není zadán)	(není zadán)
2	Ano		Volná linie č. 3	├─	├─	Ano	1,00 (b) x 0,20 (h) m	SC 20/25 - mladý; E = 5000,00 MPa; G = 2083,33 MPa; α = 0,000010 1/K; γ = 25,00 kN/m³	(není zadán)	(není zadán)
3	Ano		Volná linie č. 2	├─ 0,20	├─	Ano	1,00 (b) x 0,20 (h) m	SC 20/25 - mladý; E = 5000,00 MPa; G = 2083,33 MPa; α = 0,000010 1/K; γ = 25,00 kN/m³	(není zadán)	(není zadán)

Číslo	Průřez		Materiál	
	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> /m]	A [m <sup>2</sup> /m]	E [MPa]	G [MPa]
1	6,67E-04	2,00E-01	5000,00	2083,33
2	6,67E-04	2,00E-01	5000,00	2083,33
3	6,67E-04	2,00E-01	5000,00	2083,33

Bodové podpory

Číslo	Bodová podpora		Umístění	Podepření		
	nová	změněná		Ve směru X	Ve směru Z	Okolo Y
1	Ano		Bod sítě č. 6	volné	volné	pevné

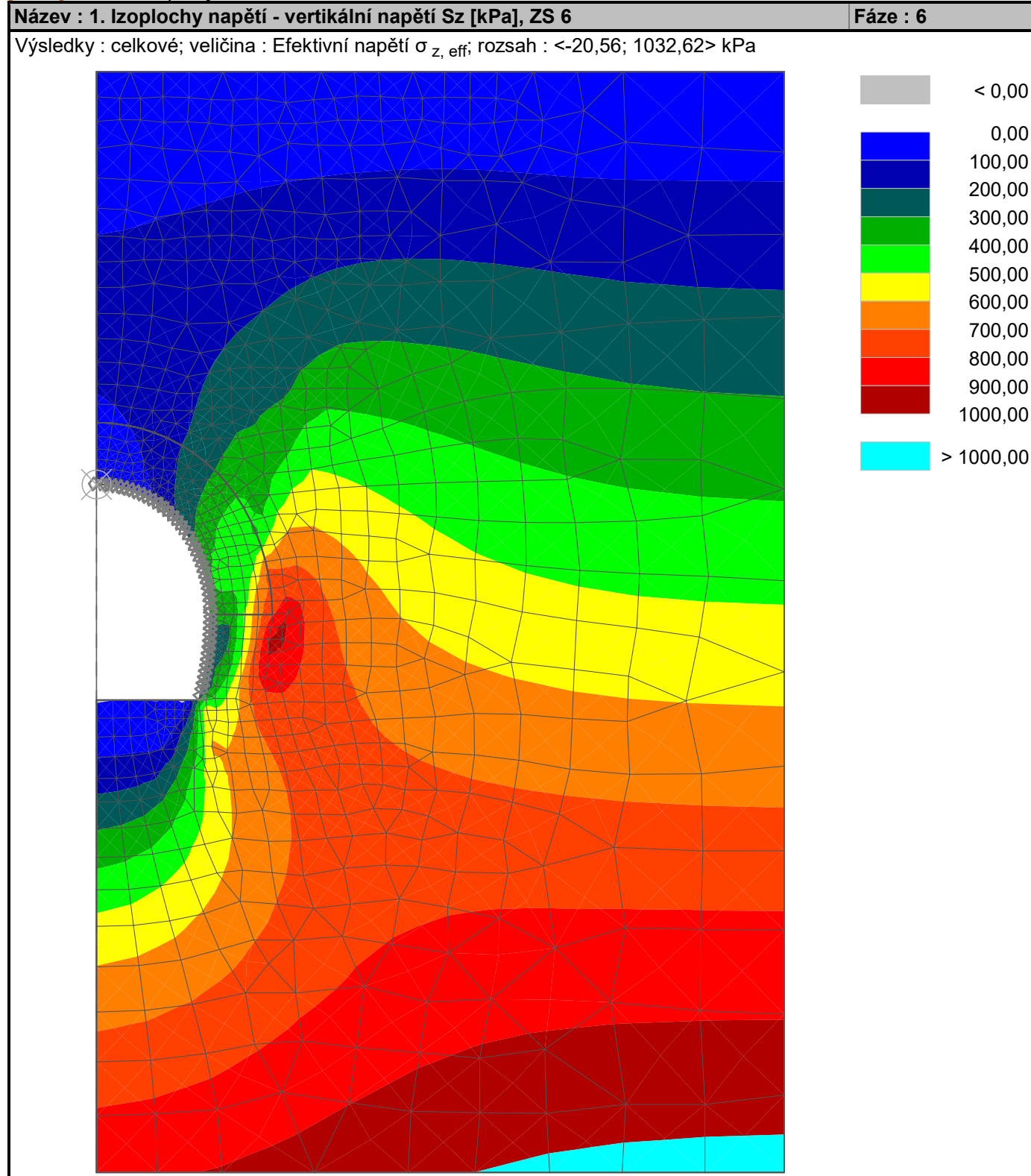
## Výsledky (Fáze budování 6)

Výpočet napjatosti skončil úspěšně.

Nastavení výpočtu : standardní

Dosažené zatížení = 100,00 %

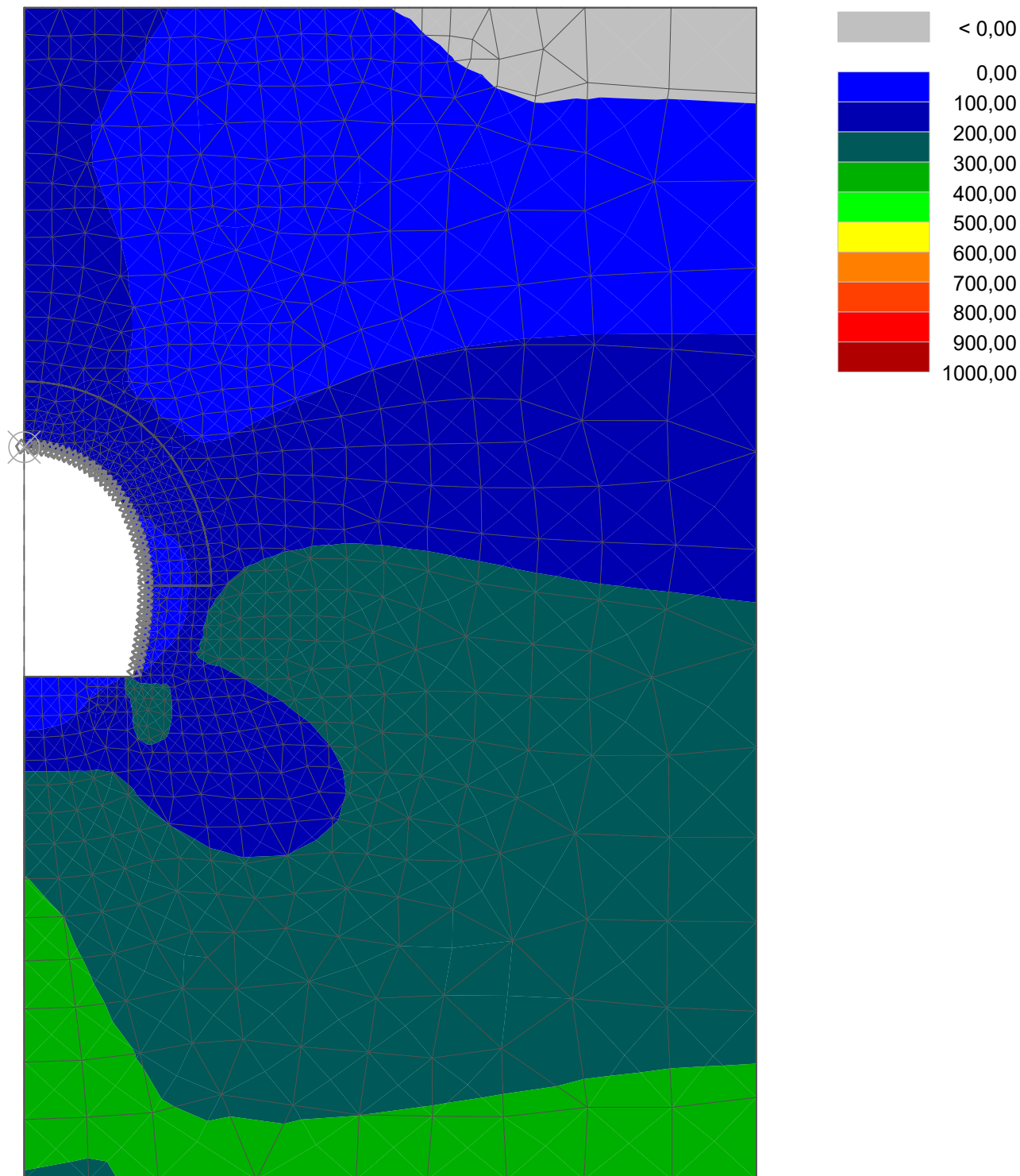
[E100] Bod vlevo patky na začátku nosníku č. 3 leží mimo aktivní konstrukci.

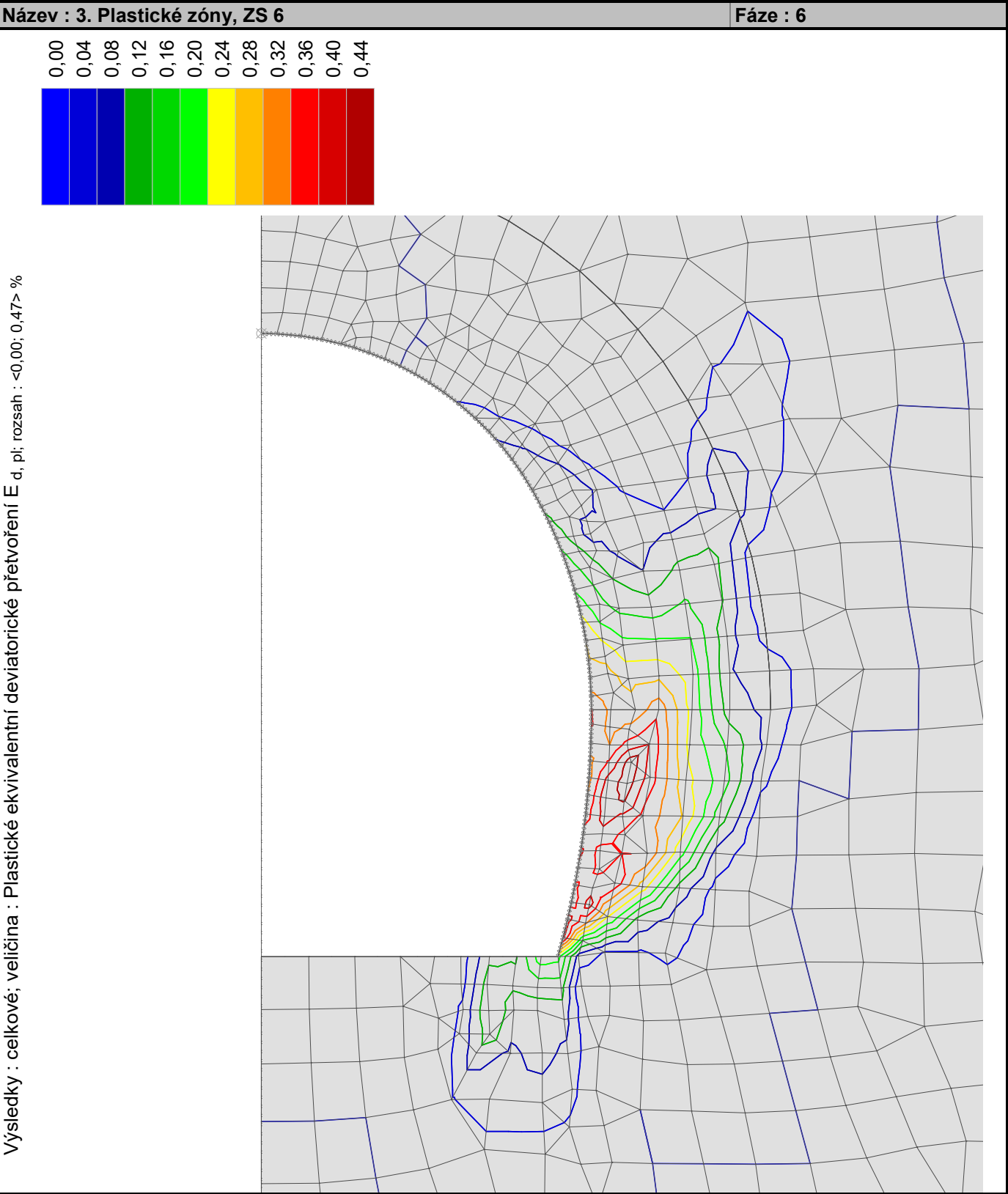


**Název : 2. Izoplochy napětí - horizontální napětí  $\sigma_x$  [kPa], ZS 6**

**Fáze : 6**

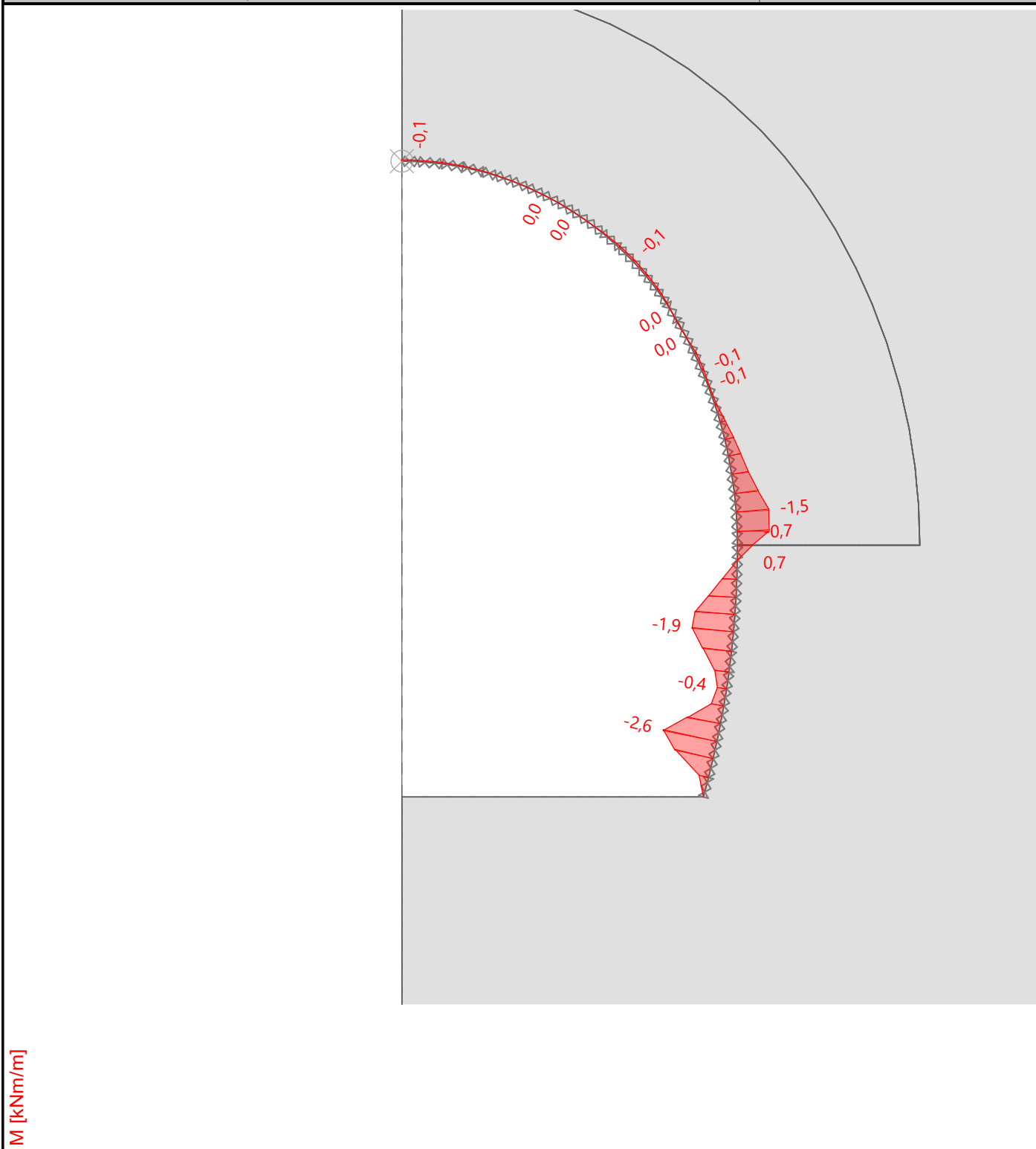
Výsledky : celkové; veličina : Efektivní napětí  $\sigma_{x, \text{eff}}$ ; rozsah : <-7,30; 343,34> kPa





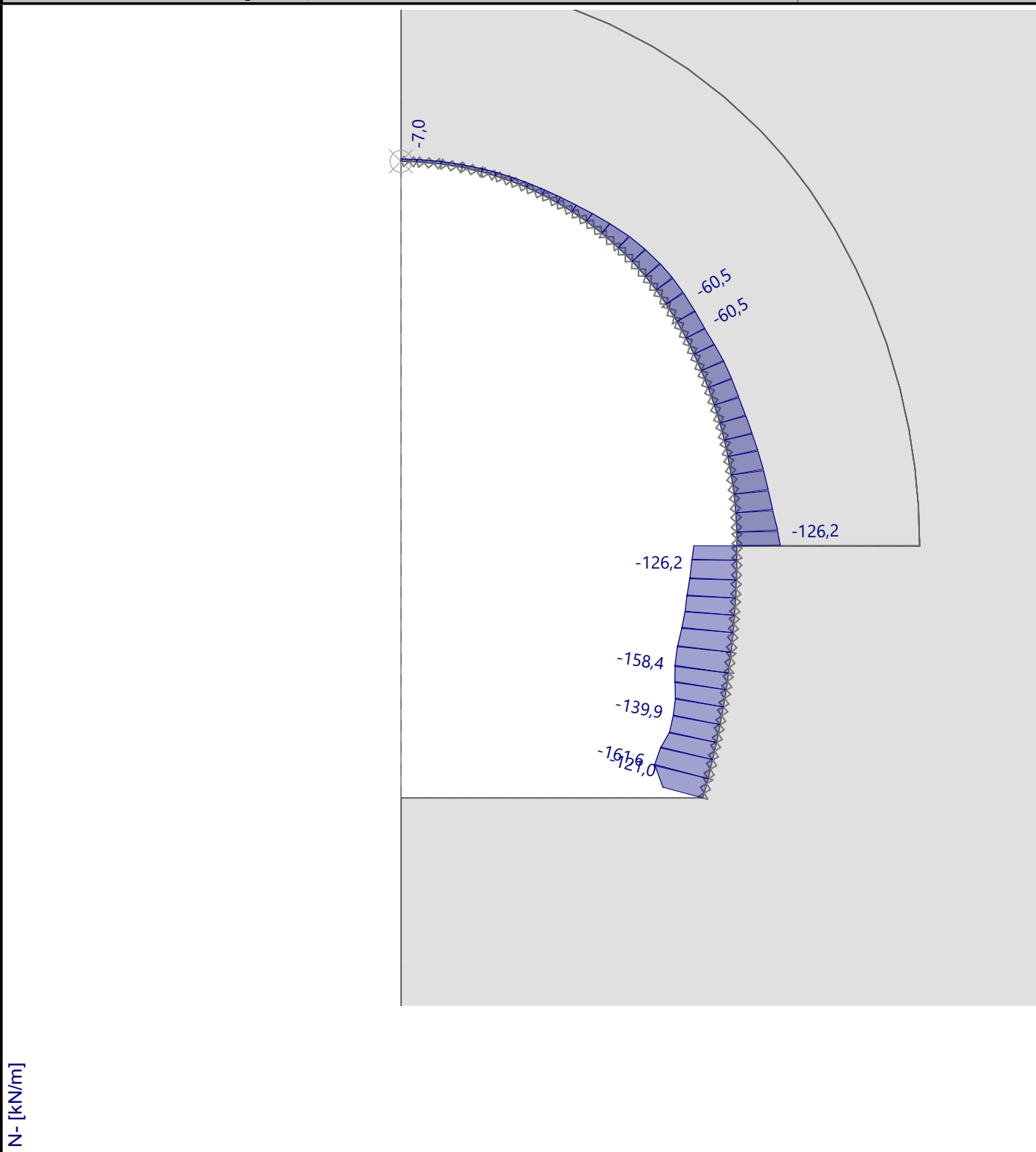
Název : Průběh momentu, ZS 6

Fáze : 6



Název : Průběh normálových sil, ZS 6

Fáze : 6

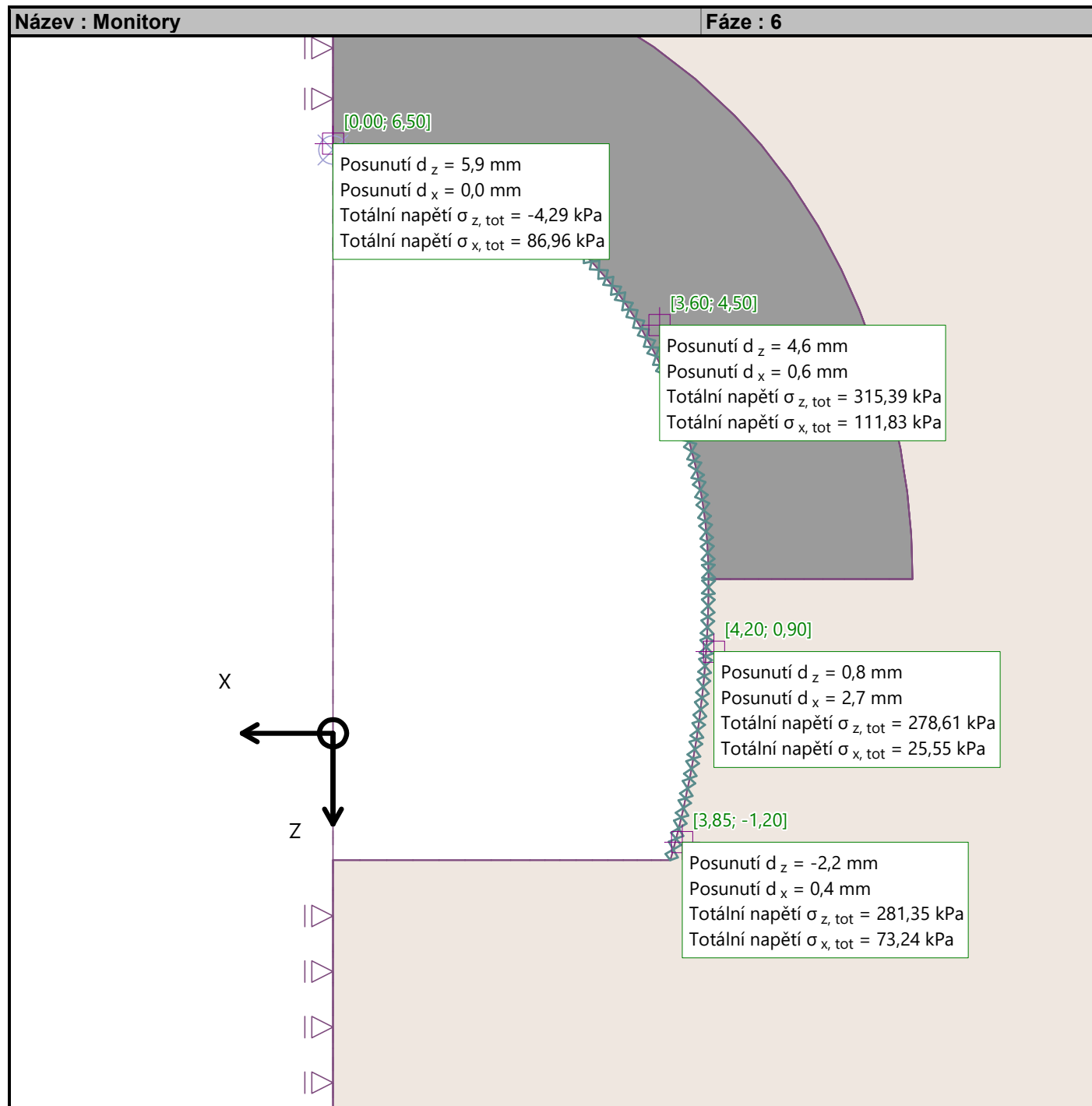


Extrémy

Průběhy na nosnících (extrémy)

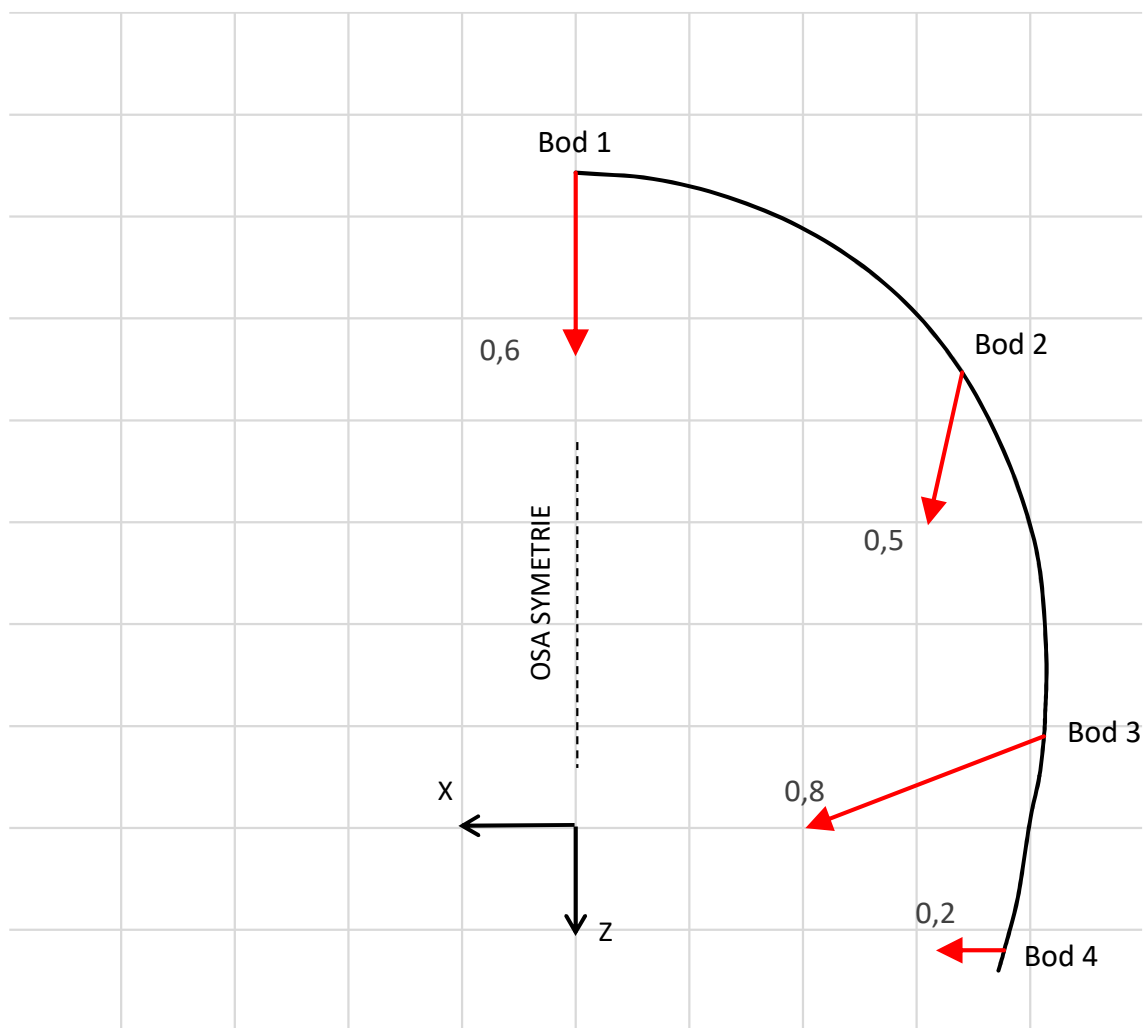
Číslo	Souřadnice		D [mm]	N [kN/m]	M [kNm/m]	Q [kN/m]
	x [m]	z [m]				
1	3,40	4,46	3,0	-60,5	0,0	0,0
	3,27	4,68	3,2	-60,5	0,0	0,4
	2,85	5,20	3,9	-51,8	-0,1	0,1
	2,68	5,37	4,1	-45,5	-0,1	-0,1
	0,00	6,43	6,0	-7,0	-0,1	0,3
2	4,14	1,70	2,4	-126,2	-0,7	4,9
	4,12	2,11	2,3	-108,2	-1,5	-1,4
	4,10	2,34	2,2	-100,9	-1,1	-1,7
	4,03	2,80	2,1	-88,9	-0,6	-0,7
	3,40	4,46	2,8	-60,5	0,0	0,0
3	3,72	-1,40	0,6	-121,0	0,0	3,0
	3,78	-1,16	1,1	-161,6	-0,5	-6,8
	3,89	-0,72	1,7	-140,7	-2,6	0,6
	3,93	-0,50	2,0	-139,9	-1,6	5,9
	4,11	0,85	2,8	-145,1	-1,9	1,9
	4,14	1,70	2,4	-126,2	0,7	4,9

## Monitory





## PŘEHLED VYPOČTENÝCH DEFORMACÍ PRIMÁRNÍHO OSTĚNÍ



	vertikální složka deformace			horizontální složka deformace			výslednice rozdíl 6-5 <b>dD<sub>6-5</sub></b> [mm]
	fáze 5	fáze 6	rozdíl 6-5	fáze 5	fáze 6	rozdíl 6-5	
	dz5	dz6	ddz <sub>6-5</sub>	dx5	dx6	ddx <sub>6-5</sub>	
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
Bod 1	5,3	5,9	0,6	0,0	0,0	0,0	<b>0,6</b>
Bod 2	4,1	4,6	0,5	0,5	0,6	0,1	<b>0,5</b>
Bod 3	0,5	0,8	0,3	2,0	2,7	0,7	<b>0,8</b>
Bod 4	-2,2	-2,2	0,0	0,2	0,4	0,2	<b>0,2</b>

POSOUZENÍ PRŮŘEZŮ PRIMÁRNÍHO OSTĚNÍ

Norma

Norma EN 1992-1-1/Uživatelská.

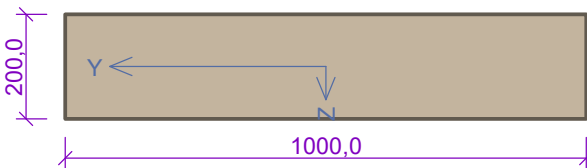
- Únosnost betonu - základní kombinace zatížení :  $\gamma_C = 1,5$
- Únosnost výztuže - základní kombinace zatížení :  $\gamma_S = 1,15$
- Únosnost betonu - mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_C = 1,2$
- Únosnost výztuže - mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_S = 1,0$
- Modul pružnosti betonu :  $\gamma_{cE} = 1,2$
- Tlaková pevnost betonu :  $\alpha_{cc} = 0,9$

1 h=200mm "mladý"

1.1 Vstupní data

Typ prvku: stěna  
Prostředí: X0

Průřez



- Materiály
- Beton: C 20/25 "mladý" (uživ.)
- Válcová pevnost v tlaku  $f_{ck} = 10,6 \text{ MPa}$
- Pevnost v tahu  $f_{ctm} = 1,5 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti  $E_{cm} = 5000 \text{ MPa}$
- Ocel podélná: B500 (redukce  $f_{yk}$ ) (uživ.)
- Mez kluzu  $f_{yk} = 300,0 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti  $E_s = 200000 \text{ MPa}$
- Ocel příčná: B500 (uživ.)
- Mez kluzu  $f_{yk} = 300,0 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti  $E_s = 200000 \text{ MPa}$
- Pevnost oceli neodpovídá rozsahu 400-600MPa určenému normou, další výpočet odpovídá postupům EC2

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$V_{Edz}$ [kN]	QP koef. [-]
1	Fáze 6 - kombinace max  N	-162,00	0,50	0,00	1,0
2	Fáze 6 - kombinace N+M	-141,00	2,50	0,00	1,0

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
6,667	6	40,0	horní výztuž
6,667	6	40,0	dolní výztuž

S tlačnou výztuží je počítáno.

1.2 Výsledky

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Stěna (celková výztuž):  
 $\rho_s = 0,00188 < \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow$  **Min. stupeň vyztužení nedodržen!**      Pozn.: **REDUKCE  $\alpha_{cc} = 0,9$**   
 $\rho_s = 0,00188 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$  **Vyhovuje**  
Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 200 \text{ mm}^2$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>Rd</sub> [kN]	M <sub>Edy</sub> [kNm]	M <sub>Rdy</sub> [kNm]	V <sub>Edz</sub> [kN]	V <sub>Rdz</sub> [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Fáze 6 - kombinace max  N	-162,00	-1370,46	0,50 → 3,24	20,42	0,00	0,00	15,9	Vyhovuje
2	Fáze 6 - kombinace M+N	-141,00	-1370,46	2,50 → 2,82	19,11	0,00	0,00	14,8	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 15,9 %

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití: 15,9 %  
Interakční diagram

